

Il nuovo Progetto

L'edificio moderno si "è arricchito" di punti critici: le geometrie complesse, la molteplicità di materiali fanno perdere di vista le capacità meccaniche dell'insieme. Serve una nuova scienza delle costruzioni antisismiche. Tecnologie e sistemi di ultima generazione ... fondate sulla tradizione edilizia dimenticata

Massimiliano Muscio

La serie di eventi sismici che, con costante e drammatica regolarità, ha riguardato, e continua ad interessare, il territorio italiano insieme alle frequenti notizie di fenomeni, talvolta distruttivi, che giungono dai paesi esteri hanno innescato, negli ultimi anni, un necessario processo di revisione sia per quanto riguarda l'individuazione delle zone considerate "a rischio" sia, all'interno di queste, delle effettive capacità dei sistemi architettonici di sostenere terremoti di notevole entità. La problematica non riguarda soltanto le nuove abitazioni ma, soprattutto per la realtà italiana, anche quanto già edificato considerando la vulnerabilità di certe tipologie costruttive che caratterizzano un numero assai elevato di strutture tanto nei centri antichi quanto nelle piccole realtà rurali extraurbane.

In tal senso diventa necessario intervenire, laddove per motivi di varia natura (economici, ambientali, ecc.) non si può fare altrimenti, con il recupero e la rifunzionalizzazione del fabbricato eventualmente già danneggiato da un sisma oppure costruiti in una zona a rischio. La legge, infatti, precisa che le norme "... disciplinano la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni".

Dalla "cultura sismica locale" al progetto contemporaneo

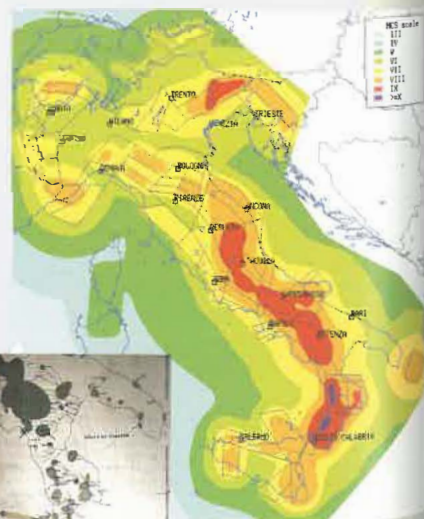
La possibile perdita di parte del patrimonio architettonico (sia diffuso sia monumentale) ed i frequenti danni sui fabbricati anche di recente costruzione (con un costo sociale non indifferente legato alle lunghe ricostruzioni) impongono un serio ripensamento su quelle che fino ad ora sono state le prassi costruttive e di rinforzo struttura-

Italia a rischio sisma

La mappa di pericolosità sismica per il territorio italiano, dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (Ingv), indica "le zone esposte a maggiori rischi, in modo da rendere applicabili le indicazioni operative per la costruzione di edifici contenute nell'ordinanza del 2003 della Presidenza del Consiglio dei ministri".

A destra, particolare di pianta sismica pubblicata nel 1901, Mario Baratta.

In alto, mappa dell'Italia che indica le massime intensità sismiche risentite nel territorio.



Così si costruiva e non crollava

Negli ultimi 50 anni le prassi costruttive e di rinforzo strutturale si sono allontanate dagli accorgimenti appartenuti all'architettura spontanea e vernacolare realizzata da costruttori che conoscevano i terremoti e avevano sviluppato – nelle zone in cui i terremoti erano frequenti – la "cultura sismica locale"

A sinistra, tipico esempio di questa cultura la casa a traliccio o a ossatura in legno. ("Corso di tecnologia delle costruzioni" SEI – Società Editrice Internazionale – Torino).

Le costruzioni tradizionali realizzate con strutture massicce, fortemente iperstatiche, erano "naturalmente" resistenti al sisma almeno negli esempi monumentali.

A sinistra, la porta Rosa di Velia.

Veduta generale della strada con origine nel quartiere meridionale: visione parziale della struttura arcuate a conci radiali.

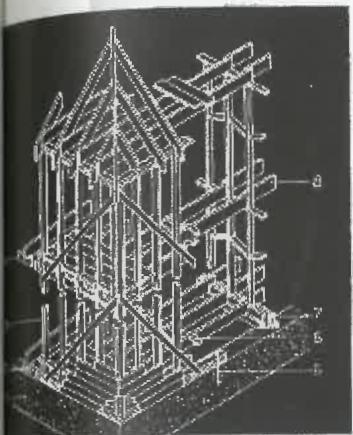
I due piedritti murari reggono l'arco a tutto sesto in conci di arenaria su cui s'impone poi un secondo archetto.

("L'Architettura di pietra" di Alfonso Acocella Lucense Alinea Editore).

A destra, un tipico esempio di architettura orientale.

Attraverso un singolare confronto tra cultura architettonica occidentale ed orientale emerge una riflessione critica sui suoi modelli

di riferimento e sull'architettura contemporanea in generale.



le degli ultimi 50 anni, così lontane dagli "accorgimenti" appartenuti ad un'architettura spontanea e vernacolare realizzata da costruttori che conoscevano bene i terremoti e che avevano sviluppato, nelle zone in cui il fenomeno era frequente, quella che, già da qualche anno, è stata definita "cultura sismica locale" (Ravello, 1987). Sebbene aiutati da un'architettura tradizionalmente massiva, simmetrica e regolare, che non lesinava nell'utilizzo dei materiali e di generose sezioni portanti, molti edifici antichi hanno resistito nel tempo a fenomeni ambientali di varia natura, grazie all'applicazione di semplici regole di buona costruzione oggi spesso disattese.

La difficoltà incontrata nel mettere in atto questi principi nella produzione architettonica contemporanea si lega, in alcuni casi - e soprattutto per opere di grande rilievo - alla forte ricerca formale e tecnologica a

cui seguono il disegno e la conseguente costruzione di forme generate da geometrie complesse che sviluppano superfici variamente articolate nello spazio. Spesso, inoltre, è da valutare un corretto uso delle risorse che per alcuni materiali come il c.a. o l'acciaio favorisce l'ottimizzazione della struttura attraverso nuovi metodi di calcolo. Se a questo si aggiunge la tendenza, naturalmente legata a particolari tipologie di costruzioni, di progettare e realizzare architetture formate da parti ed elementi complessi contraddistinti da una conseguente e necessaria molteplicità di materiali e componenti utilizzati, si capisce come sia necessaria una attenta analisi delle capacità meccaniche di tutto l'insieme. Questa verifica non viene condotta soltanto per quanto riguarda la resistenza ai carichi verticali ("parametro" fino ad ora generalmente adottato da molte generazioni di progettisti) ma anche, e soprattutto, per le azioni di spinta orizzontali che sono quelle principalmente indotte dalle accelerazioni sismiche. E' chiaro che, da queste considerazioni, ne deriva una maggiore attenzione e convergenza tra calcolo strutturale e progetto architettonico, fatto ancor più necessario nel momento in cui si interviene in operazioni di ripristino e/o restauro di vecchi edifici per evitare l'errore di peggiorare, modificandolo, il comportamento statico di fabbricati ben costruiti, aggiungendo massa laddove non serve (appesantendo inutilmente le parti portanti con reti metalliche, catene o iniezioni) e sottraendone nei punti "critici" (demolendo solai e porzioni di muratura, realizzando vani e aperture, ecc.) interrompendo la continuità strutturale dei setti orizzontali e verticali.

Lo sviluppo delle normative: dalla mappatura del territorio ai primi sistemi antisismici

A prescindere dai metodi costruttivi appartenuti ad una cultura materiale antica non sistematizzati in norme o regole scritte ma la cui conoscenza era propria di accorgimenti empirici frutto della pratica costruttiva tramandata dalle generazioni precedenti, nell'ultimo secolo in Italia (in Europa, già dalla seconda metà del Settecento) per difendere le costruzioni dai terremoti sono state sviluppate le prime indicazioni di tipo

normativo. E' la data del disastroso terremoto di Messina del 1908 a segnare il momento in cui si inizia a procedere verso una mappatura sismica del territorio, con una suddivisione formulata semplicemente in base all'osservazione degli eventi sismici accaduti la cui entità determinava la pericolosità del sito. L'aggiornamento della classificazione secondo questo principio (indicando un territorio a rischio soltanto dopo il manifestarsi del fenomeno) è continuata in seguito ai terremoti del Friuli nel 1975 e dell'Irpinia nel 1980, è stata definitivamente rivista e modificata nell'ultima Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" nella quale è stato adottato il criterio dell'azione preventiva in attesa dell'evento. L'effetto è stato quello di aumentare considerevolmente l'estensione delle aree ritenute a "rischio sismico" comprendendo tutto il territorio nazionale, ampliando le tre zone già esistenti a differente grado di pericolo (con valore decrescente a partire da "3") e facendo ricadere tutto il resto in zona "4" per la quale, nel calcolo degli elementi strutturali, si applicano le sollecitazioni minime di progetto.

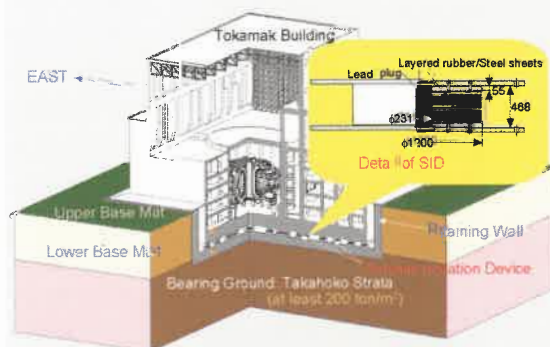
Sempre successivamente al 1908 si cominciano ad elaborare ed applicare, in maniera ragionata, le prime soluzioni staticamente resistenti basate sull'utilizzo di tipologie strutturali diverse o integrate a quelle classiche in muratura portante. Tra queste il sistema a telaio ligneo, semplice ed intuitivo, elaborato in vario modo in differenti brevetti e riportato in Italia con il nome di baraccato. Il metodo, che sembra sia stato applicato in Spagna per la prima volta, nelle sue diverse derivazioni consisteva nell'utilizzare una struttura continua intelaiata fatta di assi di legno mutuamente collegati all'interno della muratura. Una sorta di "imbracatura" interna la cui funzione era quella di fornire comportamento scatolare e "duttibilità" all'insieme che, impedendo la rottura fragile di parti ed elementi, avreb-

Sistemi di ultima generazione

A destra, Dissipatori. I sistemi dissipatori sono meccanismi costituiti con elementi (controventi o pistoncini) a funzionamento meccanico oppure oleopneumatico, applicabili su tipologie strutturali generalmente a telaio che, entrando in funzione, "sottraggono" parte dell'energia trasmessa dal suolo trasformandola in calore.

Al centro, Edificio isolato. Sono ormai oltre 3000 nel mondo gli edifici sismicamente isolati e la tendenza all'aumento è quasi esponenziale.

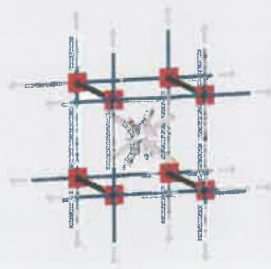
Soprattutto il Giappone, con le sue oltre 1600 applicazioni, contribuisce in modo determinante a questo incremento, che è iniziato immediatamente dopo il disastroso terremoto di Kobe del 1995, quando l'edificio isolato più grande del mondo,



il Ministero delle Poste e Telecomunicazione di Santa City (vicino a Kobe), superò indenne il sisma, dimostrando la grande efficacia di questa tecnologia. In Italia, attualmente, esistono 25 edifici isolati alla base, ma altri 6 sono in fase di realizzazione e ben altri 30 sono in avanzata fase di progettazione. Di particolare rilievo è il progetto del nuovo centro per la gestione delle emergenze della Protezione Civile, che sorgerà a Foligno (PG) e che prevede la realizzazione di 13 edifici isolati (uno già in corso). Nel campo degli edifici cosiddetti critici, vanno ricordati gli ospedali di Frosinone e di Udine (quest'ultimo in corso di realizzazione), che si aggiungono all'ospedale della Marina Militare di Augusta (SR) e al Centro Medico della Marina Militare di Ancona. Sei applicazioni riguardano edifici già esistenti (retrofit): quattro sono attualmente in corso (palazzina di Fabriano (AN), Centro Civico di Soccavo (NA) ed edifici IACP di Solarino (SR)) e due in fase di progetto o approvazione (chiese di Nocera Umbra (PG) e Apagni (PG), danneggiate dal sisma Umbro-Marchigiano del 1997). È da notare che la palazzina di Fabriano è il primo esempio in Europa di retrofit con realizzazione di una nuova sottofondazione e che il Centro Civico di Soccavo (NA) sarà uno degli edifici isolati più grandi del mondo (vi saranno installati più di 500 isolatori). Infine, è certamente da citare l'importante applicazione di Cerignola (FG) dove, nell'ambito dei finanziamenti relativi ai Progetti di Quartiere, saranno presto realizzati 12 edifici con isolamento alla base.

A destra, Metodo CAM. E' una tecnica per il rinforzo strutturale. Nella foto schema statico di riferimento relativo all'azione meccanica del sistema CAM (cuciture attive murarie) che funziona sfruttando una tecnica semplice ed intuitiva. I nastri formano una struttura continua che, per effetto del tiro indotto sugli stessi, tende a comprimere l'elemento sul quale viene applicato sia nel proprio piano sia ortogonalmente ad esso.

Applicazione delle cuciture su di un paramento murario ad opera incerta di scarsa qualità e nel quale le malte risultano compromesse ed inadeguate ad assolvere alcuna funzione legante.



Sistemi attivi	Sistemi passivi
Active Mass Damper	Tuned Mass Damper
	Isolatori sismici
	Sistemi dissipativi

bero evitato -nella migliore ipotesi- o almeno ritardato il crollo della costruzione proteggendo gli occupanti.

Nuovi materiali e tecnologie

Negli anni a venire l'utilizzo dell'acciaio e del calcestruzzo armato e, ultimamente, di leghe metalliche, fibre e polimeri (gomma, resina, teflon, neoprene, carbonio, ecc.) ha dato un forte impulso alla produzione ed all'impiego di prodotti e componenti innovativi ed al migliore utilizzo di quelli già conosciuti. L'acciaio unito al teflon è l'esempio di un connubio perfettamente riuscito tra materiali che, anche se profondamente diversi, quando vengono utilizzati insieme, permettono notevoli performances (in acciaio e teflon, ad esempio, sono costruiti alcuni dispositivi a scorrimento per le connessioni sulle strutture di fondazione). Le fibre di carbonio sono impiegate, con pareri discordanti, per il rinforzo di elementi strutturali, mentre con nastri di acciaio inossidabile è possibile realizzare una vera e propria cerchiatura delle parti portanti di un edificio. In acciaio unito a gomme additivate con oli o resine si costruiscono la gran parte degli isolatori sismici, e con le leghe metalliche a

"memoria di forma" si realizzano prodotti le cui proprietà sfruttano al massimo la capacità superelastica del materiale. Tra le soluzioni più recenti si segnala l'utilizzo di fluidi viscosi all'interno di particolari dispositivi di dissipazione che rappresentano gli ultimi ritrovati per la realizzazione di parti e componenti della nuova "casa antisismica". Un limite per l'impiego dei materiali e delle tecnologie descritte sembra essere quello dell'impegno economico che, in certi casi, può risultare troppo oneroso e difficilmente sostenibile, non conveniente in una pur necessaria analisi costi/benefici il cui rapporto è dato dal rischio previsto (somma dei fattori di pericolosità, misura della probabilità che accadano eventi di tipo sismico in una zona determinata e di vulnerabilità, capacità della struttura di sopportare un terremoto) e dall'impegno di risorse finanziarie ed energie. Ancora sarebbe da sollecitare un maggiore interessamento e costante aggiornamento professionale da parte di tecnici e progettisti attraverso la partecipazione attiva a convegni, seminari e quant'altro per innescare quel necessario processo di interazione tra ricerca e applicazione "sul campo" al fine di ottimizzare le strategie di intervento. Per questi motivi risultano avvantaggiati paesi, come il Giappone, con maggiori capitali di investire e con un notevole know how nello specifico ambito e che risultano avere maggiori disponibilità di materiali e tecnologie specializzate. Oltre all'efficacia di una cultura costruttiva antisismica, frutto di un'attenta politica gestionale, seguita ad eventi sismici catastrofici (tra tutti quello di Kobe nel 1995 con accelerazioni al suolo di più di 800 cm/s e 6000 vittime), è da considerare la sperimentazione e lo sviluppo di sistemi e tecnologie estremamente raffinate e dalla sicura efficacia: Alcune delle strutture nipponiche, infatti, si conformano come vere e proprie "macchine", reattive agli effetti di spinta causati dalle onde sismiche, sistemi impegnativi e all'avanguardia che, proprio in virtù del rapporto di cui si diceva, sono difficilmente proponibili per la realtà europea identificabile in larga parte con il territorio italiano.

I sistemi antisismici di ultima generazione

Più che nella ricerca della performance estrema legata a tecnologie costose, i siste-

Le cinque regole del Buon Costruire

1. Costruire, in alcuni casi, gli edifici di maggiore dimensione e quindi di diversa importanza o adibiti a funzioni pubbliche - ad esempio templi e chiese - "separati" dal suolo attraverso piani di posa costituiti da materiali diversi da quelli utilizzati per le strutture di fondazione come sabbia e inerti leggeri ottenendo, in tal modo, lo "scollegamento" del fabbricato dal suolo (il moderno principio dell'isolamento sismico).
2. Realizzare strutture estremamente regolari e compatte, di sviluppo verticale limitato (nel rapporto larghezza/altezza) e quindi di basso profilo e baricentro, un presupposto reinterpretato dalla recente Normativa quando dice che "gli edifici devono avere quanto più possibile caratteristiche di semplicità, simmetria, iperstaticità e regolarità".
3. Prevedere un comportamento scatolare dell'intero sistema per resistere meglio all'energia trasmessa dal suolo.
4. Costruire, se necessario, rinforzi strutturali come spalle e membrature sul piano verticale (con la realizzazione di archi di scarico e contrafforti).
5. Utilizzare materiali di prima qualità posti in opera a regola d'arte (la resistenza di una pesante struttura in muratura portante potrebbe essere insufficiente se il paramento fosse messo in opera con malte di scarsa qualità oppure con una cattiva disposizione dei filari e con collegamenti trasversali -diatonici- assenti).

mi antisismici devono essere tali da riuscire a garantire una totale affidabilità anche dopo periodi molto lunghi di inattività (alcuni potrebbero essere utilizzati soltanto dopo decine di anni dalla loro costruzione) senza "soffrire" l'invecchiamento e l'obsolescenza tipica delle parti meccaniche.

Classificando le tecnologie utilizzate in base alla "risposta" dei dispositivi alle sollecitazioni si possono individuare diversi meccanismi (alcuni dei quali adoperati, oltre che per gli edifici civili, anche per proteggere infrastrutture o monumenti) rientranti in due categorie principali che sono:

- i sistemi attivi, che durante il terremoto (quindi in tempo reale) "reagiscono" in funzione dell'azione sismica trasmessa alla struttura;

- i sistemi passivi, più utilizzati ed economici, che "reagiscono" alle sollecitazioni isolando l'edificio alla base oppure disperdendo l'energia trasmessa dal suolo;

al variare delle condizioni al contorno (luogo, struttura, adeguamento o nuova costruzione, economie disponibili, ecc.) è il progettista, caso per caso, a decidere la migliore soluzione, considerando che i due precedenti possono essere utilizzati insieme generando dei sistemi ibridi.

Tra le tecniche di protezione attiva vi sono sistemi -Active Mass Damper- che riescono a modulare la movimentazione istantanea di uno o più pesi posti sulla sommità della struttura "adattandosi" all'accelerazione trasmessa dal suolo attraverso dei meccanismi elettronici di controllo (veri e propri processori ne governano lo stato tensionale modificandone il comportamento in funzione dello "stimolo" registrato). Allo stesso modo le masse potrebbero essere usate "passivamente" -Tuned Mass Damper- funzionando da contrappesi e smorzando le oscillazioni trasmesse dal suolo (una frequente applicazione di questo principio è quella che viene realizzata sui tralicci degli impianti).

Tra i sistemi di protezione passiva più utilizzati ci sono:

- gli isolatori sismici, dispositivi realizzati in acciai e gomme sintetiche (o piombo) e generalmente utilizzati nelle fondazioni degli edifici;

- i sistemi dissipativi, meccanismi costituiti con elementi (controventi o pistoni), a fun-

Sistemi qualitativi e quantitativi

Per misurare la grandezza di un sisma vengono utilizzate due famiglie di metodi di misurazione che possiamo suddividere in:

- sistemi qualitativi, (ad esempio la Scala Mercalli Modificata suddivisa in 12 livelli di intensità), che valutano il grado di percezione della scossa da parte della popolazione e la capacità distruttiva del sisma;

- sistemi quantitativi, (ad esempio la scala Richter misurabile in 10 gradi, a loro volta suddivisi in decimali) che calcolano la "forza" del sisma -magnitudo- intesa come rapporto tra l'energia rilasciata all'ipocentro (la sorgente del sisma nella litosfera) e la misura dell'ampiezza del moto del suolo (onde).

Per confrontare i diversi sistemi e fare un esempio tra il diverso "approccio" utilizzato si potrebbe indicare il terremoto dell'Irpinia valutato al IX livello di intensità della Scala Mercalli ed al grado 7 della scala Richter.

Scala Mercalli		
Grado	Scossa	Descrizione
I	strumentale	non avvertito
II	leggerissima	avvertito solo da poche persone in quiete, gli oggetti sospesi esilmente possono oscillare
III	Leggera	avvertito notevolmente da persone al chiuso, specie ai piani alti degli edifici; automobili ferme possono oscillare lievemente
IV	Mediocre	avvertito da molti all'interno di un edificio in ore diurne, all'aperto da pochi; di notte alcuni vengono destati; automobili ferme oscillano notevolmente
V	Forte	avvertito da molti all'interno di un edificio in ore diurne, all'aperto da pochi; di notte alcuni vengono destati; automobili ferme oscillano notevolmente
VI	Molto forte	avvertito da tutti, molti spaventati corrono all'aperto; spostamento di mobili pesanti, caduta di intonaco e danni ai comignoli; danni lievi
VII	Fortissima	tutti fuggono all'aperto; danni trascurabili a edifici di buona progettazione e costruzione, da lievi a moderati per strutture ordinarie ben costruite; avvertito da persone alla guida di automobili
VIII	Rovinoso	danni lievi a strutture antisismiche; crolli parziali in edifici ordinari; caduta di ciminiere, monumenti, colonne; ribaltamento di mobili pesanti; variazioni dell'acqua dei pozzi
IX	Disastrosa	danni a strutture antisismiche; perdita di verticalità a strutture portanti ben progettate; edifici spostati rispetto alle fondazioni; fessurazione del suolo; rottura di cavi sotterranei
X	Disastrosissima	distruzione della maggior parte delle strutture in muratura; notevole fessurazione del suolo; rotaie piegate; frane notevoli in argini fluviali o ripidi pendii
XI	Catastrofica	poche strutture in muratura rimangono in piedi; distruzione di ponti; ampie fessure nel terreno; condutture sotterranee fuori uso; sprofondamenti e slittamenti del terreno in suoli molli
XII	Grande catastrofe	danneggiamento totale; onde sulla superficie del suolo; distorsione delle linee di vista e di livello; oggetti lanciati in aria

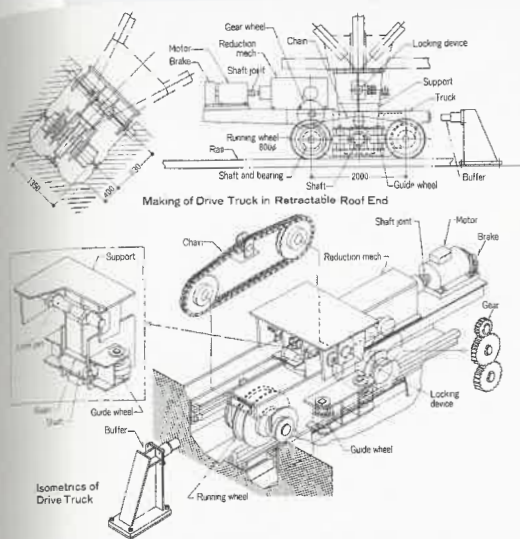
Scala Richter	
Magnitudo Richter	Effetti sisma
0- 1.9	puo essere registrato solo mediante adeguati apparecchi
2- 2.9	solo coloro, che si trovano in posizione supina, lo avvertono; il pendolo si muove
3- 3.9	poca gente lo avverte come un passaggio di un camion; vibrazione di un bicchiere
4- 4.9	normalmente viene avvertito; il pendolo si muove notevolmente; bicchieri e piatti scrocciano; piccoli danni
5- 5.9	tutti lo avvertono; con possibilità di essioni alle mura; i mobili si spostano; pericolo farsi male
6- 6.9	tutti lo percepiscono; eventualmente panico; crollo delle case; spesso feriti; pericolo di vita; onde alte
7- 7.9	panico; pericolo di vita negli edifici; solo alcune costruzioni rimangono illese; morti e feriti
8- 8.9	ovunque pericolo di vita; edifici invivibili; onde alte sino a 40 metri
9 e più	catastrofe; eventualmente un grande spostamento della superficie terrestre

Previsione e allerta

Alcune costruzioni dotate di elementi semoventi (coperture, partizioni, pavimenti, ecc.) sono equipaggiate con sistemi elettronici

che bloccano o inibiscono istantaneamente il cinematismo delle parti come succede per la

copertura scivolante (lunga 300 metri e larga 100) dell'Ocean Dome, una piscina artificiale costruita nella periferia di Tokyo. La copertura dell'Ocean Dome rappresenta una delle prime architetture convertibili di grandi dimensioni. I quattro pannelli centrali, scivolando su potenti caterpillar, si stivano sulle parti laterali fisse della copertura (Fabrics, Dicembre 1993).



di carbonio e possono essere utilizzati, in maniera integrata e complementare, in combinazione con i sistemi precedenti.

I sistemi di previsione e di allerta

Nella prevenzione dai rischi connessi ai terremoti, i sistemi di previsione hanno una funzione fondamentale e, soprattutto, se riferibili ad un arco di tempo abbastanza ridotto possono giocare un ruolo determinante. E' però difficile e improbabile individuare con esattezza le variabili fondamentali dell'evento sismico cioè luogo, periodo (inteso come arco temporale) e magnitudo, quindi il metodo più efficace resta quello di una ragionevole ipotesi (effettuata attraverso la combinazione dello studio di modelli teorici e dell'osservazione di fenomeni naturali) a medio/lungo raggio che individua una porzione di territorio anche di centinaia di chilometri quadrati come possibile scenario di un fenomeno di forte intensità in un periodo di tempo variabile da diversi anni a decenni.

Tra le procedure di protezione rivestono un'importanza fondamentale le tecniche di "pre-allerta" (in questo caso a brevissimo termine o in tempo reale) ed i dispositivi di cui alcune strutture sono fornite come, ad esempio, i sensori che "avvertono" il propagarsi delle onde sismiche e, se questa superano una determinata intensità, disattivano i sistemi elettrici e gli impianti.

Alcune costruzioni dotate di elementi semoventi (coperture, partizioni, pavimenti, ecc.) sono equipaggiate con sistemi elettronici che bloccano o inibiscono istantaneamente il cinematismo delle parti come succede per la copertura scivolante (lunga 300 metri e larga 100) dell'Ocean Dome, una piscina artificiale costruita nella periferia di Tokyo.

Una mappa sismica che reca l'indicazione di una serie di eventi sismici verificati in intervalli di tempo definiti.

