



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

Titolo del progetto: Sistemi strutturali integrati per la riduzione del rischio sismico e l'efficientamento energetico degli edifici

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: 9

Azienda: Cimolai S.p.A. – sede legale: viale Pasteur, 49 – 00144 Roma; sede operativa: Corso Lino Zanussi, 26 – 33080 Porcia (PN)

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:

Il progetto mira allo sviluppo di sistemi integrati per la riduzione del rischio sismico e l'efficientamento energetico degli edifici, ad esempio attraverso esoscheletri, con o senza elementi di dissipazione, e facciate ad alta efficienza energetica. Il tema è di grande attualità e perfettamente in linea con i recenti strumenti di incentivazione fiscale volti alla rigenerazione urbana, che perseguono prioritariamente la riduzione della vulnerabilità sismica delle costruzioni (Sismabonus) e l'efficientamento energetico degli edifici (Ecobonus).

Le caratteristiche "green" del progetto sono legate, oltre che al tema dell'efficientamento energetico, anche al tema stesso della sicurezza. Ridurre il rischio sismico, infatti, comporta la riduzione dei danni attesi e, basando la strategia di intervento su analisi benefici-costi, anche la riduzione dell'impatto ambientale.

Il materiale prescelto per i sistemi strutturali sarà prevalentemente l'acciaio, materiale che consente di realizzare soluzioni strutturali flessibili e adattabili a diverse situazioni, e assicura, tanto più in prospettiva grazie all'aggiornamento dei sistemi produttivi, le caratteristiche "green" del progetto. L'acciaio, infatti, è il materiale più riciclabile e riciclato al mondo. Tutti i prodotti in acciaio o che contengono una parte preponderante di tale sostanza, infatti, al termine del loro ciclo di vita possono essere integralmente riutilizzati, per un numero infinito di volte, senza perdere le loro intrinseche proprietà. Per tali caratteristiche, che ne mettono in luce l'elevato grado di compatibilità ambientale, l'acciaio può essere considerato a tutti gli effetti un prodotto "verde".

Inoltre, grazie ai molteplici e crescenti investimenti nei forni elettrici - alimentati esclusivamente con materiale riciclato, ossia con il rottame -, la produzione di acciaio "verde" sta progressivamente aumentando, a livello mondiale, rispetto a quella tradizionale da altoforno. Questa riciclabilità "perenne" dell'acciaio rappresenta una delle migliori prerogative e garanzie ambientali fornite dal settore siderurgico, e contribuisce a connotare la produzione di acciaio come uno dei cicli industriali più vicini all'economia "circolare" e in linea con i requisiti di uno "sviluppo sostenibile".

Va considerato, in aggiunta, che la rigenerazione urbana, conseguibile attraverso l'innalzamento delle prestazioni strutturali, energetiche e funzionali delle costruzioni, consentirà anche di ridurre il consumo di suolo legato alla realizzazione di nuove costruzioni, spesso giustificata proprio da esigenze di qualità e sicurezza.

Il progetto sarà sviluppato in collaborazione con la Cimolai s.p.a., azienda leader a livello mondiale nel campo delle carpenterie metalliche, con la quale è già in corso un'attività congiunta di ricerca nell'ambito del progetto MIRRAAL, interamente finanziato dal Ministero della Difesa, per la realizzazione di sistemi modulari innovativi ad alta sostenibilità

energetica (programma "Caserme verdi").

La collaborazione attualmente in corso, che unisce gli aspetti teorici e di ricerca a quelli legati all'innovazione e alla produzione, integrati da un ampio programma sperimentale in diversi laboratori universitari, costituisce la base necessaria per lo sviluppo di nuovi progetti dagli obiettivi condivisi, quale quello oggetto della proposta.

Il progetto di ricerca mira, in particolare, all'individuazione di soluzioni strutturali, poco invasive, per la riduzione della vulnerabilità sismica degli edifici. Tali soluzioni, alternative alla tecnica consolidata dell'isolamento sismico, mireranno ad un progressivo innalzamento delle prestazioni, così che possano essere utilizzabili nell'ambito di analisi benefici-costi.

Il progetto di ricerca, infatti, prevede anche lo sviluppo di approcci progettuali innovativi su base probabilistica, secondo i più moderni orientamenti dell'ingegneria, e in particolare dell'ingegneria antisismica, in base ai quali non vengono fissate a priori le prestazioni, che derivano invece da analisi benefici-costi, le quali includono necessariamente anche i costi ambientali (sia legati agli interventi e alla produzione sia legati alle perdite e conseguenti ricostruzioni, parziali o totali). Secondo tali approcci, i sistemi innovativi accoppiati di riduzione del rischio sismico ed efficientamento energetico, consentiranno di realizzare la transizione ecologica riducendo in maniera significativa il tempo di pareggio degli investimenti.

Pertanto, le soluzioni strutturali da sviluppare dovranno essere coerenti con tale impostazione concettuale e compatibili con le soluzioni più avanzate in tema di efficientamento energetico e con diverse soluzioni architettonico-funzionali per l'innalzamento della qualità edilizia e la rigenerazione urbana.

Il progetto prevede un'attività svolta in azienda, che consentirà al dottorando di approfondire le proprie conoscenze nel campo delle costruzioni in acciaio, dei sistemi produttivi più avanzati, della progettazione avanzata di sistemi strutturali in acciaio.

La collaborazione con l'azienda potrà avvenire in fasi diverse del dottorato e, oltre a costituire una base formativa, si integrerà con lo sviluppo dell'attività di ricerca.

Si prevedono anche attività sperimentali, da svolgersi sia direttamente in azienda sia presso il laboratorio universitario della Sapienza. Si studieranno, in particolare, sistemi e unioni dissipative, con lo scopo di minimizzare i costi, l'invasività dell'intervento, i tempi di realizzazione, i quantitativi di materiale utilizzati. Le sperimentazioni verranno eseguite su singole componenti o sottoinsiemi strutturali con prove statiche e dinamiche su modelli in scala. Verranno eseguite analisi numeriche per la caratterizzazione di elementi ed unioni, anche in collaborazione con il centro ricerche della Cimolai. Si studierà la risposta sismica d'insieme su alcuni casi studio, attraverso analisi TH non lineari, al fine di costruire curve di fragilità ed eseguire analisi di rischio sismico pre e post-intervento.

Articoli scientifici del proponente attinenti al progetto:

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

Faggella M., Laguardia R., Gigliotti R., Morelli F., Braga F., Salvatore W. "Performance-based nonlinear response history analysis framework for the "PROINDUSTRY" project case studies". 2016, ECCOMAS Congress 2016 - Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 3, pp. 5912-5925.

Titolo del progetto (inglese): Integrated structural systems for the reduction of seismic risk and energy efficiency of buildings

Progetto di ricerca (inglese):

The project aims at the development of integrated systems for the reduction of seismic risk and the energy efficiency of buildings, for example through exoskeletons, with or without dissipation elements, and high energy efficiency

facades. The topic is of great interest and perfectly consistent with the recent fiscal incentive tools aimed at urban regeneration, which primarily pursue the reduction of the buildings seismic vulnerability (Sismabonus) and the buildings energy efficiency (Ecobonus).

The "green" features of the project are linked not only to the issue of energy efficiency, but also to the issue of safety itself. Reducing the seismic risk, in fact, involves reducing the expected damage and, basing the intervention strategy on a benefit-cost analysis, also reducing the environmental impact.

The material chosen for the structural systems will mainly be steel, a material that allows for the creation of flexible structural solutions that are adaptable to different situations, and ensures, all the more in perspective thanks to the updating of production systems, the "green" characteristics of the project. In fact, steel is the most recyclable and recycled material in the world. All steel products or products that contain a preponderant part of this substance, in fact, at the end of their life cycle can be completely reused, for an infinite number of times, without losing their intrinsic properties. For these characteristics, which highlight the high degree of environmental compatibility, steel can be considered to all intents and purposes a "green" product.

Furthermore, thanks to the multiple and growing investments in electric ovens - powered exclusively with recycled material, i.e. with scrap -, the "green" steel production is progressively increasing, worldwide, compared to the traditional blast furnace. This "perennial" recyclability of steel represents one of the best environmental prerogatives and guarantees provided by the steel sector, and helps to characterize steel production as one of the industrial cycles closest to the "circular" economy and in line with the requirements of a "Sustainable Development".

In addition, it should be considered that urban regeneration, achievable by increasing the structural, energy and functional performance of buildings, will also make it possible to reduce land consumption linked to the construction of new buildings, often justified precisely by quality and safety requirements.

The project will be developed in collaboration with Cimolai spa, a world-leading company in the field of metal structural work, with which a joint research activity is already underway as part of the MIRRAAL project, entirely funded by the Ministry of Defense, for the creation of innovative modular systems with high energy sustainability ("Green barracks" program).

The collaboration currently underway, which combines theoretical and research aspects with those related to innovation and production, integrated by an extensive experimental program in various university laboratories, constitutes the necessary basis for the development of new projects with shared objectives, such as the subject of the proposal.

The research project aims, in particular, at identifying non-invasive structural solutions for reducing the seismic vulnerability of buildings. These solutions, alternatives to the consolidated seismic isolation technique, will aim at a progressive increase in performance, so that they can be used in the context of benefit-cost analysis.

The research project, in fact, also provides for the development of innovative design approaches on a probabilistic basis, according to the most modern guidelines of engineering, and in particular of anti-seismic engineering, on the basis of which the performances, which derive instead from benefit-cost analyzes, which necessarily also include environmental costs (both related to interventions and production and related to losses and consequent partial or total reconstructions). According to these approaches, the coupled innovative systems of seismic risk reduction and energy efficiency will make it possible to achieve the ecological transition by significantly reducing the break-even time of investments.

Therefore, the structural solutions to be developed must be consistent with this conceptual approach and compatible with the most advanced solutions in terms of energy efficiency and with different architectural-functional solutions for raising building quality and urban regeneration.

The project involves an activity carried out in the company, which will allow the graduate student to deepen their knowledge in the field of steel constructions, the most advanced production systems, the advanced design of structural steel systems.

Collaboration with the company may take place at different stages of the doctorate and, in addition to providing a training basis, it will integrate with the development of the research activity.

Experimental activities are also envisaged, to be carried out both directly in the company and at the Sapienza

university laboratory. In particular, dissipative systems and unions will be studied, with the aim of minimizing costs, the invasiveness of the intervention, construction times, quantities of material. The experiments will be performed on single components or structural subsets with static and dynamic tests on scale models.

Numerical analyzes will be performed for the characterization of elements and unions, also in collaboration with the Cimolai research center. The overall seismic response will be studied on some case studies, through non-linear TH analyses, in order to construct fragility curves and to perform seismic risk analyses without and with interventions.

Scientific articles of the proposer relevant to the project:

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

Faggella M., Laguardia R., Gigliotti R., Morelli F., Braga F., Salvatore W. "Performance-based nonlinear response history analysis framework for the "PROINDUSTRY" project case studies". 2016, ECCOMAS Congress 2016 - Proceedings of the 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 3, pp. 5912-5925.