



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### NORME TECNICHE E LINEE GUIDA SULLA CLASSIFICAZIONE DELLA VULNERABILITA' DEGLI EDIFICI AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

**Prof. Ing. Edoardo Cosenza**

*Ordinario di Tecnica delle Costruzioni Università degli Studi di Napoli Federico II*

*Presidente della Commissione Strutture dell'UNI*

Il sistema normativo tecnico italiano, nel suo complesso, coinvolge tre istituzioni: il Ministero delle Infrastrutture mediante il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, l'UNI (Ente nazionale unificazione) soprattutto mediante la Commissione Ingegneria Strutturale e il CNR mediante la Commissione norme tecniche e Istituti specifici, in particolare l'ITC.

Le nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, preparate dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici, sono in dirittura di arrivo, dopo l'approvazione da parte della Conferenza Stato Regioni avvenuta poche settimane fa. L'ultimo passaggio è il parere della Commissione Europea, ma la pubblicazione può avvenire in parallelo. Anche la stesura delle Istruzioni di accompagnamento è molto avanzata. La nuova Norma Tecnica non varia le regole in modo significativo, coerentemente con il mandato ricevuto. Soprattutto riordina alcune parti, ed introduce alcuni concetti nuovi in alcuni punti ed in particolare nel cap. 8 sugli edifici esistenti. A seguire si avrà anche l'uscita delle Appendici agli Eurocodici, che consentiranno l'utilizzo della norma comune all'intera Europa. Eurocodici che in Italia vengono seguiti dalla Commissione Ingegneria Strutturale dell'UNI, mentre il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici prepara le relative Appendici. Infine il CNR prepara - e sta preparando - documenti tecnico-scientifici su argomenti avanzati; fra gli ultimi ricordo quello sulla "sicurezza dei componenti non strutturali" e quello sulla affidabilità del software. Argomenti rilevanti per l'ingegneria strutturale.

Dunque il raccordo fra MIT, UNI e CNR è particolarmente importante per l'efficienza del sistema, e sforzi si stanno facendo in questa direzione e nella relazione se ne farà cenno.

Altra attività collegata molto importante effettuata dal MIT riguarda le "Linee Guida sulla Classificazione della vulnerabilità degli edifici ai fini della valutazione del rischio sismico". Il documento preparato da una commissione presieduta dall'ing. Piero Baratono, Provveditore Opere Pubbliche della Lombardia ed Emilia Romagna e da esperti nazionali, è attualmente al vaglio della Commissione relatrice del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, istituita dal Presidente ing. Massimo Sessa. Il documento è partito come Linea Guida di avanguardia, soprattutto di indirizzo, ma è invece diventato un documento applicativo fondamentale, perché richiamato nella Legge di Stabilità dello Stato per il finanziamento degli interventi sulla sicurezza sismica degli edifici. Dunque richiede grande attenzione nella valutazione, e la Commissione



CONVEGNO

## **Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico**

relatrice non ha ancora terminato i lavori; si sta anche interagendo con la Commissione Relatrice per velocizzare il processo. Dunque non è possibile dare informazioni tecniche di dettaglio, per un evidente vincolo di segretezza per i lavori in corso, ma nella relazione verranno illustrati i principi tecnici su cui si basa la parte ingegneristica. Con un cenno anche alle valutazioni economiche, in particolare relative alla valutazione dell'importante parametro "Perdita annuale attesa". Si evidenzia che le valutazioni tecniche sono alla portata degli Strutturisti che normalmente utilizzano le norme tecniche italiane o gli Eurocodici, in particolare nella valutazione degli Stati Limite Sismici .



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### CONNESSIONI TRA RIATTIVAZIONE DI FENOMENI GRAVITATIVI E CARATTERISTICHE SISMICHE CRITERI E METODI DI IMPLEMENTAZIONI NEGLI STUDI GEOLOGICI A CARATTERE TERRITORIALE

**Dott. Gaetano Sammartino**

*Presidente SIGEA Campania e Molise*

La pericolosità di versante sismo-indotta costituisce un fattore di limitazione d'uso spesso trascurato, in quanto si manifesta non permanentemente, come nel caso di instabilità in atto, ma solo in occasione di terremoti ad elevata intensità, che, in Appennino meridionale presentano lunghi tempi di ritorno.

I più recenti eventi sismici, infatti, hanno ulteriormente e tristemente confermato che il danneggiamento provocato dai cosiddetti "effetti collaterali" dei terremoti possa superare, a volte anche in misura rilevante, le perdite economiche e sociali direttamente connesse con lo scuotimento sismico.

Tra le categorie di effetti indotti dal rilascio di energia sismica, quella delle frane appare una delle più significative in termini di pericolosità e, di conseguenza, di rischio connesso con la presenza di elementi esposti, in ragione del loro grado di vulnerabilità. Pertanto, qualunque approccio conoscitivo, volto alla valutazione della pericolosità complessiva, sia sismica che idrogeologica, di una determinata area, deve necessariamente comprendere lo studio della componente pericolosità sismica associata con l'innescio o la riattivazione di frane sismo-indotte.

Nel contempo, corpi di frana preesistenti alla sollecitazione tellurica, pur non giungendo a condizioni di rottura s.s. possono costituire a loro volta depositi capaci di indurre una significativa amplificazione delle onde sismiche e, quindi, modificare lo scuotimento sismico in modo tale da provocare danni al costruito su di essi localizzato.

Le frane indotte da sisma sono storicamente documentate, in occasione di terremoti antichi, che hanno indotto risentimenti in porzioni più o meno vaste di territorio, anche in relazione alla magnitudo dell'evento. Anche in tempi più recenti, le frane hanno continuato ad essere tra gli effetti sismici collaterali che producono il maggior numero di danni socio-economici. In molti casi, infatti, i danni diretti dovuti all'azione delle onde sismiche sono stati di gran lunga superati da quelli prodotti da fenomeni deformativi del suolo.

In Italia Meridionale, tristemente noto è il caso dell'abitato di Montemurro in Lucania che, a seguito del violento terremoto del 1857, fu interessato da una grande frana sismo-indotta, che



CONVEGNO

## **Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico**

provocò la distruzione del paese e la morte di circa 3000 persone. Molti altri casi, meno eclatanti, ma altrettanto esemplificativi sono registrati nelle cronache storiche dei terremoti che hanno interessato l'Appennino Meridionale in generale, ed il segmento campano lucano, in particolare.

In estrema sintesi, l'intervento, tende a prospettare un modello applicativo che analizzando, su base geomorfologica, le caratteristiche morfotettoniche dell'area di interesse, interpreta le possibili connessioni all'inscavo ed alla riattivazione dei fenomeni gravitativi (superficiali e profondi), alla potenziale liquefazione ed alla presenza e riattivazione di faglie (attive, quiescenti).

L'analisi viene estesa anche all'interazione del sistema geofisico (terremoti) e di quello geomorfico (frane) con le situazioni di tipo idrogeologico che caratterizzano fortemente l'area di interesse.



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### RUOLO DELLE INDAGINI GEOTECNICHE NELLA DEFINIZIONE DEI MODELLI GEOTECNICI DI SOTTOSUOLO PER LE VERIFICHE DI EDIFICI SOTTO AZIONI SISMICHE

**Prof. Ing. Stefano Aversa**

*Ordinario di Geotecnica - Università di Napoli Parthenope*

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2008) hanno opportunamente e significativamente modificato la definizione delle azioni sismiche sugli edifici riconoscendo - tra l'altro - il fatto che la propagazione delle onde sismiche nel loro passaggio dalla formazione rocciosa di base sino all'opera in progetto e l'interazione terreno-struttura possono alterare significativamente lo scuotimento sismico. Ciò ha portato alla necessità di condurre studi di Risposta Sismica Locale sia utilizzando procedure numeriche più o meno complesse sia facendo riferimento, nei casi più semplici, alle cosiddette Categorie di sottosuolo. In entrambi i casi, è necessario però caratterizzare il sottosuolo (per norma fino a 30 m di profondità dal piano di riferimento dell'opera) in termini di velocità di propagazione delle onde di taglio, le cosiddette onde S. Ciò può essere effettuato attraverso misure dirette (prove cross-hole; down-hole; MASW) o per mezzo di correlazioni empiriche con i risultati di altre prove in sito, in genere penetrometriche.

La "novità" positiva introdotta dalle NTC è stata però in parte vanificata da alcune consuetudini che si sono rapidamente create. Innanzitutto, in molti casi la necessità di eseguire indagini per lo studio della RSL ha spinto a considerare queste indagini come le sole da eseguire, trascurando tutte quelle necessarie per la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo da utilizzare nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio sia con riferimento alle combinazioni di carico statiche sia con riferimento a quelle sismiche. Inoltre, hanno preso piede e si sono diffuse rapidamente tecniche sperimentali che - secondo chi ne propone l'uso in alternativa alle prove sismiche classiche - permettono di ottenere gli stessi risultati senza la necessità di eseguire fori di sondaggio, con un significativo risparmio economico e temporale. Infine, nonostante che nelle NTC sia chiaramente stabilita la responsabilità del progettista nella programmazione e interpretazione delle indagini geotecniche, accade di frequente che queste siano eseguite senza neanche consultarlo e, talvolta, anche prima che il progettista sia individuato. Ciò è molto grave in quanto è solo il progettista ad avere un quadro completo dell'opera in progetto e degli stati limite che devono essere soggetti a verifica. Facendo un paragone medico, è come se le analisi fossero eseguite e interpretate da un laboratorio senza una preventiva richiesta di un medico, che conosce lo stato generale del paziente.



CONVEGNO

## **Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico**

Le considerazioni che si faranno nell'intervento si porranno certamente in continuità con quelle che presenterà il prof. Brigante. Sia negli aspetti geotecnici sia quando si tratta di intervenire sul costruito è necessario avere una buona conoscenza della configurazione geometrica e delle proprietà dei materiali (siano essi terreni o elementi strutturali). In entrambi i casi la qualità della progettazione risente fortemente della qualità delle indagini e della loro numerosità, permettendo al progettista di avere maggiore o minore conoscenza dell'opera che progetta o su cui interviene.



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### DIAGNOSTICA E CONOSCENZA STRUTTURALE DEL COSTRUITO

**Prof. Ing. Michele Brigante**

*Docente di Analisi Sperimentale e Diagnostica delle Strutture*

*Università degli Studi di Napoli Federico II*

E' utile, ma anche semplice, condividere che porsi il problema di migliorare lo stato di salute di un manufatto o di una costruzione (per qualsiasi ragione, ed ancor di più per aumentare le probabilità di successo rispetto ad un ipotetico terremoto) richiede di conoscere qual è il punto di partenza. Questa operazione di conoscenza passa per un processo di diagnosi, che ormai ha un protocollo abbastanza consolidato, finalizzato a fornire elementi sia sulle proprietà dei materiali, sia sugli elementi ed organismi strutturali.

Ci sarà modo di evidenziare, nel corso della breve chiacchierata, come è possibile individuare una fascia di probabilità entro la quale è collocabile il giudizio di sicurezza. E da questo potrebbe anche conseguire una buona collocazione del manufatto e della costruzione in una analoga fascia (statisticamente accettabile) di sicurezza. Elementi che, insieme, possono essere di aiuto ad suggerire anche le contemporanee o successive valutazioni della vulnerabilità sismica.

Gli aspetti che riguardano le Norme Tecniche e le Linee Guida della Vulnerabilità degli edifici per la Valutazione del Rischio sismico (vigenti o di prossima promulgazione) trattati da altro Relatore, forniranno il quadro che permetterà di chiudere il cerchio in merito alle azioni che è necessario intraprendere per affrontare in maniera corretta un possibile percorso logico.

Alcuni esempi al vero e, soprattutto, alcune riflessioni che scaturiscono dall'osservazione degli esempi mostrati, possono risultare utili ad agevolare il processo di avvio, finalmente, di conoscenza del costruito e la riduzione del rischio, almeno per la salvaguardia della vita dei cittadini.

Gli Enti, i Professionisti, le Imprese, i Cittadini attendono e si aspettano questo in tempi ragionevoli; ed è necessario che il tempo diventi, prima o poi, in questo Paese, un parametro di riferimento.

Il tempo scorre ed è inesorabile e va speso bene. Soprattutto quello che c'è nell'intervallo tra un terremoto ed un altro. Perché un altro terremoto ci sarà sempre, prima o poi. La natura non è nemica, deve solo essere assecondata: e questo spetta a noi.



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### CONSIDERAZIONI SULLA RISPOSTA DELLE STRUTTURE NEL TERREMOTO DEL CENTRO ITALIA

**Prof. Ing. Andrea Prota**

*Ordinario di Tecnica delle costruzioni - Università degli Studi di Napoli Federico II*

*Consigliere Segretario Ordine Ingegneri della Provincia di Napoli*

Il terremoto del Centro Italia si caratterizza innanzitutto come una delle sequenze sismiche più lunghe mai verificatesi in Italia in epoche recenti, la quale ha colpito località distribuite su quattro diverse Regioni del nostro Paese. Questo fa sì che, da un lato, le considerazioni che possono essere tracciate al momento sono ancora provvisorie in quanto gli eventi sono tuttora in corso, dall'altro le condizioni del patrimonio edilizio sono differenziate sulle diverse Regioni.

Fatte queste dovute premesse, un primo dato che emerge con chiarezza è che la risposta delle strutture risente fortemente della qualità dei materiali e delle modalità costruttive. La tipologia edilizia che caratterizza i Comuni delle aree colpite è senz'altro quella delle costruzioni in muratura. Ebbene, l'osservazione dei danni dimostra che, laddove le costruzioni sono state mantenute con sistematicità e soprattutto sono state consolidate in modo efficace, ciò ha consentito alle stesse di rispondere al terremoto riducendo i rischi per la vita degli occupanti. Lampante è il confronto tra i comuni dell'Umbria, in primis Norcia, con quelli laziali, in primis Amatrice. Nel primo caso si tratta di Comuni nei quali i fondi della ricostruzione successivi al sisma dell'Umbria-Marche del 1997 (noto come il terremoto della Val Nerina) sono stati ben utilizzati per interventi quali catene, collegamenti dei solai alle murature, rifacimenti della coperture ed altri simili grazie ai quali, dopo la scossa del 24 agosto, non ci sono state vittime in Umbria e i danni sono stati molto contenuti.

A fronte di ciò, abbiamo osservato la distruzione che ha investito il centro di Amatrice e molte frazioni. Sappiamo che le accelerazioni registrate a Norcia ed Amatrice sono state comparabili e quindi, se i danni sono stati diversi ciò deve attribuirsi senz'altro ad una maggiore vulnerabilità delle costruzioni. Ha colpito tanti di noi vedere che le murature di Amatrice erano spesso realizzate con pietre tonde tipo ciottoli, che spesso la malta era quasi assente o comunque aveva una qualità molto scadente e che l'organizzazione delle tessiture murarie era molto carente di minimi dettagli di collegamento. La lezione che si trae da ciò è allora qualcosa che spesso si dice ma che in questo momento si osserva sul grande laboratorio sperimentale generato dal terremoto: è noto che non possiamo prevedere quando arriva un terremoto, ma è anche vero che conosciamo bene la cosiddetta pericolosità dei diversi siti, cioè l'intensità del terremoto che può





CONVEGNO

## **Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico**

investirli. Ebbene, sapendo questo, in ogni Comune è possibile “dosare” quegli interventi necessari che consentano di evitare vittime e anche danni in caso di sisma. In altri termini, non sappiamo quando viene, ma sappiamo quanto può essere forte. Ed abbiamo gli strumenti normativi e tecnici per progettare gli interventi in modo da rendere le costruzioni più resistenti! Questo messaggio però si alza forte nei giorni di emotività immediatamente dopo la tragedia, ma viene subito dimenticato in poco tempo. La sfida forse più difficile è quella di mettere in campo azioni sinergiche perché questa percezione del rischio sismico pervada le coscienze di tutti i cittadini. Dobbiamo crederci, si è riusciti a farlo per i rischi che riguardano la salute, dobbiamo riuscirci anche per il rischio sismico, perché anche questo, se non è preceduto da accurata prevenzione, quando arriva uccide!



CONVEGNO

## Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico

### DANNI INDOTTI DAL SISMA: DATI E CONSIDERAZIONI SUI COSTI DI RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO SISMICO

**Dott. Ing. Marco Di Ludovico**

*Ricercatore di Tecnica delle Costruzioni*

*Università degli Studi di Napoli Federico II*

L'impegno profuso da ReLUIIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica, costituita nel 2003 come centro di competenza a supporto della Protezione Civile) nelle fasi emergenziali e post-emergenziali dei drammatici eventi sismici che hanno caratterizzato l'ultimo decennio del nostro paese, ha consentito di acquisire numerosi e preziosi dati sui danni e sui costi indotti dal sisma sul patrimonio edilizio esistente. In particolare, dati relativi a circa 6000 edifici privati al di fuori dei centri storici danneggiati dal terremoto di L'Aquila 2009 hanno mostrato che, in funzione del livello di danno, evidentemente connesso all'entità dell'azione sismica e della vulnerabilità delle costruzioni, gli interventi di riparazione sono costati mediamente tra 220÷520 €/mq di superficie coperta lorda con variabilità funzione del livello di danno (basso, medio o severo). In taluni casi, pari a circa il 25% degli edifici con danni severi (541 su 2211), è risultato più conveniente procedere all'abbattimento ed alla ricostruzione dell'edificio piuttosto che alla riparazione dello stesso. Analisi specifiche hanno altresì mostrato che le voci di costo più influenti riguardano le componenti non strutturali quali tamponature, partizioni, finiture ed impianti, il cui ruolo diventa primario allorché si debba quantificare il danno economico indotto da sisma. Non tralasciando l'obiettivo di ridurre le considerevoli perdite attese a seguito del danneggiamento delle componenti non strutturali, la natura del patrimonio edilizio esistente, per lo più realizzato senza o con riferimento a prescrizioni sismiche obsolete, richiede oggi che l'attenzione venga focalizzata su interventi prioritariamente mirati a ridurre la vulnerabilità strutturale degli edifici al fine di salvaguardare la vita degli occupanti.

I modelli di ricostruzione post-sisma sono stati da sempre volti ad assicurare una estesa copertura finanziaria, a carico della fiscalità generale, delle spese necessarie non solo per la riparazione ma anche per interventi che mirino ad incrementare la sicurezza delle strutture. Dai dati relativi agli interventi di miglioramento sismico del post-sisma di L'Aquila è emerso che l'ampio ventaglio di tecniche di intervento, oggi disponibili, combinato ad un più moderno assetto normativo, hanno consentito di intervenire su strutture esistenti, perseguendo livelli di sicurezza di gran lunga superiori a quelli originari con un costo medio pari a circa 315 €/mq. In particolare, tali interventi



CONVEGNO

## **Classificazione sismica degli edifici e interventi di mitigazione del rischio sismico**

di miglioramento sismico, mirati ad ottenere un livello minimo di sicurezza pari al 60% di quello perseguito oggi negli edifici di nuova progettazione, sono stati effettuati con una incidenza di costo pari a circa 10 €/mq. per punto percentuale di incremento di livello di sicurezza.

In conclusione, si può affermare che esistono oggi tecnologie di intervento, più o meno invasive, attraverso cui, con costi ragionevoli, specie se paragonati ai costi diretti ed indiretti da sostenersi a valle di un evento sismico, è possibile intervenire per incrementare il livello di sicurezza delle costruzioni esistenti. Una sfida ulteriore deve essere coniugare tali interventi in una logica mirata a salvaguardare anche la funzionalità delle componenti non strutturali la cui incidenza sul valore del bene immobile è oggi in continua crescita (si pensi a tal proposito ai crescenti investimenti in campo di efficientamento energetico). Il perseguimento di tali obiettivi è inestricabilmente connesso ad una presa di coscienza del problema a tutti i livelli a partire dai cittadini, in modo tale da avere una corretta percezione del rischio e trasformare in un prossimo futuro drammatiche stime di perdite post-sisma in analisi di investimenti di prevenzione del rischio sismico effettivamente eseguiti.