



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

Strategie e Tecniche di Rinforzo

PARTE TERZA

Stefano Pampanin

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

SOMMARIO

A chiusura di una breve "trilogia" sulla vulnerabilità e classificazione sismica, strategie e tecniche per la riduzione del rischio sismico di edifici esistenti in calcestruzzo armato, in questa terzo ed ultimo contributo si darà una panoramica su strategie e associate tecniche di rinforzo sismico - con l'obiettivo di raggiungere, tramite interventi di miglioramento o adeguamento, predefiniti livelli di sicurezza relativa e prestazionali sia a livello di singolo edificio che di classi di edifici a scala territoriale.

I primi due contributi si sono soffermati sulla fase di 'diagnosi' e 'prognosi', con l'individuazione delle criticità strutturali, la valutazione della vulnerabilità, la stima delle prestazioni attese e la classificazione del rischio sismico di edifici esistenti.

Con riferimento ai recenti sviluppi procedurali e normativi a livello internazionale, particolare attenzione è stata rivolta alle nuove linee guida neozelandesi (NZSEE2017 - The Seismic Assessment of Existing Buildings) e allo 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. modellazione ad elementi finiti.

Tale approccio, divenuto lo 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, 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 del terremoto, i.e. periodi di ritorno, sia prima che dopo un intervento di miglioramento/adequamento sismico.

I costi-benefici di differenti strategie e tecniche di rinforzo - o 'terapie' - a medio-lungo termine possono quindi essere confrontati, seguendo tale approccio analitico-meccanico, valutando per ogni soluzione l'indice di sicurezza o rapporto capacità/domanda %NBS (New Building Standard) o IS-V, stimando le prestazioni attese a vari livelli di intensità sismica, perdita annua media (PAM) o Expected Annual Loss, EAL, ed associando la classe di rischio corrispondente (da A-E, con valori indicativi delle probabilità' di collasso relative ad una struttura di nuova progettazione) prima e dopo varie soluzioni di miglioramento/rinforzo sismico.

ABSTRACT

VULNERABILITY ASSESSMENT, SEISMIC RATING, RETROFIT AND RISK REDUCTION STRATEGIES FOR EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS **Retrofit Strategies and Techniques_Part III**

At the end of a brief "trilogy" on seismic vulnerability and rating, retrofit strategies and techniques for seismic risk reduction of existing reinforced concrete buildings, this third and final contribution will provide an overview of seismic retrofit strategies and associated techniques - with the objective to achieve predefined levels of relative safety and performance both at a single building level and for classes for buildings at territorial scale.

The first two contributions focused on the 'diagnosis' and 'prognosis' phases, including the identification of critical structural vulnerabilities, the assessment of seismic vulnerability, the estimation of the expected performance and the classification of the seismic risk of existing buildings.

With reference to recent international developments in terms of technical and regulatory procedures, particular attention has been paid to the new New Zealand guidelines on Seismic Assessment of Existing Buildings, NZSEE2017, and to the development of a state-of-art, reliable but simplified methodology, called SLaMa (Simple Lateral Mechanism Analysis), based on a mechanical-analytical approach, i.e basically by "hand" or with the support of a spreadsheet, rather than, or prior to any numerical approach, i.e. based on the use of finite element models.

This approach, which has become the key tool-procedure for the implementation of a compulsory national prevention plan introduced in New Zealand following the recent and devastating earthquake sequence in 2010-2011, is developed starting from the identification of the expected critical structural vulnerabilities and via the evaluation of the capacity (both in terms of forces and displacements) of the structural elements, to define the hierarchy of strength of the connections, or beam-column subassemblies, and thus the local and global collapse mechanisms of the main seismic-resisting systems in the two orthogonal directions.

By comparing the structure's capacity curve (analytical force-displacement non-linear curve) and the demand (acceleration-displacement response spectrum, ADRS, according to the capacity-spectrum method or similar approaches) the "expected" performance of the structure at various levels of shaking intensity, i.e. return periods can be derived relatively quickly and with sufficient approximation, both before and after any seismic retrofit interventions.

The cost-benefit in the medium to long term of different retrofit strategies and techniques - or 'therapies' - can therefore be compared, following this analytical-mechanical approach, by evaluating for each solution the safety index or capacity/demand ratio %NBS (%New Building Standard) or IS-V, estimating the expected performance at various levels of seismic intensity, the expected annual loss EAL - or Perdita Annuale Media (PAM) according to the Italian Guidelines ITA2017 - and associating the corresponding seismic risk class (from A to E, with indicative values of collapse probabilities when compared to a newly designed structure) before and after various seismic retrofit solutions.

PAROLE CHIAVE | KEYWORDS

vulnerabilità sismica, metodologia semplificata analitica (SLaMA), edifici esistenti, classificazione vulnerabilità e rischio sismico, strategie e tecniche di rinforzo
seismic vulnerability, Simplified Lateral Mechanism Analysis (SLaMA), existing buildings, seismic rating, retrofit strategies and solutions

VALUTAZIONE INDICE DI SICUREZZA, PERDITA ANNUA MEDIA E CLASSE DI RISCHIO

Come discusso nelle prime due parti di questa serie di contributi, l'urgenza, da un lato, e la complessità sia tecnica che socio-economica, dall'altro, di un piano di attuazione e implementazione di una strategia a medio-lungo termine di riduzione del rischio sismico a scala nazionale, richiedono in primis di migliorare e uniformare gli strumenti e procedure o 'protocolli' per la 'diagnosi' e 'prognosi' della vulnerabilità sismica e delle prestazioni attese di edifici esistenti basati su metodologie all'avanguardia ma al tempo stesso relativamente semplici ed esplicite (analitiche prima ancora che numeriche) che evidenzino le criticità strutturali dell'edificio oggetto delle analisi e sappiano anche garantire uniformità di risultati al variare del valutatore.

Analogamente, seguendo le stesse procedure uniformate, si possono definire adeguate 'cure/terapie' o strategie di rinforzo comparando soluzioni alternative di miglioramento/adequamento con analisi costi-benefici e approccio 'multi-criteria'.

L'approccio analitico-meccanico SLaMA (Simple Lateral Analysis Mechanism), alla base delle nuove linee neozelandesi NZSEE2017 per la valutazione sismica di edifici esistenti e descritto in maggior dettaglio nel precedente contributo, può risultare particolarmente utile nella valutazione relativamente speditiva - rispetto a quanto richiesto da una modellazione numerica non-lineare sia statica che dinamica - della prestazione della struttura 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**.

Ricordando la definizione convenzionale di **Rischio = Hazard x Vulnerabilità X Esposizione** (figura 1) è evidente come non potendo, in particolar modo nel caso di edifici esistenti, operare sulla riduzione dell'Hazard (o Pericolosità) né sull'Esposizione - se non imponendo tanto estreme quanto impraticabili politiche sociali di **rilocazione** della popolazione in zone/regioni ad inferiore pericolosità sismica - l'unico e fondamentale componente/fattore su cui possiamo direttamente operare è la vulnerabilità del costruito, con interventi tecnico-strutturali che ne migliorino le prestazioni attese.



1. Visualizzazione del concetto di Rischio Sismico inteso come combinazione di Hazard (Pericolosità) x Vulnerabilità x Esposizione.