



### **Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Riduzione del rischio sismico degli edifici esistenti: rigenerazione urbana e riduzione del consumo di suolo

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA

Responsabile scientifico: Prof. Rosario Gigliotti

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 10

Azienda: Proge.77 srl, sede legale: via Flaminia 362 00196 Roma; sede operativa: piazza Mincio 2 - 00198 Roma

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 7000,00

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA con delibera del 20/09/2021

Progetto di ricerca:

Premessa

Il progetto di ricerca mira alla definizione di una metodologia multi-prestazionale per la riduzione del rischio sismico degli edifici esistenti, in linea con le normative internazionali di nuova generazione. Il progetto è rivolto, in particolare, agli edifici in ambito urbano, principalmente con struttura in cemento armato. Questi edifici rappresentano una parte consistente del patrimonio edilizio delle città italiane e sono in buona parte realizzati in assenza di normative sismiche. Per questi motivi, negli ultimi anni sono stati introdotti strumenti di incentivazione fiscale al fine di favorire interventi per la riduzione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti. Tali strumenti di incentivazione fiscale sono stati introdotti anche per gli interventi di efficientamento energetico, mirando dunque ad una rigenerazione urbana in termini di qualità edilizia e di sostenibilità.

Intervenire sulla riduzione del rischio sismico comporta la riduzione delle perdite attese nel tempo, quantificabili in termini di costi di riparazione/ricostruzione. L'urgenza di intervenire sulle costruzioni esistenti è dettata anche da ragioni di sostenibilità, in quanto proprio la scarsa qualità di tali costruzioni diviene spesso una giustificazione per la realizzazione di nuovi quartieri, anche in assenza di crescita demografica o di fenomeni di inurbamento.

Pertanto, la riduzione delle perdite attese, la riduzione dei tempi di pareggio degli investimenti, la considerazione dei costi ambientali tra le perdite e tra i costi di intervento, la riduzione del consumo di suolo, associati al tema della sicurezza, costituiscono il carattere "green" del progetto.

A fronte di una consapevolezza crescente riguardo ai temi dell'ambiente e del consumo di suolo, gli strumenti tecnico-normativi attualmente disponibili non sono adeguati ad accompagnare il processo in maniera sostenibile.

Va in questa direzione l'allegato A al DM 65/2017 Sismabonus dal titolo "Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni". Mancano, tuttavia, strumenti operativi che possano bilanciare gli investimenti, anche concepiti nell'ottica del rilancio economico, con la sostenibilità ambientale ed economica degli stessi. A tal fine, sarà necessario anche un adeguamento normativo, che recepisca le tendenze più avanzate in tema di rischio sismico e che al tempo stesso favorisca gli interventi semplificando gli aspetti progettuali.

Contenuti del progetto

Il progetto di ricerca seguirà due linee principali: la prima consisterà nella raccolta critica delle tecniche di intervento, individuandone pregi, difetti, limiti di applicabilità e risultati conseguibili in termini di miglioramento strutturale; la

seconda mirerà ad individuare delle classi probabilistiche per la selezione degli interventi con l'obiettivo di creare un percorso selettivo parametrizzato per la massimizzazione del rapporto benefici-costi.

Per le finalità del progetto si metteranno a confronto i risultati ottenuti attraverso diversi metodi di analisi e criteri di modellazione e le valutazioni empiriche del rischio su base macrosismica.

In particolare, si intende studiare la possibilità di adottare le curve di fragilità empiriche, in particolare per gli interventi in grado di ridurre la domanda, quali isolamento sismico, controventi o esoscheletri, per definire strategie progettuali semplificate, così da ridurre l'invasività e i tempi di indagine su materiali e dettagli costruttivi. Si confronteranno le incertezze nella valutazione del rischio sismico pre e post-intervento tra i risultati conseguibili con approcci probabilistici semplificati e quelli conseguibili con i metodi di indagine e di analisi tradizionali.

Il progetto si svilupperà attraverso lo svolgimento di parte delle attività presso la Proge.77 srl, società di ingegneria di grande esperienza nel campo della progettazione di nuove costruzioni e nella progettazione di interventi su costruzioni esistenti. Il direttore tecnico della Proge.77, prof. ing. Franco Braga, è membro del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed è stato docente di Costruzioni in zona sismica presso la Sapienza. La società selezionata ha, pertanto, le caratteristiche necessarie ad accrescere la sensibilità ingegneristica del dottorando e a coniugare l'esperienza pratica con le finalità e i contenuti teorici del progetto di ricerca.

#### Formazione specifica del dottorando

Si mira in tal modo a formare una figura professionale di livello scientifico elevato, spendibile in un campo che rappresenta sempre più il futuro dell'ingegneria per rispondere ad una crescente domanda di sicurezza e sostenibilità. Pertanto, il dottorato potrà avere sbocchi professionali di alto livello nel settore della gestione dei rischi e della progettazione o sbocchi in ambito accademico, per l'ampia possibilità di sviluppare metodologie avanzate di grande interesse nell'ambito della comunità scientifica.

Il dottorando, oltre alle conoscenze che acquisirà nell'ambito del percorso formativo previsto dallo stesso dottorato, potrà acquisire, attraverso l'attività di ricerca, conoscenze avanzate sui seguenti temi:

rischio sismico;

progettazione di interventi di riduzione del rischio sismico, in particolare con isolamento sismico, controventi, esoscheletri;

modellazione e analisi non lineare;

normative e metodi probabilistici.

Il dottorando, inoltre, potrà ulteriormente migliorare la propria formazione attraverso attività di tutoraggio nell'ambito del corso di "analisi e riduzione del rischio sismico delle costruzioni", di cui è titolare il docente proponente del progetto.

Articoli scientifici del proponente attinenti al progetto:

Braga F., Faggella M., Gigliotti R., Laterza M. "Nonlinear dynamic response of HDRB or Hybrid HDRB-Friction Sliders base isolation systems". 2005, Bulletin of Earthquake Engineering, vol.3/2005-n.3, DOI: 10.1007/s10518-005-1242-2.

Braga F., Gigliotti R., Laterza M. "Analytical Stress-strain relationship for concrete confined by steel stirrups and/or FRP jackets". 2006, Journal of Structural Engineering ASCE – Vol. 132, No. 9, September 2006, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:9 (1402).

Braga F., Gigliotti R., Laterza M., D'Amato M., and Kunnath S. "Modified Steel Bar Model Incorporating Bond-Slip for Seismic Assessment of Concrete Structures". 2012, Journal of Structural Engineering, Vol. 138, No. 11, pp. 1342–1350, DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000587

Braga F., Gigliotti R., Monti G., Morelli F., Nuti C., Salvatore W., Vanzi I. "Speedup of post earthquake community recovery: the case of precast industrial buildings after the Emilia 2012 earthquake". 2014, Bulletin of Earthquake Engineering, 12 (5), pp. 2405-2418. 2014, DOI: 10.1007/s10518-014-9583-3.

Braga F., Gigliotti R., Monti G., Morelli F., Nuti C., Salvatore W., Vanzi I. "Post-seismic assessment of existing constructions: evaluation of the shakemaps for identifying exclusion zones in Emilia". 2015, Earthquakes and Structures, 8(1), 37-56, "Techno-Press Po Box 33, Yuseong, Daejeon 305-600, South Korea", DOI:

10.12989/eas.2015.8.1.037

Mohammad A. F., Faggella M., Gigliotti R., Spacone E. "Seismic performance of older R/C frame structures accounting for infills-induced shear failure of columns". 2016, *Engineering Structures*, 122, pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.05.010

Laterza M., D'Amato M., Gigliotti R. "Modeling of gravity-designed RC sub-assemblages subjected to lateral loads". 2017, *Engineering Structures*, 130, pp. 242-260. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.10.044

Laterza M., D'Amato M., Braga F., Gigliotti R. "Extension to rectangular section of an analytical model for concrete confined by steel stirrups and/or FRP jackets". 2017, *Composite Structures*, 176, pp. 910-922. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.06.025

Morelli F., Laguardia R., Faggella M., Piscini A., Gigliotti R., Salvatore W. "Ground motions and scaling techniques for 3D performance based seismic assessment of an industrial steel structure". 2018, *Bulletin of Earthquake Engineering*, Volume 16, Issue 3, 1 March 2018, Pages 1179-1208. DOI: 10.1007/s10518-017-0244-1

Caprili S., Mattei F., Gigliotti R., Salvatore W. "Modified cyclic steel law including bond-slip for analysis of RC structures with plain bars". 2018, *Earthquake and Structures*, 14 (3), pp. 187-201. DOI: 10.12989/eas.2018.14.3.187

Mohammad A. F., Faggella M., Gigliotti R., Spacone E. "Effects of bond-slip and masonry infills interaction on seismic performance of older R/C frame structures". 2018, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* Volume 109, June 2018, Pages 251-265, DOI: 10.1016/j.soildyn.2018.02.027

Romano F., Faggella M., Gigliotti R., Zucconi M., Ferracuti B. "Comparative seismic loss analysis of an existing non-ductile RC building based on element fragility functions proposals". 2018, *Engineering Structures* Volume 177, 15 December 2018, Pages 707-723, DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.08.005

Braga F., Gigliotti R., Laguardia R. "Intervention cost optimization of bracing systems with multiperformance criteria". 2019, *Engineering Structures* Volume 182, 1 March 2019, Pages 185-197, DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.12.034

Laguardia R., Morrone C., Faggella M., Gigliotti R. "A simplified method to predict torsional effects on asymmetric seismic isolated buildings under bi-directional earthquake components". 2019, *Bulletin of Earthquake Engineering*. Volume 17, Issue 11, 1 November 2019, Pages 6331-6356. DOI: 10.1007/s10518-019-00686-1.

D'Amato M., Laguardia R., Gigliotti R., "Seismic retrofit of an existing RC building with isolation devices applied at base". 2020, *Frontiers in Built Environment*, Open Access, Volume 6, July 2020, Article number 82, Pages 1-16, DOI: 10.3389/fbuil.2020.00082.

D'Amato M., Laguardia R., Di Trocchio G., Coltellacci M., Gigliotti R. "Seismic Risk Assessment for Masonry Buildings Typologies from L'Aquila 2009 Earthquake Damage Data". 2020, *Journal of Earthquake Engineering*, (Articolo in stampa) DOI: 10.1080/13632469.2020.1835750

Titolo del progetto (inglese): Seismic risk reduction of existing buildings: urban regeneration and land consumption reduction

Progetto di ricerca (inglese):

Research purpose

The research project aims to define a multi-performance methodology for the reduction of the seismic risk of existing buildings, in line with the new generation international standards. The project is aimed, in particular, at buildings in urban areas, mainly with a reinforced concrete structure. These buildings represent a substantial part of the Italian cities building heritage and are largely built in the absence of seismic regulations. For these reasons, tax incentive tools have been introduced in recent years in order to encourage interventions to reduce the seismic vulnerability of existing buildings. These tax incentive tools have also been introduced for energy efficiency interventions, thus aiming at urban regeneration in terms of building quality and sustainability.

Acting on the reduction of seismic risk involves the reduction of expected losses over time, quantifiable in terms of repair / reconstruction costs. The urgency to intervene on existing buildings is also dictated by reasons of sustainability, as the poor quality of these buildings often becomes a justification for the construction of new neighborhoods, even in the absence of population growth or urbanization phenomena.

Therefore, the reduction of expected losses, the reduction of investment breakeven times, the consideration of

environmental costs among the losses and intervention costs, the reduction of land consumption, associated with the issue of safety, constitute the "green character" of the project.

In the face of a growing awareness of the environment and land consumption issues, the currently available technical-regulatory tools are not adequate to accompany the process in a sustainable manner.

Annex A to Ministerial Decree 65/2017 Sismabonus entitled "Guidelines for the classification of buildings seismic risk" goes in this direction. However, there is a lack of operational tools that can balance investments, also conceived with a view to economic recovery, with their environmental and economic sustainability. To this end, a regulatory adaptation will also be necessary, which incorporates the most advanced trends in terms of seismic risk and which at the same time favors interventions by simplifying the design aspects.

#### Contents of the project

The research project will follow two main lines: the first will consist in the critical collection of intervention techniques, identifying their strengths, defects, limits of applicability and achievable results in terms of structural improvement; the second will aim at identifying probabilistic classes for the selection of interventions with the aim of creating a selective path parameterized for maximizing the benefit-cost ratio.

For the purposes of the project, the results obtained through different methods of analysis and modeling criteria and the empirical risk assessments on a macroseismic basis will be compared.

In particular, we intend to study the possibility of adopting empirical fragility curves, in particular for interventions capable of reducing demand, such as seismic isolation, bracing or exoskeletons, to define simplified design strategies, so as to reduce invasiveness and time of materials and construction details investigation. The uncertainties in the pre and post intervention seismic risk assessment will be compared between the results achievable with simplified probabilistic approaches and those achievable with traditional methods of investigation and analysis.

The project will develop through the performance of part of the activities at Proge.77 srl, an engineering company with great experience in the field of designing new buildings and in the design of interventions on existing buildings. The technical director of Proge.77, prof. eng. Franco Braga, is a member of the Superior Council of Public Works and has been a professor of Construction in the seismic area at Sapienza. The selected company therefore has the characteristics necessary to increase the engineering sensitivity of the PhD student and to combine practical experience with the aims and theoretical contents of the research project.

#### Specific training of the doctoral student

In this way, the aim is to train a professional figure of a high scientific level, who can be used in a field that increasingly represents the future of engineering to respond to a growing demand for safety and sustainability.

Therefore, the doctorate will be able to have high-level professional opportunities in the field of risk management and design or opportunities in the academic field, due to the wide possibility of developing advanced methodologies of great interest in the scientific community.

The doctoral student, in addition to the knowledge that he will acquire as part of the training course provided for by the same doctorate, will be able to acquire, through the research activity, advanced knowledge on the following topics: seismic risk;

design of seismic risk reduction interventions, in particular with seismic isolation, bracing, exoskeletons;

non-linear modeling and analysis;

normative and probabilistic methods.

The PhD student will also be able to further improve their training through tutoring activities as part of the course of "analysis and reduction of buildings seismic risk", owned by the teacher proposing the project.

#### Scientific articles of the proposer relevant to the project:

Braga F., Faggella M., Gigliotti R., Laterza M. "Nonlinear dynamic response of HDRB or Hybrid HDRB-Friction Sliders base isolation systems". 2005, Bulletin of Earthquake Engineering, vol.3/2005-n.3, DOI: 10.1007/s10518-005-1242-2.

Braga F., Gigliotti R., Laterza M. "Analytical Stress-strain relationship for concrete confined by steel stirrups and/or

FRP jackets". 2006, Journal of Structural Engineering ASCE – Vol. 132, No. 9, September 2006, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2006)132:9 (1402).

Braga F., Gigliotti R., Laterza M., D'Amato M., and Kunnath S. "Modified Steel Bar Model Incorporating Bond-Slip for Seismic Assessment of Concrete Structures". 2012, Journal of Structural Engineering, Vol. 138, No. 11, pp. 1342–1350, DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000587

Braga F., Gigliotti R., Monti G., Morelli F., Nuti C., Salvatore W., Vanzi I. "Speedup of post earthquake community recovery: the case of precast industrial buildings after the Emilia 2012 earthquake". 2014, Bulletin of Earthquake Engineering, 12 (5), pp. 2405-2418. 2014, DOI: 10.1007/s10518-014-9583-3.

Braga F., Gigliotti R., Monti G., Morelli F., Nuti C., Salvatore W., Vanzi I. "Post-seismic assessment of existing constructions: evaluation of the shakemaps for identifying exclusion zones in Emilia". 2015, Earthquakes and Structures, 8(1), 37-56, "Techno-Press Po Box 33, Yuseong, Daejeon 305-600, South Korea", DOI: 10.12989/eas.2015.8.1.037

Mohammad A. F., Faggella M., Gigliotti R., Spacone E. "Seismic performance of older R/C frame structures accounting for infills-induced shear failure of columns". 2016, Engineering Structures, 122, pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.05.010

Laterza M., D'Amato M., Gigliotti R. "Modeling of gravity-designed RC sub-assemblages subjected to lateral loads". 2017, Engineering Structures, 130, pp. 242-260. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.10.044

Laterza M., D'Amato M., Braga F., Gigliotti R. "Extension to rectangular section of an analytical model for concrete confined by steel stirrups and/or FRP jackets". 2017, Composite Structures, 176, pp. 910-922. DOI: 10.1016/j.compstruct.2017.06.025

Morelli F., Laguardia R., Faggella M., Piscini A., Gigliotti R., Salvatore W. "Ground motions and scaling techniques for 3D performance based seismic assessment of an industrial steel structure". 2018, Bulletin of Earthquake Engineering, Volume 16, Issue 3, 1 March 2018, Pages 1179-1208. DOI: 10.1007/s10518-017-0244-1

Caprili S., Mattei F., Gigliotti R., Salvatore W. "Modified cyclic steel law including bond-slip for analysis of RC structures with plain bars". 2018, Earthquake and Structures, 14 (3), pp. 187-201. DOI: 10.12989/eas.2018.14.3.187

Mohammad A. F., Faggella M., Gigliotti R., Spacone E. "Effects of bond-slip and masonry infills interaction on seismic performance of older R/C frame structures". 2018, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Volume 109, June 2018, Pages 251-265, DOI: 10.1016/j.soildyn.2018.02.027

Romano F., Faggella M., Gigliotti R., Zucconi M., Ferracuti B. "Comparative seismic loss analysis of an existing non-ductile RC building based on element fragility functions proposals". 2018, Engineering Structures Volume 177, 15 December 2018, Pages 707-723, DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.08.005

Braga F., Gigliotti R., Laguardia R. "Intervention cost optimization of bracing systems with multiperformance criteria". 2019, Engineering Structures Volume 182, 1 March 2019, Pages 185-197, DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.12.034

Laguardia R., Morrone C., Faggella M., Gigliotti R. "A simplified method to predict torsional effects on asymmetric seismic isolated buildings under bi-directional earthquake components". 2019, Bulletin of Earthquake Engineering. Volume 17, Issue 11, 1 November 2019, Pages 6331-6356. DOI: 10.1007/s10518-019-00686-1.

D'Amato M., Laguardia R., Gigliotti R., "Seismic retrofit of an existing RC building with isolation devices applied at base". 2020, Frontiers in Built Environment, Open Access, Volume 6, July 2020, Article number 82, Pages 1-16, DOI: 10.3389/fbuil.2020.00082.

D'Amato M., Laguardia R., Di Trocchio G., Coltellacci M., Gigliotti R. "Seismic Risk Assessment for Masonry Buildings Typologies from L'Aquila 2009 Earthquake Damage Data". 2020, Journal of Earthquake Engineering, (Articolo in stampa) DOI: 10.1080/13632469.2020.1835750