

Abstract

Ph.D. Thesis proposes a Soft-Computing approach capable of supporting the engineer judgement in the selection and design of the cheapest solution for seismic retrofitting of existing RC framed structure. Chapter 1 points out the need for strengthening the existing buildings as one of the main way of decreasing economic and life losses as direct consequences of earthquake disasters. Moreover, it proposes a wide, but not-exhaustive, list of the most frequently observed deficiencies contributing to the vulnerability of concrete buildings. Chapter 2 collects the state of practice on seismic analysis methods for the assessment the safety of the existing buildings within the framework of a performance-based design. The most common approaches for modeling the material plasticity in the frame non-linear analysis are also reviewed. Chapter 3 presents a wide state of practice on the retrofitting strategies, intended as preventive measures aimed at mitigating the effect of a future earthquake by a) decreasing the seismic hazard demands; b) improving the dynamic characteristics supplied to the existing building. The chapter presents also a list of retrofitting systems, intended as technical interventions commonly classified into local intervention (also known “member-level” techniques) and global intervention (also called “structure-level” techniques) that might be used in synergistic combination to achieve the adopted strategy. In particular, the available approaches and the common criteria, respectively for selecting an optimum retrofit strategy and an optimal system are discussed. Chapter 4 highlights the usefulness of the Soft-Computing methods as efficient tools for providing “objective” answer in reasonable time for complex situation governed by approximation and imprecision. In particular, Chapter 4 collects the applications found in the scientific literature for Fuzzy Logic, Artificial Neural Network and Evolutionary Computing in the fields of structural and earthquake engineering with a taxonomic classification of the problems in modeling, simulation and optimization. Chapter 5 “translates” the search for the cheapest retrofitting system into a constrained optimization problem. To this end, the chapter includes a formulation of a novel procedure that assembles a numerical model for seismic assessment of framed structures within a Soft-Computing-driven optimization algorithm capable to minimize the objective function defined as the total initial cost of intervention. The main components required to assemble the procedure are described in the chapter: the optimization algorithm (Genetic Algorithm); the simulation framework (OpenSees); and the software environment (Matlab). Chapter 6 describes step-by-step the flow-chart of the proposed procedure and it focuses on the main implementation aspects and working details, ranging from a clever initialization of the population of candidate solutions up to a proposal of tuning procedure for the genetic parameters. Chapter 7 discusses numerical examples, where the Soft-Computing procedure is applied to the model of multi-storey RC frames obtained through simulated design. A total of fifteen “scenarios” are studied in order to assess its “robustness” to changes in input data. Finally, Chapter 8, on the base of the outcomes observed, summarizes the capabilities of the proposed procedure, yet highlighting its “limitations” at the current state of development. Some possible modifications are discussed to enhance its efficiency and completeness.

Tutor

Prof. Eng. Enzo Martinelli

Co-tutor

Prof. Raffaele Cerulli – Prof. Eng. Ciro Faella

PhD Candidate

Eng. Roberto Falcone

Sintesi

La tesi di Dottorato propone una procedura Soft-Computing in grado di supportare il giudizio dell'ingegnere nella scelta e nella progettazione della soluzione più economica per l'adeguamento sismico di telai esistenti in calcestruzzo armato. Il capitolo 1 sottolinea la necessità di rafforzare gli edifici esistenti come una delle principali modalità di riduzione delle perdite economiche ed in termini di vite umane come conseguenze dirette delle catastrofi sismiche. Inoltre, propone un'ampia ma non esaustiva lista di "deficienze" più frequentemente osservate che contribuiscono alla vulnerabilità degli edifici in calcestruzzo. Il capitolo 2 raccoglie lo stato dell'arte sui metodi di analisi sismica per la valutazione della sicurezza degli edifici esistenti nell'ambito di un progetto basato sulle prestazioni. Inoltre, vengono esaminati gli approcci più comuni per la modellazione della plasticità del materiale nell'analisi non lineari di strutture a telaio. Il capitolo 3 presenta un ampio stato dell'arte sulle strategie di adeguamento, intese come misure preventive volte a mitigare l'effetto di un terremoto sull'edificio esistente attraverso a) la diminuzione della domanda sismica; b) il miglioramento delle caratteristiche dinamiche della struttura. Il capitolo presenta anche una lista di sistemi di adeguamento, intesi come interventi tecnici comunemente distinti in interventi locali (come il confinamento di pilastri con FRP) e interventi globali (come l'installazione di sistemi di controvento concentrici) che possono essere usati in combinazione sinergica per realizzare la strategia adottata. In particolare, vengono discussi gli approcci disponibili e i criteri più comuni, per selezionare rispettivamente una strategia ed un sistema ottimali di adeguamento. Il capitolo 4 evidenzia l'utilità dei metodi di Soft-Computing come strumenti efficaci per fornire una risposta "oggettiva" in tempi ragionevoli per situazioni complesse governate da approssimazione e imprecisione. In particolare, il capitolo 4 raccoglie le applicazioni trovate nella letteratura scientifica sugli algoritmi Fuzzy Logic, Artificial Neural Network e Evolutionary Computing nei campi dell'ingegneria strutturale e sismica con una classificazione tassonomica dei problemi in modellazione, simulazione e ottimizzazione. Il capitolo 5 "traduce" la ricerca del più economico sistema di adeguamento in un problema di ottimo vincolato. A tal fine, il capitolo include la formulazione di una nuova procedura che assembla un modello numerico per la valutazione sismica di strutture all'interno di un algoritmo Soft-Computing di ottimizzazione in grado di minimizzare la funzione obiettivo definita come costo iniziale di intervento. Nel capitolo sono descritte le componenti principali necessarie per assemblare la procedura: l'algoritmo di ottimizzazione (algoritmo genetico); il framework di simulazione (OpenSees); e l'ambiente software (Matlab). Il capitolo 6 descrive passo dopo passo il diagramma di flusso della procedura proposta e si concentra sui principali aspetti di implementazione, che vanno dall'inizializzazione della popolazione di soluzioni fino ad una proposta di "tuning" per i parametri genetici. Il Capitolo 7 raccoglie esempi numerici in cui la procedura di Soft-Computing viene applicata a modelli di telai multi-piani ottenuti attraverso progetto simulato. Vengono analizzati quindici "scenari" al fine di valutare la "robustezza" della procedura rispetto ai dati di input. Infine, il capitolo 8 sulla base dei risultati osservati riassume le capacità della procedura proposta, evidenziandone anche i "limiti" allo stato attuale di sviluppo. Vengono inoltre discusse alcune possibili modifiche per migliorare l'efficienza e la completezza della procedura.

Tutor

Prof. Ing. Enzo Martinelli

Co-tutor

Prof. Raffaele Cerulli – Prof. Ing. Ciro Faella

Dottorando

Ing. Roberto Falcone