

Sisma e sicurezza in edilizia

Terremoti: perché, come, dove e quando

È 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 del pianeta (*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 loro 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 dette di tipo P (*primae*) e S (*secundae*).

Le onde P sono le più veloci e sono definite "longitudinali", perché fanno oscillare le particelle di roccia nella direzione di propagazione, determinando una successione continua di compressioni e dilatazioni; le onde S causano, 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.

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 espressa attraverso un numero puro. L'*intensità* 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 siano state maggiori e quindi dove è più probabile che si verifichi un nuovo terremoto.

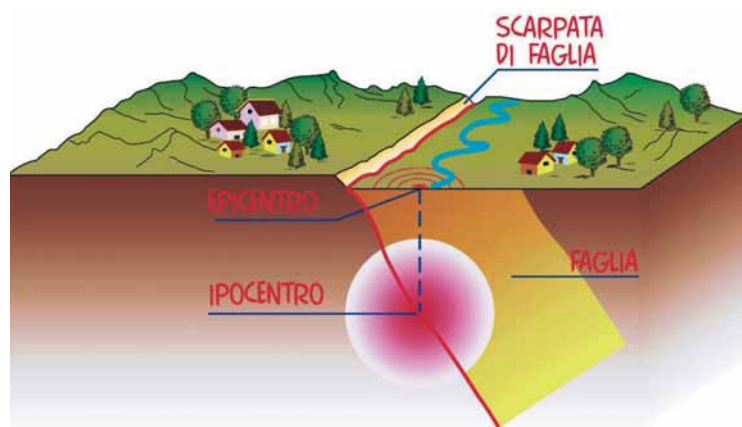
Maggiori terremoti italiani del XX e XXI secolo (fonte: www.terremotitalia.it)

Data	Area epicentrale	Intensità (MCS)	Magnitudo * (M_w)	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 etnea	X	5,3	13
8 maggio 1914	Area etnea	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	IX-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	300

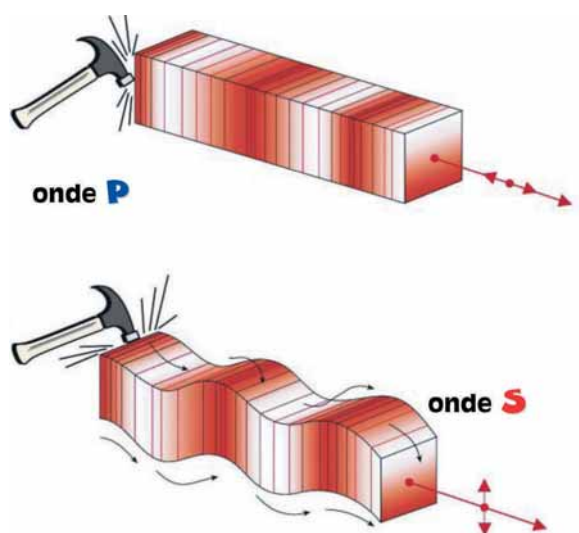
* La *magnitudo* "momento" (M_w) - stimata dall'USGS "United States Geological Survey" - è derivata dal parametro sismologico momento sismico che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce. La *magnitudo* Richter o "locale" (MI) si riferisce, invece, alla relazione, 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 della *magnitudo*.

Normativa e classificazione sismica

L'aggiornamento della normativa sismica in Italia viene avviato nel 2003 con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 che - pochi mesi dopo il tragico crollo della scuola di San Giuliano di Puglia - fornisce una sostanziale evoluzione in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Il provvedimento emanato rappresenta una disciplina transitoria in vista di un riordino organico della materia, necessario a colmare un vuoto normativo che si trascina ormai da molti anni. L'Ordinanza ridefinisce le zone a rischio sismico, dopo quasi vent'anni dalla precedente classificazione, anche in considerazione degli eventi calamitosi accaduti in diverse regioni italiane. L'evoluzione della zonizzazione prevede la classificazione sismica di tutto il territorio nazionale attraverso l'individuazione di quattro zone a severità crescente. Viene introdotta la zona 4 (la meno pericolosa), comprendente tutti quei territori che prima non rientravano in nessuna classificazione sismica. Le zone classificate da 1 a 3, con la nuova mappatura, coprono quasi il 70% della nazione, mentre nella precedente classificazione, a seguito del terremoto irpino-lucano del 1980, le stesse categorie sismiche interessavano il 45% del territorio italiano (e solo il 25% prima del citato terremoto). L'Ordinanza recepisce le norme europee sulla progettazione antisismica di edifici, ponti e fondazioni (Eurocodice 8). L'OPCM 3274 sarebbe dovuta entrare in vigore l'8 novembre 2004, ma, nell'ottobre 2004, arriva la proroga di sei mesi (al 6 maggio 2005), necessaria per modificare il testo e renderlo più puntuale nei suoi contenuti. Di fatto, il Gruppo di Lavoro incaricato semplifica, rispetto alla prima versione, le regole



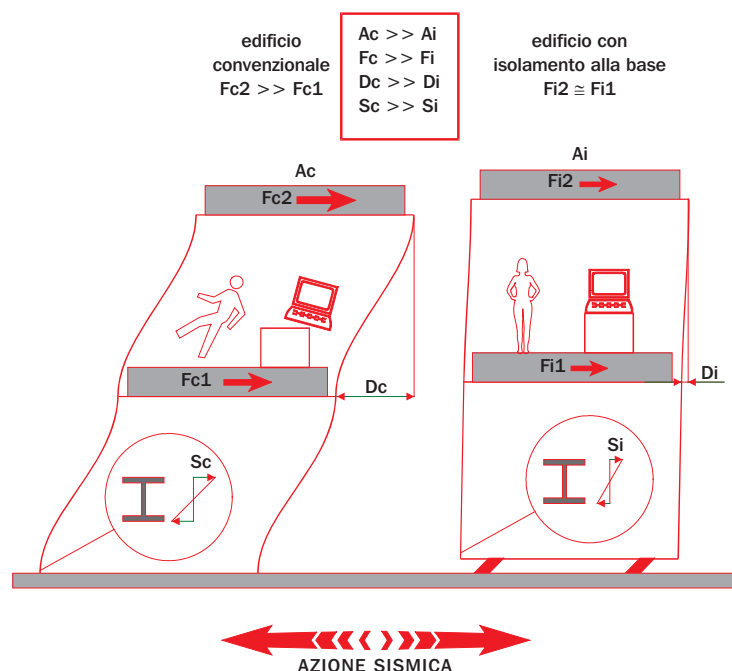
Effetti del terremoto sulla crosta terrestre (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).



Onde sismiche principali: in alto le onde P; in basso, le onde S (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

scala Mercalli (MCS)	scala Richter (MI)
I	non percepito
II	percezione crescente, reazioni di paura, caduta di oggetti, senza danni
III	
IV	
V	
VI	danni lievi
VII	crolli e distribuzione di una percentuale crescente di edifici
VIII	
IX	
X	
XI	storicamente mai raggiunto
XII	

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



L'edificio isolato, sotto l'azione del sisma, trasla come un corpo rigido sugli isolatori, nei quali sono concentrate tutte le deformazioni. Rispetto all'edificio convenzionale, con l'isolamento alla base si riducono concretamente: l'accelerazione A, le forzanti di piano F, gli spostamenti relativi D, le sollecitazioni S.

applicative e migliora i contenuti sulla base di sperimentazioni progettuali e confronti con questi posti da associazioni industriali, professionisti e ricercatori, pervenendo ad una documento normativo aggiornato emanato con una successiva Ordinanza (OPCM 3431/2005). Dal confronto di queste norme con le precedenti (D.M. 16/01/1996), si passa da un approccio progettuale totalmente prescrittivo ad uno prestazionale, che dichiara espresamente quali siano gli obiettivi in considerazione del reale comportamento sismico della struttura. Nel frattempo, a giugno 2005 l'allora Ministro delle Infrastrutture, Pietro Lunardi, preannuncia l'uscita di un Testo Unico concernente le "Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)". Intanto, l'entrata in vigore dell'OPCM 3274 (e smi) slitta ancora di tre mesi, all'8 agosto 2005, e poi di ulteriori due mesi per consentire l'emanazione delle Norme Tecniche messe a punto dal Ministero delle Infrastrutture. Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le attese NTC, un provvedimento di oltre 400 pagine che contiene tutta la normativa italiana relativa alla progettazione, verifica e collaudo degli edifici. È previsto che le NTC entrino in vigore un mese dopo: il 23 ottobre 2005; per la precisione, in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale, durante il quale è possibile ancora far riferimento alla preesistente normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974). In questa fase transitoria, una apposita Commissione ministeriale è incaricata di monitorare le nuove norme apportando eventuali modifiche e correzioni. Dal 23 aprile 2007, le NTC del 23 settembre 2005 sono destinate, dunque, ad essere l'unica normativa applicabile. L'entrata in vigore dell'OPCM 3274 viene però ulteriormente prorogata al 23 ottobre 2005, decretando di fatto il sorpasso da parte delle NTC: nato per riformare le norme sismiche italiane, dopo oltre tre anni di lavoro, il provvedimento non è mai entrato in vigore, se non come metodo di calcolo facoltativo. Poche setti-

Comportamento sismico degli edifici

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 edilizie e di come queste rispondono 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 risultano 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 possono 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 (duatile).

Una tipica casa in muratura, per resistere idoneamente ad un intenso terremoto, occorre che si comporti come una scatola in cui tutte le parti siano ben collegate tra di loro. Le chiese e gli edifici storici hanno mostrato di poter difficilmente resistere a terremoti violenti come le nuove costruzioni, a meno che non si intervenga con opere che risultano essere, nella maggior parte dei casi, particolarmente costose, piuttosto complesse e più delle volte invasive; tali costruzioni sono caratterizzate da alti livelli di vulnerabilità, presentandosi con pareti molto alte e/o con luci importanti, senza intersezioni intermedie, con elementi spingenti (tipo volte, archi, e talvolta tetti), quasi sempre 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, numerose sperimentazioni hanno certificato la validità sismica della muratura armata, ottenuta con l'inserimento di armatura orizzontale (nei giunti di letto) e verticale (in apposite cavità ricavate con l'impiego di blocchi speciali) nel sistema della struttura muraria. I diversi sistemi disponibili (ad armatura diffusa o concentrata, con blocchi a fori verticali o orizzontali, ecc.), puntualmente regolamentati dalle normative nazionali ed europee, sono in grado di assicurare prestazioni di duttilità palesemente superiori alla muratura ordinaria. Di fatto, seguendo i criteri di progetto, i requisiti e i metodi di analisi fissati dalle suddette norme, sono realizzabili in zona sismica edifici 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), invece, sono ammesse verifiche in via semplificata e l'opportunità di costruire fino a tre piani per muratura ordinaria e fino a quattro piani per muratura armata.



...Da un'intervista al Prof. Ing. Guido Magenes, componente del Comitato di coordinamento della Fondazione EUCentre, creata dal Dipartimento della Protezione Civile, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, e dall'Università degli Studi di Pavia.

D. Oggi le strutture vengono realizzate prevalentemente in c.a., ma almeno per le costruzioni di dimensione limitata, la muratura portante può ancora essere utilizzata anche in zona sismica, vista la sua convenienza per altri aspetti, non strutturali, quali ad esempio l'ottima resa termica?

R. "Innanzitutto occorre premettere che in Italia il motivo della prevalenza delle costruzioni in calcestruzzo armato rispetto ad altre tecnologie è dovuto spesso più a ragioni culturali (formazione dei tecnici) che di maggiore efficienza o convenienza. Per quel che riguarda la muratura, nelle zone a bassa sismicità o moderata pericolosità sismica – rispettivamente, zona 2 e 3 – un edificio moderno in muratura può essere realizzato garantendo adeguati livelli di sicurezza. Basta conoscere i principi fondamentali di progettazione e costruzione, come del resto vale per altre tecniche costruttive. Per le zone a maggiore pericolosità sismica – ovvero zona 1 – vi è tra l'altro la soluzione della muratura armata o confinata".

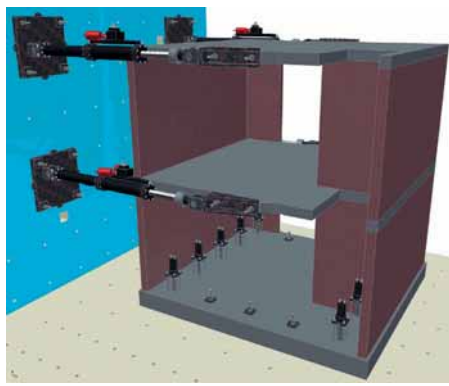
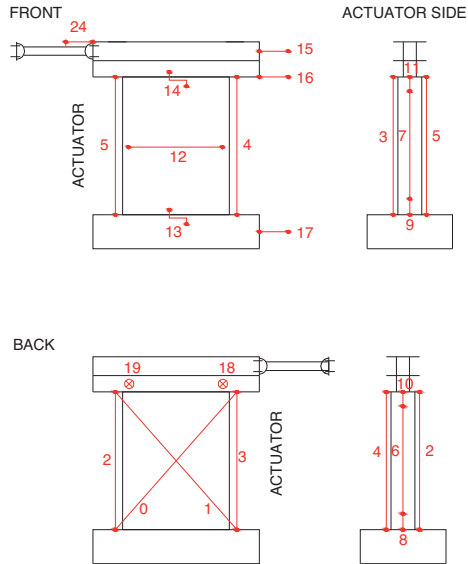
Tecnologie antisismiche avanzate, che forniscono ottimi risultati in termini di riduzione della vulnerabilità, per la difesa del patrimonio edilizio e infrastrutturale (dei ponti, in particolare), sono sicuramente quelle basate sull'uso di apparecchi che controllano la risposta sismica di una struttura. I dispositivi antisismici si distinguono in diverse tipologie in relazione al principio di funzionamento.

Gli "isolatori", o dispositivi di isolamento, sono i più studiati e adoperati sul territorio nazionale ed, in linea di principio, possono essere applicati a qualsiasi tipo di struttura. Essendo fondamentalmente apparecchi di appoggio, svolgono la funzione principale di sostegno dei carichi verticali, con elevata rigidità in direzione verticale e bassa resistenza in direzione orizzontale, permettendo notevoli spostamenti nel piano orizzontale. A tale essenziale compito è, in genere, associato quello di dissipare energia e ricentrare il sistema successivamente all'evento sismico.

mane prima del 23 aprile 2007, la fase sperimentale per l'applicazione delle NTC del 23 settembre 2005 viene prorogata al 31 dicembre 2007. Le correzioni alle NTC da parte della Commissione ministeriale diventano una vera e propria riscrittura organica e complessiva, necessaria per eliminare le criticità individuate e allinearle agli Eurocodici di progettazione strutturale. Dopo un mese di incertezze e di vuoto normativo, il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente una ulteriore versione delle Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore viene fissata al 5 marzo 2008. Esse delineano i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. Molti degli elementi innovativi dell'OPCM 3274 (e *smi*) in materia di progettazione sismica vengono, sostanzialmente, trasferiti nelle nuove NTC: a partire dal principio della gerarchia delle resistenze (*capacity design*) e dalla individuazione dei quattro stati limite – di operatività, danno, vita e collasso – con riferimento ai quali, a seconda della classe d'uso, si procede alla verifica di funzionalità e sicurezza delle strutture, rispettivamente in condizione di esercizio e di stato limite ultimo. È chiaramente sancito l'obbligo di applicazione del metodo agli stati limite, ammettendo solo in una particolare condizione il vecchio metodo di verifica alle tensioni ammissibili – ovvero, in zona sismica 4 per costruzioni di tipo 1 e 2 (rispettivamente, opere provvisorie e ordinarie) e classe d'uso I e II (costruzioni poco o normalmente affollate) – considerando che per le azioni sismiche il grado di sismicità S sia pari a 5. Nuova è invece l'assunzione di definizioni e regole procedurali



Progetto ESECMaSE: set-up e strumentazione di prova del laboratorio EUCentre di Pavia.

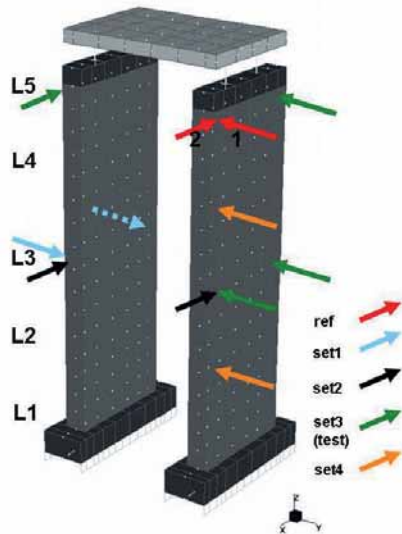


Progetto ESECMaSE: modellazione e simulazione numerica di un prova pseudodinamica eseguita al JRC (Joint Research Centre of the European Commission - European Laboratory for Structural Assessment, ELSA).

Progetto ESECMaSE: sperimentazione su tavola vibrante di un edificio in scala a due livelli, presso l'Università di Atene (National Technical University of Athens - Laboratory for Earthquake Engineering).



Progetto DISWall: prototipo delle pareti armate con le strumentazioni per la prova critica fuori piano e modello agli elementi finiti implementato per analisi dinamica (sperimentazione sviluppata dai ricercatori del Dipartimento di Costruzione e Trasporti dell'Università degli Studi di Padova).



disciplinate dalla Direttiva 89/106/CEE, attinente ai “prodotti da costruzione” ed alla relativa marcatura CE; di fatto, viene stabilito che qualsiasi materiale o prodotto per uso strutturale debba essere caratterizzato da specifiche proprietà controllate con fissate procedure di qualificazione in stabilimento ed accettazione in cantiere. Oltre all’identificazione, certificazione ed accettazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, le nuove NTC hanno introdotto l’obbligo, per gli impianti, interni o esterni al cantiere, di dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto garantisca i requisiti previsti e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera. Per tutti quei prodotti/sistemi “non tradizionali” o che non siano trattati nelle nuove NTC, invece, è richiesto che il loro utilizzo sia autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero competente che, sulla base di Linee Guida, potrà rilasciare il Certificato di Idoneità Tecnica all’Impiego, da richiedere direttamente al STC, corredando l’istanza della necessaria documentazione. In più, principale novità introdotta, vengono ridefinite le azioni sismiche di progetto, che recepiscono i risultati di un recentissimo studio dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) sulla pericolosità sismica, realizzato in collaborazione con la Protezione Civile. L’azione sismica può essere, quindi, definita puntualmente considerando, non più la “zona sismica” di riferimento, bensì direttamente le specifiche coordinate geografiche del sito (dati pubblicati su <http://esse1.mi.ingv.it>) dove si intende costruire l’opera. Poco prima del 5 marzo 2008 arriva puntuale una nuova proroga: con la conversione in legge del decreto “milleproroghe” 248/2007 slitta al 30 giugno 2009 la fase transitoria delle nuove NTC: fino ad allora potranno applicarsi, a scelta, le nuove NTC del 14 gennaio 2008, quelle del 14 settembre 2005 e le norme previgenti. Tuttavia, la proroga al 30 giugno 2009 non si applica alle verifiche tecniche e alle

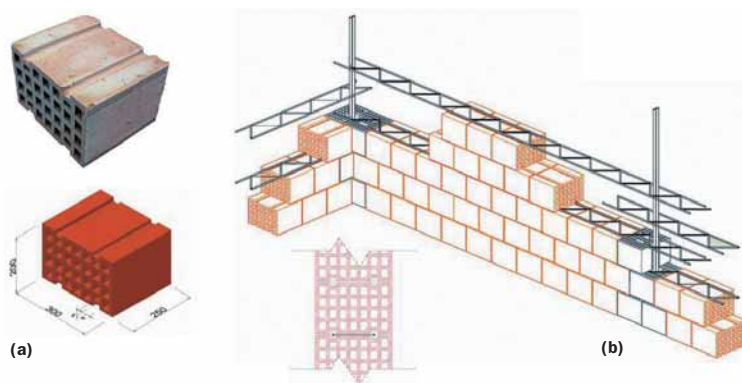
La ricerca dell'industria dei laterizi

Oltre alla previsione indicativa che i modelli teorici e l'analisi numerica riescono a fornire circa il comportamento delle costruzioni in zona sismica, mediante la sperimentazione reale è possibile valutare, ovviamente con maggiore attendibilità, l'affidabilità, intesa anche come sicurezza, degli elementi resistenti in caso di terremoto. Ad oggi sono disponibili i risultati di diverse prove sperimentali su costruzioni realizzate in muratura portante di laterizio, che hanno simulato l'evento sismico su pareti, solai ed edifici in scala, eseguite da autorevoli centri di ricerca seguendo più metodi di indagine. Le molteplici iniziative, svoltesi nell'arco di diversi anni, hanno portato ad alti livelli di conoscenza in materia ed al raggiungimento di standard di sicurezza perfettamente conformi alla più attuale normativa di riferimento, nazionale ed europea.

Sul tema del comportamento dei sistemi costruttivi realizzati con prodotti in laterizio da muro e solaio sotto azioni sismiche, appositi progetti di ricerca scientifica, cofinanziati dalla Comunità Europea, si sono occupati di indagare prodotti e assemblaggi di ultima generazione (blocchi rettificati, a incastro, a setti sottili, muratura ad armatura diffusa e concentrata, ecc.). Tra questi meritano di essere segnalati:

- ESECMaSE, *"Enhanced Safety and Efficient Construction of Masonry Structures in Europe"*, il cui obiettivo principale è stato quello fornire ai progettisti ed ai costruttori una migliore conoscenza dei criteri di sicurezza nella progettazione e realizzazione degli edifici in muratura portante in zona sismica rispetto ad altre soluzioni costruttive (tra i partner del progetto: l'Università di Pavia EUCentre, Prof. G. Magenes). In questo contesto, EUCentre (*European Centre of Training and Research in Earthquake Engineering* di Pavia, diretto dal Prof. G. M. Calvi) ha effettuato numerose prove cicliche di tipo statico, che hanno riguardato molteplici tipologie di elementi da muro ed, in particolare, le "prove cicliche" di parete, alte 2,6 m e larghe 1,25 m, confezionate con blocchi in laterizio (di 30 cm di spessore), con ottimi risultati in termini di "capacità di spostamento".

Nell'ambito dello stesso progetto di ricerca, sono state svolte altre sperimentazioni finalizzate alla valutazione del comportamento sismico delle murature. All'Università di Atene, sono stati testati su "tavola vibrante" i modelli in scala reale di tre edifici a due piani, simulando terremoti di intensità crescente, fino al raggiungimento dello stato di collasso delle strutture. A Ispra (VA), presso il *Joint Research Center* sono state effettuate prove "pseudo dinamiche" di modelli in scala dello stesso tipo indagato ad Atene;



Progetto DISWall: blocco a fori orizzontali (a) e sistema costruttivo in muratura armata (b) con armatura a traliccio.

- DISWall, *"Developing Innovative Systems for reinforced masonry Walls"*, finalizzato allo sviluppo di sistemi innovativi per la muratura armata soggetta ad azioni sismiche e al trasferimento dei risultati agli organismi normativi nazionali ed europei (progetto coordinato dall'Università di Padova, Prof. C. Modena), ha visto la messa a punto di un'intensa campagna di indagini, tra le quali due "prove cicliche fuori piano" su altrettanti pareti in laterizio armato in scala reale di altezza 6,0 m (larghezza circa 2,0 m e spessore 0,38 m) e sedici "prove di compressione monoassiale" eseguite su elementi di muratura armata con blocchi a fori orizzontali.

Sul fronte nazionale, cospicue sono le collaborazioni, con altrettanti Atenei ed Enti di ricerca, finalizzate all'analisi della sicurezza e affidabilità strutturale degli edifici. Tra le più recenti sperimentazioni condotte, che hanno messo in luce le potenzialità e il valore del laterizio, un materiale in grado di assicurare attraverso l'innovazione proprietà e caratteristiche in grado di dare risposte aggiornate ed affidabili, si citano i seguenti studi:

- "Comportamento di sistemi di muratura portante e da tamponamento con diverse tipologie di giunto in zona sismica" (Università di Padova);
- "Comportamento meccanico di tamponamenti in blocchi di laterizio rettificati e giunti sottili" (Università di Pisa);
- "Contributo dei blocchi in laterizio alla resistenza al taglio dei solai misti" (Politecnico di Bari);
- Laterizio fibro-rinforzato (FRP/SRG): le proprietà del "laterizio lamellare" (Università di Perugia).

nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile. Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso. Un ulteriore decreto "milleproroghe" del febbraio 2009 fa slittare ancora al 30 giugno 2010 il regime transitorio delle NTC, consentendo per ancora un anno e mezzo l'applicazione facoltativa delle nuove NTC del 14 gennaio 2008, di quelle del 14 settembre 2005 e delle norme previgenti. Negli stessi giorni, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – come dichiarato dallo stesso Ministero – "la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni". La Circolare ribadisce che le nuove NTC hanno un'impostazione coerente con gli Eurocodici e contenuti all'avanguardia riguardo alla puntuale valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale e, quindi, alle esigenze di una moderna progettazione sismoresistente delle opere di ingegneria civile da realizzare o ristrutturare in Italia: l'impostazione è condivisa dal mondo accademico, professionale e produttivo-impresoriale. L'8 aprile scorso, alla luce dell'evento sismico del 6 aprile che ha drammaticamente colpito l'Abruzzo, la Commissione Ambiente della Camera impegna il Governo a rispettare la scadenza del 30 giugno 2009 per l'entrata in vigore del DM 14 gennaio 2008, abrogando l'ultima proroga al 30 giugno 2010. Con l'entrata in vigore anticipata delle nuove NTC, è stato prontamente riavviato il lavoro di adeguamento del software ANDILWall: il programma di calcolo per la progettazione e verifica delle murature portanti armate e non. L'aggiornamento di ANDILWall è funzionale alla pro-

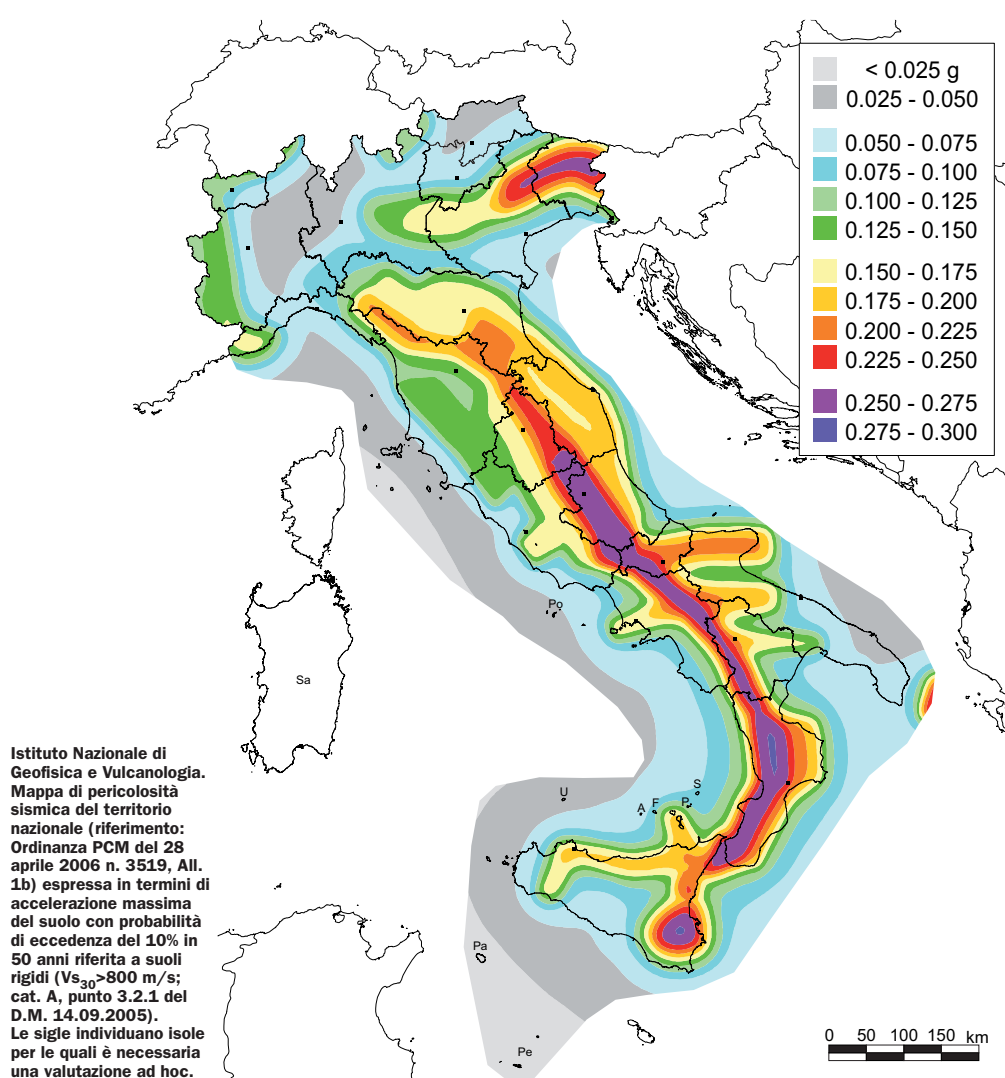
Accelerazione di picco del terreno $a_g \cdot S$

tipo di struttura	n. piani	$\leq 0,07 g$	$\leq 0,1 g$	$\leq 0,15 g$	$\leq 0,20 g$	$\leq 0,25 g$	$\leq 0,30 g$	$\leq 0,35 g$	$\leq 0,40 g$	$\leq 0,45 g$	$\leq 0,4725 g$
muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	-	-	-
muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,0%	5,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,5%	6,5%

Le percentuali indicate in tabella (tab. 7.8.III delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" - D.M. 14/01/08) rappresentano il rapporto minimo - da garantire nella verifica degli edifici "semplici" - tra *area della sezione resistente delle pareti* e *superficie lorda del piano*, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito.

I risultati positivi scaturiti dall'intera attività di ricerca svolta hanno consentito di poter dotare i professionisti di un utile strumento di calcolo, ANDILWall, curato da EUCentre e dall'Università degli studi di Pavia, con la collaborazione di CRSoft, che consente di dimensionare, analizzare e verificare gli edifici con struttura portante in muratura tradizionale o armata, oltre che procedere alla verifica sismica degli edifici esistenti, mediante analisi statiche non lineari, con una descrizione più accurata del comportamento della struttura in condizioni ultime, unitamente ad una maggiore probabilità di successo della verifica di sicurezza.

Alfonsina Di Fusco



posta di una valida offerta per il progettista, che dal 1° luglio del 2009 è obbligato ad applicare la nuova normativa. La revisione del programma comprenderà anche migliorie per la semplificazione dell'utilizzo del software, al fine di rendere più accessibile il programma a tutti i livelli di utente. In particolare, sono in fase di aggiornamento tutti i parametri degli archivi dei materiali, dei carichi, degli elementi strutturali e degli spettri di risposta in conformità con quanto previsto nelle nuove NTC. Verrà in più inserita la possibilità di effettuare un'analisi elastica multi-modale sul modello strutturale per la valutazione dei modi di vibrare e delle masse partecipanti. Per edifici di nuova costruzione, verranno implementate le verifiche fuori piano sulle pareti portanti. Un successivo aggiornamento consentirà di effettuare anche le verifiche di sicurezza nei confronti dei carichi non sismici (carichi verticali ed azione del vento). Purtroppo, la continua evoluzione del quadro normativo ha comportato uno slittamento nei tempi di realizzazione e consegna della nuova versione; in ogni caso ANDILWall, che attualmente si basa sui requisiti di calcolo dell'OPCM 3274 e *smi*, è utilizzabile fin d'ora per le analisi sismiche ai sensi delle nuove NTC, calibrando opportunamente tutti i parametri degli archivi dei materiali, dei carichi, degli elementi strutturali e degli spettri di risposta. L'unica differenza sostanziale, che interessa le verifiche sismiche delle costruzioni in muratura, delle nuove NTC rispetto all'OPCM 3274 è, infatti, l'analisi modale, che deve necessariamente essere effettuata per gli edifici di nuova costruzione per valutarne la massa partecipante al primo modo di vibrare. Nel caso di edifici di nuova costruzione con una massa partecipante al primo modo di vibrare superiore al 60% (questo requisito risulta spesso soddisfatto eccetto i casi in cui gli edifici non siano estremamente irregolari in pianta ed in elevazione), tarando i parametri come suddetto, è dunque possibile continuare ad utilizzare ANDILWall in piena conformità alle nuove NTC.