

L'osservazione e lo studio dei fenomeni sismici ha consentito, soprattutto negli ultimi anni, lo sviluppo di una cultura del progetto sempre più attenta all'elaborazione di soluzioni adeguate a sopportare gli stress imposti alle strutture dalle accelerazioni di terremoti anche di magnitudo sostenuta. Di pari passo la nuova normativa, che stabilisce i criteri in base ai quali realizzare abitazioni e recuperare, migliorandole, quelle esistenti, e la revisione della mappatura che indica le aree a rischio sismico, contribuiscono ad aumentare il margine di sicurezza richiesto alle costruzioni per evitare, attraverso la prevenzione, altre catastrofi dovute ad errori o mancanza di controllo.



# OLTRE LA RESISTENZA PASSIVA

**Collassi ragionati e contenimento dei danni: non esiste l'edificio invulnerabile, ma si può programmare una risposta alle sollecitazioni**

Massimiliano Muscio

## Un nuovo approccio

Il comune orientamento verso il quale la ricerca si sta indirizzando, sostanzialmente diverso rispetto al passato, si basa soprattutto sull'esigenza di proteggere gli occupanti conservando quanto più possibile l'operatività delle strutture (siano esse abitazioni, scuole o ospedali) con un livello di attenzione che varia al variare della loro destinazione d'uso.

Di questo ha preso atto l'Ordinanza del 2003 ponendolo come uno degli obiettivi fondamentali da perseguire quando indica che "lo scopo delle norme è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile".

Una maggiore sensibilizzazione da parte dei tecnici, alla difesa del territorio ed alla progettazione antisismica degli edifici, si è, fino ad ora, dimostrata almeno in parte nelle regioni che nel passato sono state interessate da scosse più o meno violente. E'

da notare, ad esempio, come per alcuni paesi colpiti dal terremoto dell'Irpinia del 1980, sebbene non si possa ancora parlare di edifici "protetti", si siano iniziate a costruire case per le quali posizione, forma, dimensionamento, struttura, ecc. sono diventate variabili da valutare attentamente.

Quanto sopra però, naturalmente, non basta a realizzare una coscienza diffusa del costruire in modo antisismico e questo vale soprattutto per le aree potenzialmente pericolose dove i progettisti devono avere gli strumenti per diminuire la vulnerabilità di strutture e abitazioni. In tal senso i metodi di progettazione applicati iniziano ad allinearsi a quanto già da tempo si sta facendo in altri ambiti preferendo un approccio di tipo prestazionale nel quale l'intervento piuttosto che essere rigidamente norma-



APPLICAZIONE DELL'ISOLAMENTO SISMICO AD EDIFICI NEGLI ULTIMI VENT'ANNI

## Dice la legge

Dall'Ordinanza del 2003 "lo scopo delle norme è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile".

## PBD e Gerarchia delle Resistenze

### Cosa significa Performance Based Design?

E' il grado di capacità operativa da garantire ad un edificio dopo che questo sia stato colpito da un sisma di magnitudo variabile.

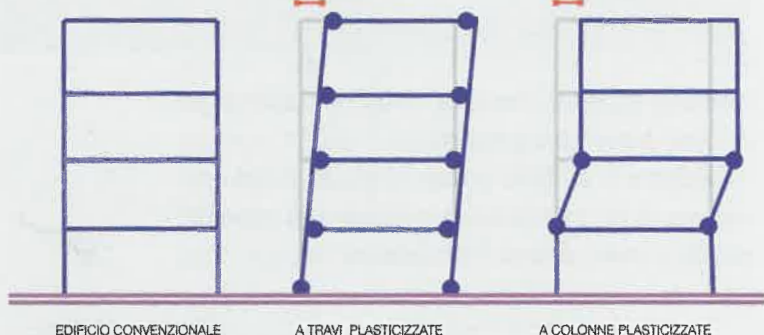
### Come si applica il principio di PBD?

Si adottano dei parametri variabili a seconda dell'utilizzo dell'edificio che deve essere dotato di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della sua importanza e del loro uso.



VULNERABILITA' SISMICA

APPLICAZIONE DEL METODO DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE



### PBD: categorie di prestazioni

| Classi PBD              | Intensità evento sismico | Danni a partizioni, strutture e impianti                                | Attività post emergenza              |
|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------------------|
| Completa operatività    | Leggera intensità        | Assenti   | Le attività possono continuare       |
| Operatività             | Leggera intensità        | Minimi  | Le attività possono continuare       |
| Riparabilità            | Media intensità          | Lievi, fessurazioni su parti non portanti /tramezzi, chiusure verticali | Le attività devono essere interrotte |
| Salvaguardia vita umana | Magnitudo alta           | Danni gravi a strutture portanti e impianti                             | Completa in operatività              |
| Collasso                | Magnitudo altissima      | Collasso, pericolo per la vita umana                                    | Completa inoperatività               |

### PBD: Classificazione degli edifici

| Tipologia di edificio   | Categoria di importanza | Fattore di importanza |
|---|-------------------------|-----------------------|
| Adibiti a funzioni per la Protezione Civile (ospedali, municipi, caserme dei VVFF)  | I                       | 1,4                   |
| Importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole e teatri) | II                      | 1,2                   |
| Ordinari (non compresi nelle categorie precedenti)                                  | III                     | 1,0                   |

to da specifiche prescrizioni oggettive e non modificabili viene calibrato caso per caso su precise esigenze il cui soddisfacimento determina le migliori performances ottenibili. Questo significa che non si deve ricercare ad ogni costo la resistenza passiva della struttura, improbabile per terremoti di grande

intensità, ma spostare l'interesse su di un duplice obiettivo:

- nel caso di terremoti a magnitudo medio-bassa, limitare (o addirittura annullare) i danni subiti sulle parti non portanti e sugli impianti per evitare i notevoli costi sociali ed economici di ricostruzioni lunghe e dispendiose;
- nel caso di terremoti ad alta intensità, mitigare gli effetti salvaguardando la vita umana e considerare l'eventualità di un collasso "ragionato" della struttura che può diventare un fattore previsto e quindi necessario per garantire la corretta risposta al sisma della stessa.

### Una "logica" prestazionale: il PBD

Alcuni metodi, la cui elaborazione si fonda sui criteri suddetti, si dimostrano particolarmente efficaci e vengono sviluppati per cercare di favorire un orientamento comune a tecnici e progettisti. Tra questi vi è il Performance Based Design, una "filosofia di intervento" misurata sul grado di capacità operativa da garantire ad un edificio dopo che questo sia stato colpito da un sisma di magnitudo variabile, e che può essere definita un approccio progettuale nel quale si identificano diverse categorie di prestazioni, come condizioni da poter soddisfare al variare del danno subito in funzione dell'intensità sismica.

Le cinque categorie da considerare, in ordine di importanza crescente, sono:

- completa operatività;
- operatività;
- riparabilità;
- salvaguardia della vita umana;
- collasso.

Le prime due classi sono relative a terremoti di leggera intensità con danni a partizioni, impianti e strutture assenti nel primo caso e minimi nel secondo tanto che le attività eventualmente svolte nell'edificio possono continuare una volta terminata l'emergenza. La terza classe è connessa a fenomeni di media intensità, i cui effetti sono lievi e relativi a forme di fessurazione su parti non portanti (ad esempio su tramezzi o chiusure verticali) e comunque tali da rendere necessaria

l'interruzione delle attività. Le ultime due classi riguardano fenomeni distruttivi e con una magnitudo alta che comportano, nei casi gravi, la completa inoperatività dell'edificio danneggiando in maniera definitiva le strutture portanti ed il sistema impiantistico e costituendo, nel caso dell'ultima categoria -collasso-, un pericolo per la vita umana.



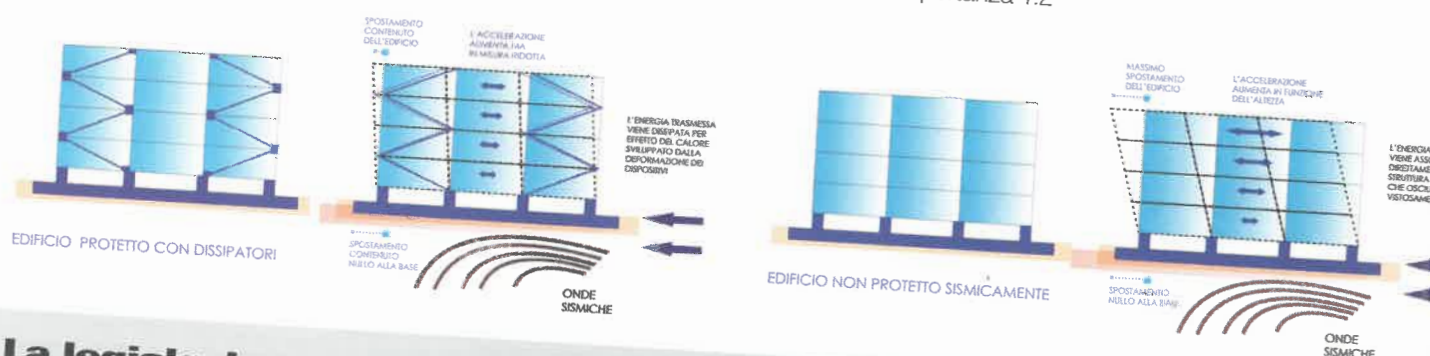
La corretta applicazione del principio di Performance Based Design determina l'adozione di parametri fondamentali nel caso si stia costruendo una nuova struttura oppure adeguando e/o migliorando una costruzione già esistente in virtù del suo futuro utilizzo e del grado di interesse delle sue funzioni. In questo caso la legislazione indica livelli di protezione antisismica variabili: "le costruzioni devono essere dotate di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della loro importanza e del loro uso, e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico". Per questo motivo, ogni tipologia funzionale di edificio è inserita in una "categoria di importanza", che influenzerà in maniera determinante le scelte progettuali dato che "tale fattore amplifica l'intensità dell'azione sismica di progetto rispetto al valore che essa assume per costruzioni di importanza ordinaria".

Le categorie e, conseguentemente, i valori sono variabili al mutare della destinazione d'uso e vengono individuate in tre classi distinte che sono:

- Categoria I: edifici la cui funzionalità ha un'importanza fondamentale per la protezione civile (ad

esempio ospedali, municipi, caserme dei Vigili del Fuoco); fattore di importanza 1.4

- Categoria II: edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (ad esempio scuole e teatri); fattore di importanza 1.2



## La legislazione nazionale in materia di terremoto

**31/10/2002** - Il terremoto del Molise, ed il crollo della scuola di San Giuliano. Un piccolo centro ai confini con la Puglia in un'area del territorio che non era considerata a rischio sismico. Gli esperti lo sapevano, ma non la nostra normativa. Il Governo decide di istituire una commissione per una urgente rivisitazione della mappatura sismica e della legge in vigore risalente al 1996.

**08/05/2003** - Viene pubblicata su GU l'ordinanza 3274/2003 relativa a "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica." Si stabilisce che la nuova normativa affiancherà per un periodo di 18 mesi la vecchia prima di sostituirla definitivamente in data 8 novembre 2004.

**04/06/2003** - Viene diffusa dal servizio sismico nazionale una nota esplicativa sulla ord. 3274/2003

**09/07/2003** - Pubblicata una errata corregge della ordinanza 3274/2003

**10/10/2003** - Viene pubblicata l'ordinanza 02/10/2003 n. 3316 che apporta ulteriori modifiche alla 3274/2003

**29/10/2003** - Viene pubblicato il decreto 21/10/2003 che contiene disposizioni attuative della 3274/2003

**02/02/2004** - Viene pubblicata su GU l'ordinanza 23/01/2004 n. 3333 che all'art. 6 comma 7 estende la 3274/2003 anche ad altre opere ed edifici indicati dal provvedimento stesso.

**12/05/2004** - L'istituto nazionale di vulcanologia e geofisica realizza un documento tecnico contenente i criteri guida per la classificazione sismica di tutti i comuni italiani.

**31/05/2004** - Viene diffuso un rapporto dell'ing. Rugarli, esperto in strutture, sugli errori contenuti nella 3274/2005 e sull'analisi delle

possibili conseguenze. Le combinazioni suggerite dalla 3274 non sempre risulterebbero a favore della sicurezza. Il rapporto viene trasmesso agli organi competenti ed a tutti gli ordini professionali.

**13/09/2004** - Il Dipartimento di protezione civile diffonde una nota esplicativa contenente alcune proposte di modifica alla 3274/2003. Le modifiche riguardano vari aspetti della Ordinanza che però rimane valida nel suo impianto originale. Rivisti profondamente i capitoli sulle murature sul calcolo degli edifici esistenti. La proposta è però una bozza, ed il termine dell'avvicendamento tra vecchia e nuova normativa, da tutti giudicata insufficiente, è ormai imminente.

**17/11/2004** - Pubblicata l'ordinanza n. 3379 del 05/11/2004 con cui la data di avvicendamento tra vecchia normativa e nuova 3274/2003 è prorogata di ulteriori 6 mesi (6 maggio 2005)

## Un'applicazione pratica del PBD

### Cosa significa Capacity Design?

E' una delle applicazioni pratiche del PBD e significa programmare una risposta alle sollecitazioni. Si posizionano sul telaio portante e, quindi, sugli elementi strutturali che lo compongono 1 o più cerniere plastiche secondo la "gerarchia delle resistenze".

### Cosa significa Gerarchia delle Resistenze?

In una struttura intelaiata (in c.a.) si posizionano cerniere plastiche flessionali solo all'estremità delle travi e alla base dei pilastri del piano terra. Si ottengono capacità duttili nelle strutture in c.a.

### Come si aumenta la duttilità in una struttura?

Esistono due sistemi:

- attraverso una differente disposizione delle armature nei nodi (travi "plasticizzate", colonne "plasticizzate");
- utilizzando sistemi meccanici e dispositivi collegati al telaio portante.

### Come si aumenta la duttilità per le nuove costruzioni?

Entrambi i sistemi possono essere utilizzati

### Come si aumenta la duttilità sul costruito?

Sono preferiti i dispositivi (isolatori), cioè il secondo sistema che si applicano tagliando il telaio (travi o pilastro) nei punti previsti.



- Categoria III: edifici ordinari non compresi nelle categorie precedenti; fattore di importanza 1.0.

### Elogio della duttilità

Al variare della categoria di appartenenza, della vulnerabilità e della pericolosità del luogo di progetto (essendo, il prodotto degli ultimi due, una parte della misura del fattore di rischio) e sia che si intervenga su un edificio esistente o che se ne realizzi uno nuovo, la risposta strutturale di una costruzione ad un sisma viene progettata in termini di:

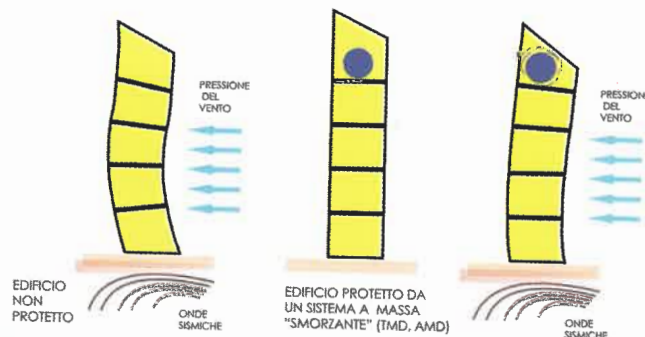
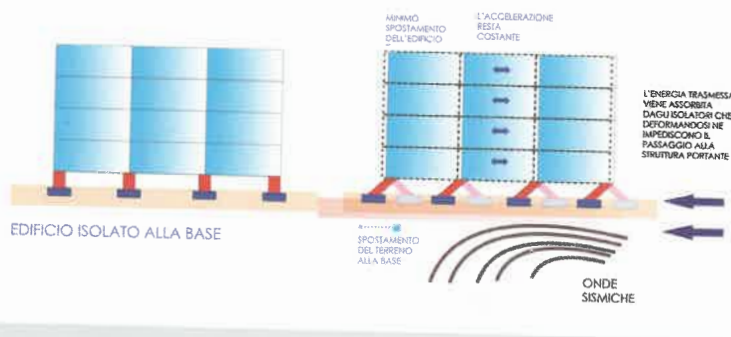
- rigidità: nel caso di sollecitazioni dovute a fenomeni sismici di bassa intensità;
- resistenza: nel caso di sollecitazioni indotte da terremoti di media intensità;
- duttilità: nel caso di scosse sismiche di elevata intensità e necessità quindi di forti deformazioni in campo plastico.

E' indubbio che questi parametri non dipendono soltanto dalle tipologie strutturali adottate o dalle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, ma sono il frutto di attente ed equilibrate scelte che derivano anche dallo studio d'insieme del progetto (formale, dei dettagli costruttivi, di giunti e connessioni, ecc.) supportato dal calcolo e quindi espres-

sione di una stretta collaborazione tra i tecnici che rende indispensabile una forte sinergia tra calcolo statico, impiantistico e disegno architettonico.

La duttilità, che determina la deformazione in campo plastico della struttura diventa fondamentale dato che il comportamento duttile è, nel caso di terremoti violenti, fortemente auspicabile per motivi di ordine statico (maggiore "coinvolgimento" delle parti costituenti l'edificio, maggiore dissipazione dell'energia, minori possibilità di rotture fragili, ecc.). In tal senso è anche quello che maggiormente preoccupa il progettista in quanto lo pone di fronte a scelte di grande responsabilità. La necessità di prevedere, nel caso di accelerazioni sismiche rilevanti, la formazione di cerniere plastiche sul telaio resistente è legata al fatto che, in termini di impegno tecnologico e di dispendio economico, sarebbe eccessivamente oneroso (ed a volte impossibile per le condizioni al contorno) soprattutto per opere di una certa dimensione, progettare e realizzare strutture completamente elastiche. Questo è ancor più vero se si considera che il manifestarsi di terremoti a magnitudo elevata, in uno stesso luogo, è legato ad un arco temporale di decine o addirittura centinaia di anni.

*Segue a pagina 111*



per consentire agli organi legislativi di modificare la 3274 nei punti controversi.

**03/12/2004** – Lunardi precisa la competenza esclusiva del Governo a riscrivere la 3274 ed annuncia a sorpresa che la proroga di sei mesi appena varata, servirà al Ministero delle Infrastrutture per inserire la normativa antisismica nel già previsto "Testo Tecnico Unico" in uscita a giugno 2005. Immediata la risposta di Bertolaso che difende l'operato della Protezione civile e la legittimità del processo in atto di correzione della 3274.

**17/12/2004** – Viene diffuso dal Tavolo tecnico della Conferenza Regioni un documento di "osservazioni" sulla ordinanza 3274/2003 e sue necessarie correzioni.

**10/02/2005** – Il Ministero delle infrastrutture invia la prima bozza del Testo unico della normativa antisismica al Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

**22/02/2005** – Il Consiglio Superiore dei lavori

Pubblici istituisce una commissione per l'esame della prima bozza del testo unico normativa antisismica inviatagli dal Ministero. (1)

**30/03/2005** – Si è tenuta a Roma l'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in cui si è data la prima approvazione al Testo Unico della normativa tecnica redatto dalla Commissione del ministero delle infrastrutture.

**29/04/2005** – Disponibile il testo unico normativa tecnica con le ultime modifiche apportate nella riunione di cui sopra. Attualmente il testo è allo studio delle Regioni.

**03/05/2005** – Firmata la proroga dell'ordinanza 3274 di altri tre mesi.

**05/05/2005** – Firmata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3 maggio 2005, che integra e modifica l'OPCM 3274/2003 sulla normativa antisismica e che proroga di ulteriori tre mesi la scadenza del periodo transitorio in cui sarà ancora possibile utilizzare le vecchie nor-

mativistiche tecniche per il calcolo delle costruzioni in zona sismica (DM 16/01/1996).

La scadenza dell'8 maggio slitta pertanto al prossimo 8 agosto.

**11/05/2005** – Pubblicata su GU l'ordinanza di proroga.

Proroga di ulteriori due mesi, per l'ordinanza 3274/2003, che sposta all'8 ottobre 2005 il termine per l'entrata in vigore effettiva della legge.

**01/05/2005** – Firmata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3452 del che rende ufficiale la proroga ("Disposizioni urgenti di protezione civile")

"Il termine di cui all'art. 2 comma 2 dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, già prolungato con l'art. 6 comma 1 dell'ordinanza di protezione civile n. 3379 del 5 novembre 2004 e successivamente con l'art. 2 comma 1 dell'ordinanza del PCM n. 3431 del 3 maggio 2005, è prolungato di ulteriori due mesi". (art.6 dell'ordinanza).