

# VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA', CLASSIFICAZIONE SISMICA, STRATEGIE DI RINFORZO E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI ESISTENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO

## Metodologie di Valutazione della Vulnerabilità e Classificazione Sismica

### PARTE SECONDA

**Stefano Pampanin**

Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Roma "La Sapienza"  
stefano.pampanin@uniroma1.it

#### SOMMARIO

Nell'ambito di una serie di tre articoli sulla vulnerabilità sismica, strategie e tecniche di riduzione del rischio sismico di edifici esistenti in calcestruzzo armato, in questo secondo contributo si illustreranno sinteticamente gli aspetti salienti delle nuove linee guida neozelandesi (NZSEE2016 - *The Seismic Assessment of Existing Buildings*), strumento chiave per l'implementazione di un piano di prevenzione nazionale obbligatorio introdotto in Nuova Zelanda a seguito della recente e devastante sequenza sismica del 2010-2011.

Particolare attenzione è stata data sviluppo di una metodologia all'avanguardia, affidabile ma semplificata, denominata SLaMA (Simple Lateral Mechanism Analysis), basata su un approccio meccanico-analitico (i.e. fondamentalmente "a mano" o con l'ausilio di fogli di calcolo) prima ancora che numerico (i.e. basato sull'utilizzo di modelli ad elementi finiti).

Tra le motivazioni e gli obiettivi primari di tale approccio si evidenziano la necessità di:

- a) migliorare ed aggiornare gli strumenti/procedure di 'diagnosi' e 'prognosi' utilizzati dagli ingegneri e/o tecnici del settore, facendo riferimento ai più recenti risultati di ricerca numerico-sperimentale a livello internazionale nonché alle osservazioni sul campo a seguito dei più recenti eventi sismici;
- b) uniformare i giudizi dei tecnici valutatori tramite l'utilizzo di un approccio semplificato ma su base meccanica in grado di evidenziare le criticità strutturali dell'edificio oggetto delle analisi;
- c) ristabilire il ruolo critico e dunque richiamare alle responsabilità professionali dell'ingegnere sismico (e.g. strutturista, geotecnico) perché utilizzi un approccio olistico di comprensione del problema prima ancora di affidarsi al calcolatore, nell'illusione ormai diffusa che ad un maggiore onere computazionale corrisponda necessariamente una maggiore accuratezza e precisione dei risultati.

La procedura SLaMa di valutazione della vulnerabilità/sicurezza e classificazione del rischio sismico si sviluppa a partire dalla identificazione delle vulnerabilità critiche attese ed attraverso la valutazione delle capacità (sia in termini di forze che di spostamenti) degli elementi strutturali, per definire la gerarchia delle resistenze delle connessioni o sottosistemi trave-colonna e quindi i meccanismi di collasso locali e globali dei principali sistemi sismo-resistenti nelle due direzioni ortogonali. Da un confronto tra curva di capacità della struttura (curva forza-spostamento analitica e non lineare) e domanda (spettro/i in accelerazione-spostamento, secondo metodo capacity-spectrum o similari) si possono derivare in modo relativamente speditivo e con sufficiente approssimazione le prestazioni 'attese' della struttura oggetto delle analisi a vari livelli di intensità/scuotimento del terremoto di progetto/verifica (i.e. a vari periodi di ritorno).

Tale approccio analitico consente di definire un livello di sicurezza 'relativo' ad una struttura di nuova progettazione, tramite l'utilizzo di un indice %NBS (%New Building Standard, rapporto capacità/domanda), di associare una classe di rischio (da A-E, con valori indicativi delle probabilità' di collasso relative ad una struttura di nuova progettazione), nonché di valutare le perdite annue medie (PAM, come definite dalle nuove linee guida italiana della Classificazione Sismica di Edifici o (Expected Annual Loss, EAL) prima e dopo un intervento di miglioramento/rinforzo sismico, candidandosi dunque come strumento fondamentale di supporto per l'attuazione di una strategia a medio-lungo termine di riduzione del rischio sismico a scala nazionale.

## ABSTRACT

### **VULNERABILITY ASSESSMENT, SEISMIC RATING, RETROFIT AND RISK REDUCTION STRATEGIES FOR EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS** **Methodologies for Seismic Vulnerability Assessment and Seismic Rating\_Part II**

As part of a series of three articles on the seismic vulnerability assessment, risk reduction strategies and techniques for existing reinforced concrete buildings, this second contribution provides a brief summary of the fundamental aspects of the new NZSEE2016 guidelines - *The Seismic Assessment of Existing Buildings*, key tool to support the implementation of the national seismic risk reduction plan, mandatorily introduced in New Zealand in the aftermath of the devastating Canterbury Earthquake Sequence 2010-2011.

Particular attention has been given to the development of an advanced, reliable while simplifies methodology, referred to as SLaMA (Simplified Lateral Mechanism Analysis), based on an analytical and mechanical approach (i.e. basically “by hand” or using a spreadsheet) rather than and prior to a numerical (i.e. finite element and computer-based).

Amongst the primary motivations and objectives of such an approach it is worth highlighting the need to:

- a) improve and update the tools/procedures for a “diagnosis” and “prognosis” used by the engineering practitioners and/or technical inspectors, with reference to the most recent numerical-experimental research findings at international level as well as to the on-site damage observation and lesson learnt from the recent seismic events’;
- b) improve consistency and robustness of the evaluation provided by different inspectors by means of a simplified whilst mechanical-based approach able to highlight the critical structural weaknesses of the building under investigation;
- c) revamp the critical role of the seismic (eg. Structural, geotechnical) engineers and thus remind of their professional responsibility to adopt an holistic approach for a whole understanding of the problem before embarking into the often semi-“black-box” numerical analysis software on the more widespread illusion that higher computational effort will lead to higher accuracy and prevision of the results.

The SLaMA procedure for the assessment of the seismic vulnerability/safety and seismic rating develops from the identifications of the expected critical structural weaknesses through the evaluation of the capacity (in terms of both forces and displacements) of the structural elements to determine the hierarchy of strength of the connections and beam-column subassemblies and thus the local and global collapse mechanisms of the seismic-resisting systems.

By comparing the capacity curve of the structure (in terms of analytical force-displacement non-linear curve) and demand (acceleration-displacement response spectra, ADRS, in line with the capacity spectrum or similar approaches), the expected performance of the building under different level of shaking intensity (i.e. earthquake return period), can be evaluated with a relatively simple approach and sufficient level of approximations.

Such an analytical approach allows to evaluate the level of ‘relative’ safety when compared to a newly built structure, by means of the % NBS (New Building Standard, a capacity-demand ratio) index, associate a seismic risk rating or class (from A to E, with indicative ranges of collapse probabilities when compared to a brand-new structures), as well as determine the Expected Annual Losses (or PAM, Perdita Annua Media, as defined in the new Italian guidelines for the Seismic Risk Classifications of buildings) , before and/or after a seismic retrofit/upgrading intervention, thus becoming a fundamental supporting tool for the implementation of a medium-long term strategy of seismic-risk reduction at national scale.

## PAROLE CHIAVE | KEYWORDS

vulnerabilità sismica, metodologia semplificata analitica (SLaMA), edifici esistenti, classificazione vulnerabilità e rischio sismico.

*seismic vulnerability, Simplified Lateral Mechanism Analysis (SLaMA), existing buildings, seismic rating*

## INTRODUZIONE

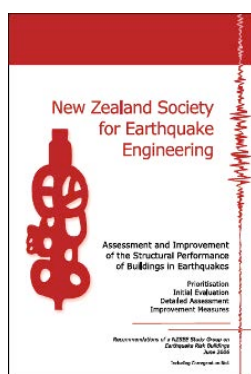
### Politiche di Prevenzione Sismica Nazionale in Nuova Zelanda – prima e dopo

A seguito della recente sequenza di terremoti del 2010-2011 a Christchurch, in Nuova Zelanda, di cui si è data una breve descrizione nel primo di questa serie di tre contributi e all'ingente impatto socio-economico sostenuto (185 vittime, danni a decine di migliaia di abitazioni, demolizione di centinaia di edifici nel centro finanziario, ingenti danni alle infrastrutture e servizi, con perdite economiche associate alla sola scossa del 22 febbraio 2011 - evento più devastante - dell'ordine di 40 miliardi di dollari NZ, pari a circa il 20% del PIL neozelandese) ed alle raccomandazioni della 'Canterbury Earthquake Royal Commission of inquiry' (CERC,2012) il governo neozelandese ha deciso di cambiare radicalmente marcia in termini di politiche di prevenzione del rischio sismico passando da un tipico approccio "passivo" ad un approccio più diretto, "attivo" e cogente.

Prima degli eventi del 2010-2011, le politiche di valutazione di vulnerabilità sismica di edifici esistenti erano fondamentalmente demandate alle autorità locali che nella maggior parte dei casi, con l'eccezione della capitale di Wellington, avevano optato per un approccio di tipo "passivo", tipico delle pratiche internazionali: studi di vulnerabilità sismica su edifici esistenti, sia pubblici che privati, non erano obbligatori per legge a meno che non si operasse un cambio di destinazione d'uso o ampliamento/modifica strutturale dell'edificio.

Nel Building ACT 2004 si era definito un livello di sicurezza minimo corrispondere al raggiungimento della capacità (stato limite di Salvaguardia della Vita Umana) della struttura quando soggetta ad un terremoto "moderato" definito come un terremoto virtuale di equal durata ma di intensità pari ad un terzo del terremoto di progetto (e.g. periodo di ritorno di 500 anni per una struttura ordinaria, dunque con probabilità di superamento del 10% nel corso della vita utile della struttura di 50 anni) definito dalle nuove norme.

Se la struttura non superava tale soglia minima, identificata con un Indice di Sicurezza %NBS (% New Building Standard) valutato seguendo la procedura descritta nelle linee guida NZSEE2006 (New Zealand Society of Earthquake Engineering, "Assessment and Improvement of the Seismic Performance of Buildings in Earthquakes") come rapporto Capacità/Domanda, i.e. tra la capacità della struttura oggetto di indagini e la domanda (ordinate spettrali) per un edificio di nuova costruzione nello stesso sito, l'edificio veniva classificato Earthquake-Prone Building (EPB) con un 'seismic rating' (o classe) 'D' dunque 'non accettabile' (figura 1).



Percentage of New Building Standard (%NBS)	Letter grade	Relative risk (approx)
>100	A+	< 1 time
80-100	A	1-2 times
67-80	B	2-5 times
33-67	C	5-10 times
20-33	D	10-25 times
<20	E	> 25 times

1. Linee guida neozelandesi per la valutazione della vulnerabilità e classificazione sismica (prima versione NZSEE2006) Tabella di corrispondenza tra indice %NBS, Classe Sismica (A-D) e moltiplicatore di rischio (indicativo) rispetto ad un edificio di nuova progettazione.