

Title of PhD dissertation: Seismic retrofitting strategies for buildings using innovative approaches

Title of PhD dissertation in Polish: Strategie wzmacniania odporności sejsmicznej budynków z wykorzystaniem rozwiązań innowacyjnych

Keywords of PhD dissertation in English: Seismic retrofitting, Steel and RC buildings, Seismic performance assessment, Seismic risk assessment, Machine learning methods, Graphical user interface.

Keywords of PhD dissertation in Polish:

Wzmacnianie konstrukcji na obciążenia sejsmiczne, Budynki stalowe i żelbetowe, Ocena odporności sejsmicznej, Ocena ryzyka sejsmicznego, Metody uczenia maszynowego, Graficzny interfejs użytkownika.

Summary of PhD dissertation in English:

This PhD thesis presents innovative approaches for retrofitting buildings equipped with various lateral force-resisting systems, such as steel moment-resisting frames (SMRFs), reinforced concrete moment-resisting frames (RC MRFs), buckling-restrained braced frames (BRBFs), infilled masonry walls (IMWs), and RC shear walls (RCSWs). The main goal was to facilitate the seismic modeling and retrofitting buildings with novel ideas to reduce the time of retrofitting and improving the seismic performance of structures, as well as to use the predictive machine learning (ML) models to evaluate seismic behavior, seismic performance levels, seismic failure probabilities, and risk assessment. The study considered both external and internal earthquake-induced forces. External forces from structural pounding between adjacent buildings were analyzed, and probability factors were proposed to quantify their effects as well as fluid viscous dampers (FVDs) were suggested to absorb the impact energies for retrofitting scheme. The research evaluated the seismic performance of SMRFs with rigid and semi-rigid joints, incorporating shape memory alloy (SMA) bolts to improve their performance. Additionally, the influence of IMWs on the seismic performance of SMRFs was examined considering soil-structure interaction (SSI) effects, which the results confirmed their influence on seismic behavior. A new concept involving SMA materials in buckling-restrained braces (BRBs) was introduced to reduce residual drifts after earthquakes. Moreover, a novel double-stage yield steel slit damper-buckling restrained brace (SSD-DYB) was experimentally developed to function effectively during both minor and major earthquakes. Recognizing the limitations of existing case-based studies, the research advanced the use of conventional and ensemble ML methods to improve predictive models. These models were developed to estimate seismic limit-state capacities, seismic performance levels, and evaluate seismic risk in various structural systems. Based on the promising results of the proposed ML models, a user-friendly graphical interface (GUI) was developed, which facilitates future enhancements and broadens the applicability of the ML models for retrofitting purposes.

Summary of PhD dissertation in Polish:

Niniejsza rozprawa doktorska przedstawia innowacyjne rozwiązania związane ze wzmacnianiem odporności sejsmicznej budynków z uwzględnieniem różnych systemów konstrukcyjnych, takich jak stalowe i żelbetowe ramy, ramy z dodatkowymi stężeniami, ściany murowane stanowiące wypełnienie oraz żelbetowe ściany nośne. Głównym celem pracy było usprawnienie procesu modelowania oraz wzmacniania budynków narażonych na oddziaływania sejsmiczne poprzez zastosowanie innowacyjnych rozwiązań pozwalających ograniczyć czas potrzebny na modernizację oraz wykorzystanie uczenia maszynowego do

szacowania odpowiedzi sejsmicznej konstrukcji, poziomów zniszczenia, prawdopodobieństwa uszkodzeń oraz ryzyka sejsmicznego. W badaniach uwzględniono zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne siły wywołane przez trzęsienia ziemi. Przeanalizowano oddziaływania związane ze zjawiskiem zderzeń pomiędzy sąsiadującymi ze sobą budynkami i zaproponowano współczynniki prawdopodobieństwa do ich ilościowej oceny oraz zaproponowano zastosowanie tłumików w celu ograniczenia negatywnych skutków kolizji. Oszacowano również odporność sejsmiczną ram stalowych z połączeniami sztywnymi i półsztywnymi, w których zastosowano śruby ze stopów z pamięcią kształtu. Dodatkowo przeanalizowano wpływ wypełnień w postaci ścian murowanych na zachowanie się ram stalowych poddanych wpływom sejsmicznym, z uwzględnieniem interakcji podłoże-konstrukcja. Zbadano również innowacyjną metodę wykorzystania materiałów z pamięcią kształtu w stężeniach konstrukcji w celu redukcji trwałych przemieszczeń po trzęsieniu ziemi. Zaproponowano nowy system stężący przy zastosowaniu stalowego tłumika o dwustopniowej charakterystyce odpowiedzi przeznaczony dla konstrukcji zlokalizowanych w strefach sejsmicznych o niskiej, jak i wysokiej intensywności. Uwzględniając ograniczenia dotychczasowych badań, rozwinięto zastosowanie klasycznych i zespołowych metod opartych na uczeniu maszynowym w celu zwiększenia dokładności predykcji. Metody te zastosowano do szacowania nośności granicznej konstrukcji, oceny odporności sejsmicznej oraz analizy ryzyka sejsmicznego w różnych systemach konstrukcyjnych. Bazując na obiecujących wynikach dla zaproponowanych modeli opartych na uczeniu maszynowym opracowano przyjazny dla użytkownika graficzny interfejs umożliwiający doskonalenie i szersze wykorzystanie tych modeli do analizy metod wzmacniania odporności sejsmicznej konstrukcji budowlanych.