



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

Titolo del progetto: Studio e validazione di un innovativo sistema di mitigazione del rischio sismico per costruzioni civili

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:

INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA

Responsabile scientifico: Walter Lacarbonara

Area per la quale si presenta la richiesta: INNOVAZIONE

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso University of Southern California, Viterbi School of Engineering

Azienda: RINA Consulting, Via di Castel Romano, 100, 00128 Roma

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 5000

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

Progetto di ricerca:

Il progetto di ricerca oggetto del percorso di dottorato proposto ha i suoi presupposti in un brevetto Sapienza (Multi-performance hysteretic rheological device (2014), inventori: W. Lacarbonara, B. Carboni), RM2015A000075 (20.2.2015), PCT/IT/2016/000043 (22.2.2016), WO2016132394A3 (12.1.2017), EP20160722955, US20180245655, China/Hong Kong) che riguarda un innovativo dispositivo di protezione sismica di strutture di diversa tipologia, sia esistenti che di nuova costruzione, sia su scala infrastrutturale (ponti, insediamenti produttivi) che su scala edilizia diffusa (costruzioni, edifici pubblici, ospedali etc.) [1,2]. Il dispositivo è stato realizzato su scala di laboratorio in una forma puramente dimostrativa mostrando elevate capacità di controllo e adattabilità a diversi scenari [3]. Successivi studi hanno avvalorato l'efficacia e l'applicabilità per il controllo strutturale nei confronti delle azioni sismiche [4,5]. Nel marzo 2021 è stato finanziato un progetto di realizzazione di un proof-of-concept (POC) più avanzato da parte del MISE che è attualmente in fase di sviluppo. L'attuale livello di maturità tecnologica è intermedio tra TRL 3 e TRL 4 in quanto il dispositivo già realizzato ha dimostrato in laboratorio le sue capacità di controllo. Il progetto POC di valorizzazione consentirà il raggiungimento di un livello intermedio tra TRL 5 e TRL 6 dimostrando la fattibilità e l'efficacia del dispositivo per una struttura in scala ridotta rappresentativa delle caratteristiche dinamiche, meccaniche e architettoniche di un edificio reale. La possibilità di focalizzare le attività di un dottorando sull'avanzamento della maturità tecnologica del dispositivo faciliterebbe il raggiungimento di un TRL 7/8, garantendo allo stesso tempo una formazione altamente specializzata per lo studente facilmente spendibile nell'ambito industriale dell'innovazione tecnologica. Sarà oggetto del percorso di dottorato lo studio dei materiali e dei processi di manufacturing per la realizzazione di un prototipo contestualizzato agli ambiti applicativi che verranno scelti come riferimento. In una prima fase si prevede la progettazione del nuovo prototipo di dispositivo, delle funi su cui sia basata il suo funzionamento e della struttura nella quale esso dovrà essere installato. Una seconda fase sarà finalizzata alla produzione del prototipo e alla sua caratterizzazione statica e dinamica attraverso prove sperimentali su tavola vibrante ed utilizzando l'MTS 510. Lo studente parteciperà a tutta la fase di validazione tecnologica mediante l'implementazione di una opportuna campagna di prove in laboratorio. Nello specifico il sistema struttura-dispositivo verrà testato su tavola vibrante sotto forzanti rappresentative di eventi sismici.

L'ultimo step sarà quello di fornire le indicazioni per la realizzazione del dispositivo per i diversi scenari applicativi e la formulazione dei criteri e delle procedure di certificazione. Il dottorando trascorrerà un periodo di 6 mesi presso la University of Southern California (USA) sotto la supervisione del Prof. Sami Masri, esperto nel campo del controllo

strutturale applicato alle infrastrutture civili. Altri 6 mesi saranno trascorsi nella sede italiana del gruppo RINA che rappresenta il giusto partner industriale per condurre il progetto. Il dottorando eventualmente selezionato avrà la possibilità di sfruttare l'esperienza del partner nel settore della Certificazione dei prodotti. Uno dei core business del gruppo è quello di fornire servizi dedicati e su misura per prodotti ad alto contenuto tecnologico ed innovativo.

Il progetto proposto rientra nelle missioni del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) "Innovazione e competitività" e "Istruzione e Ricerca", nonché nell'obiettivo "Sicurezza per i sistemi sociali" contenuto nel Piano Nazionale per la Ricerca (PNR) 2021-2027. L'apporto tecnologico dell'attività di ricerca sviluppo contribuirebbe attuazione del programma per: (i) migliorare l'efficienza e la sicurezza del patrimonio edilizio pubblico, con interventi riguardanti in particolare scuole e cittadelle giudiziarie; ii) l'adeguamento antisismico del patrimonio immobiliare privato e per l'edilizia sociale.

[1] Lacarbonara, W., & Carboni, B. (2015). Multi-performance hysteretic rheological device. Sapienza pending patent N. PCT/IT2016/000043.

[2] Lacarbonara, W., & Carboni, B. (2020). U.S. Patent No. 10,591,014. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[3] Carboni, B., & Lacarbonara, W. (2016). Nonlinear vibration absorber with pinched hysteresis: theory and experiments. *Journal of Engineering Mechanics*, 142(5), 04016023.

[4] Boccamazzo, A., Carboni, B., Quaranta, G., & Lacarbonara, W. (2020). Seismic effectiveness of hysteretic tuned mass dampers for inelastic structures. *Engineering Structures*, 216, 110591.

Titolo del progetto (inglese): Study and validation of an innovative seismic risk mitigation system for buildings

Progetto di ricerca (inglese):

The research project object of the proposed PhD course has its prerequisites in a Sapienza patent (Multi-performance hysteretic rheological device (2014), inventors: W. Lacarbonara, B. Carboni), RM2015A000075 (20.2.2015), PCT / IT / 2016/000043 (22.2.2016), WO2016132394A3 (12.1.2017), EP20160722955, US20180245655, China / Hong Kong) which concerns an innovative seismic protection device for different types of structures, both existing and newly built, both on a infrastructural scale (bridges, productive settlements) and on a widespread building scale (constructions, public buildings, hospitals, etc.) [1,2]. The device was realized in a reduced scale in a purely demonstrative form showing control capacity and adaptability to different scenarios [3]. Subsequent studies have confirmed the effectiveness and applicability for structural control against seismic loadings [4,5].

In March 2021, a more advanced proof-of-concept (POC) project was funded by MISE which is currently under development. The current level of technological maturity of the patent is intermediate between TRL 3 and TRL 4 considering that the tested device has demonstrated its control capabilities in laboratory environment. The POC enhancement project will allow the achievement of an intermediate level between TRL 5 and TRL 6, demonstrating the feasibility and effectiveness of the device for a reduced-scale structure representative of the dynamic, mechanical, and architectural features of a real building. The possibility to focus the activities of a PhD student on the advancement of the technological readiness of the device would facilitate the achievement of a TRL level equal to 7/8, ensuring at the same time a highly specialized training for the PhD student that can be easily spent in the industrial field of the technological innovation. The study of materials and manufacturing processes for the creation of a prototype contextualized to the application areas that will be chosen as a reference will be the subject of the PhD program. In a first phase, the design of the new device prototype, of the wire ropes on which its operation is based and of the structure in which it will be installed is foreseen. A second phase will be aimed at the production of the prototype and to the static and dynamic characterization through experimental tests using a vibrating table and the MTS 510.

The student will participate to the process of technological validation through the implementation of an appropriate test campaign in laboratory. Specifically, the structure-device system will be tested on a vibrating table under excitations representative of seismic events.

The last step will consist in providing the standards and requirements for the application of the device in several scenarios as well as the definition of the criteria for the certification procedures. The PhD student will spend a period of 6 months at the University of Southern California (USA) under the supervision of Prof. Sami Masri, expert in the field of structural control applied to civil infrastructures. Another 6 months will be spent in the Italian headquarters of the RINA group which represents the right industrial partner to lead the project. The eventually selected PhD student will have the opportunity to exploit the partner's experience in the sector of products certification. One of the RINA group's core businesses is to provide dedicated and bespoke services for products with a high technological and innovative content.

The proposed project is in agreement with the missions of the National Recovery and Resilience Plan (PNRR) "Innovation and competitiveness" and "Education and Research", as well as with the objective "Security for social systems" contained in the National Research Plan (PNR) 2021-2027. The technological contribution of the research and development activity would be part of the actions for the implementation of the program targeted to: (i) improve the efficiency and safety of the public heritage building, with interventions concerning schools and judicial districts; ii) the anti-seismic adaptation of private buildings and social housing.

[1] Lacarbonara, W., & Carboni, B. (2015). Multi-performance hysteretic rheological device. Sapienza pending patent N. PCT/IT2016/000043.

[2] Lacarbonara, W., & Carboni, B. (2020). U.S. Patent No. 10,591,014. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[3] Carboni, B., & Lacarbonara, W. (2016). Nonlinear vibration absorber with pinched hysteresis: theory and experiments. *Journal of Engineering Mechanics*, 142(5), 04016023.

[4] Boccamazzo, A., Carboni, B., Quaranta, G., & Lacarbonara, W. (2020). Seismic effectiveness of hysteretic tuned mass dampers for inelastic structures. *Engineering Structures*, 216, 110591.