

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

Titolo del progetto: La gestione delle infrastrutture autostradali al fine del prolungamento della loro vita residua

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

INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA

Responsabile scientifico: Prof. Davide Bernardini

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Azienda: MT Ricci Srl Viale Luigi

Schiavonetti, 282 – Pal. D, 00173 Roma; sede legale: Via

- Giacomo Leopardi 1, Milano

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:

Quali elementi principali delle infrastrutture viarie, ponti e viadotti sono considerati opere di primaria importanza per la vita economica e sociale di un paese, in quanto assicurano la connessione e i movimenti di persone e merci. La loro realizzazione è connessa alla necessità di superare un ostacolo, sia esso naturale o artificiale, per assicurare la continuità di una via di comunicazione. La morfologia eterogenea della penisola italiana, caratterizzata da due grandi catene montuose, Alpi e Appennini, la rende il Paese con il sistema infrastrutturale tra i più complessi e cospicui in Europa. Basti pensare che lungo i circa 3000 km di rete gestita da Autostrade per l'Italia, si contano 1943 ponti e viadotti. La maggior parte di tali opere sono state progettate e costruite con tecniche e normative risalenti a più di 50 anni fa, che prevedevano (implicitamente) una valutazione della vita normale di progetto e dei carichi da traffico inferiori rispetto a quelli attuali. Si tratta quindi di ponti e viadotti che hanno superato la loro vita utile. Oltre a ciò, bisogna considerare che trattasi di opere che dalla loro messa in esercizio sono state soggette a un deterioramento, dovuto all'invecchiamento naturale dei materiali, alla natura e all'intensità dei carichi da traffico mutati negli anni, ai fattori ambientali e agli eventi eccezionali (come terremoti, urti, etc.). Tutto ciò può comportare una riduzione della sicurezza e della funzionalità delle opere, con conseguenti disagi e rischi per gli utenti.

Per preservare le reti infrastrutturali e controllarne lo stato di fatto risulta necessario intervenire tempestivamente attraverso un sistema di gestione dei ponti, che richiede la raccolta delle informazioni sulle caratteristiche salienti dell'opera, la definizione di un programma di ispezione e valutazione dei danni, una pianificazione degli interventi di riparazione e manutenzione a breve e lungo termine e una valutazione corretta dei costi. Il ciclo di vita di un ponte, infatti, può essere suddiviso in: fase di pianificazione e progettazione, fase di costruzione e fase di servizio/manutenzione. In termini di costi, la fase di pianificazione e progettazione rappresenta il 4-6%, la fase di costruzione il 4-6% e la fase di servizio/manutenzione l'88-92% (Chen, 2017).

Miyamoto et al. (2001) hanno sviluppato un sistema di gestione dei ponti autostradali in calcestruzzo danneggiati, che oltre a valutare le prestazioni dei ponti sulla base delle ispezioni visive, offre, attraverso le curve di deterioramento delle prestazioni del ponte, una strategia di manutenzione che minimizza i costi e massimizza la qualità dell'intervento. Wakchaure e Jha (2012), invece, ricorrono all'uso di indici per decidere la priorità degli interventi di manutenzione, che prendono in considerazione lo stato di conservazione dei vari componenti dell'opera analizzata. Chen (2017) valuta più genericamente le condizioni della struttura esistente tramite il suo grado di deterioramento,

l'estensione del danneggiamento, l'importanza del ponte e l'urgenza della riparazione.

In generale, gli studi presenti in letteratura in merito alla gestione delle opere infrastrutturali sottolineano l'importanza delle ispezioni, per comprendere meglio lo stato di salute del ponte o viadotto. Le ispezioni visive rappresentano infatti un primo e fondamentale passo per la rilevazione dello stato di conservazione delle opere infrastrutturali. Esse possono essere accompagnate da prove distruttive e non distruttive (prelievo di campioni per prove meccaniche, prove ultrasoniche, prove georadar, misure di umidità, etc.), eseguite a intervalli periodici, allo scopo di rilevare l'insorgenza di eventuali difetti (ispezioni ordinarie), o compiute a seguito di eventi eccezionali, quali alluvioni o sismi, che possano aver inficiato la stabilità dell'opera. Tipicamente, le prove sono eseguite quando le ispezioni abbiano rilevato delle criticità che richiedono una più attenta indagine (ispezioni straordinarie). Dagli esiti delle ispezioni scaturiscono una serie di giudizi e la definizione delle eventuali operazioni atte a garantire la sicurezza degli utenti e la conservazione dei manufatti, consentendo un'ottimizzazione dei costi di manutenzione. Lo scopo della manutenzione è, infatti, quello di identificare e correggere i difetti in anticipo, per ridurre ed evitare danni più gravi in futuro. Ritardi nelle operazioni di manutenzione possono comportare un aumento dei costi e maggiori disagi per gli utenti, in quanto potrebbero essere necessari interventi di riparazione e messa in sicurezza tali da comportare interruzioni prolungate del servizio.

Nell'ambito del presente progetto di ricerca si analizzeranno i protocolli presenti in Italia per quanto riguarda la gestione delle infrastrutture autostradali, approfondendo sia le tematiche tecniche delineate dalle recenti normative (Linee Guida, 2020), sia quelle di maggiore interesse scientifico, come la correlazione tra stati di danneggiamento rilevati e stima della vita residua. Il partner industriale individuato per il progetto è Diamonds Srl, uno Spin-off della "Sapienza", che lavora già da molti anni con successo sul tema della diagnostica e del monitoraggio di ponti e viadotti. Tra i benefici degli studi vi sono anche risvolti marcatamente "green", legati da una parte alla possibilità di gestire un'opera prolungandone la sua vita residua, anziché intervenire massicciamente con demolizioni e ricostruzioni, e dall'altra alla ricerca di protocolli di monitoraggio mirati, che tendano a ridurre la frequenza delle ispezioni e delle prove sulle opere.

#### Bibliografia

Ayaho Miyamoto, Kei Kawamura, Hideaki Nakamura (2001). Development of a bridge management system for existing bridges. *Advances in Engineering Software* 32(10-11), 821-833.

Tung-Tsan Chen (2017). Factors in bridge failure, inspection, and maintenance. *Journal of Performance of Constructed Facilities* 31(5), 04017070.

Sanjay Wakchaure, Kumar Jha (2012). Determination of bridge health index using analytical hierarchy process. *Construction Management and Economics* 30(2), 133-149.

Linee Guida (2020). Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti. DM Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/12/2020.

Titolo del progetto (inglese): The management of highway infrastructures in order to extend their residual life

Progetto di ricerca (inglese):

As the main elements of road infrastructures, bridges and viaducts are considered structures of primary importance for the economic and social life of a country: they ensure connection and movement of people and goods. Their realization is connected to the need to overcome an obstacle, be it natural or artificial, to ensure the continuity of a communication route. The heterogeneous morphology of the Italian peninsula, characterized by two large mountain ranges, the Alps and the Apennines, makes Italy the country with one of the most complex and conspicuous infrastructural systems in Europe. Indeed, along the approximately 3000 km of network managed by "Autostrade per l'Italia", there are 1943 bridges and viaducts. Most of these structures were designed and built with techniques and regulations dating back more than 50 years ago, which provided (implicitly) an evaluation of the nominal life of the project and of the traffic loads lower than the current ones. There are therefore many bridges and viaducts that have

exceeded their service life. In addition to this, these structures have been subject over the time to deterioration, due to: the natural aging of the materials, the nature and intensity of the traffic loads (increased over the years), as well as environmental factors and exceptional events (such as earthquakes, impacts, etc.). This deterioration of the mechanical properties can lead to a reduction in the safety and functionality of the structures, consequently increasing inconveniences and risks for the customers.

To preserve the infrastructural networks and check their state of the art, it is necessary to promptly check the bridge or viaduct status through a management system. It requires the collection of information on the salient properties of the structure, the definition of an inspection and damage assessment programs, the scheduling of short-term and long-term repair and maintenance plans, a relevant proper cost-risk evaluation. The life cycle of a bridge, in fact, can be divided into: planning and design phase, construction phase and service/maintenance phase. In terms of costs, the planning and design phase represents 4-6%, the construction phase 4-6% and the service/maintenance phase 88-92% (Chen, 2017).

Miyamoto et al. (2001) developed a management system for damaged concrete highway bridges, where - in addition to the evaluation of the performance of bridges on the basis of visual inspections - there are deterioration curves of the bridge performance, thus allowing a maintenance strategy that minimizes costs and maximizes the effectiveness of the interventions. Wakchaure and Jha (2012), on the other hand, starting from the state of conservation of the various components of the analysed structure, resort to the use of indices to decide the priority of maintenance interventions. Chen (2017) more generally assesses the conditions of the existing structure through its degree of deterioration, the extent of damage, the importance of the bridge and the urgency of repair.

In general, the studies available in the technical literature on the management of infrastructures underline the importance of inspections, to better understand the state of health of the bridge or viaduct. In fact, visual inspections represent a first and fundamental step for detecting the state of conservation of infrastructures and structures. They can be accompanied by destructive and non-destructive tests (sampling for mechanical tests, ultrasonic tests, georadar tests, humidity measurements, etc.), carried out at periodic intervals, in order to detect the onset of any defects (ordinary inspections), or carried out following exceptional events, such as floods or earthquakes, which may have affected the stability of the structure. Typically, the tests are performed when the inspections have revealed critical issues that require a more careful investigation (extraordinary inspections). The results of the inspections give rise to a series of judgments and the definition of the operations flow required to ensure the safety of users and the conservation of the structure. If the flow is correct, maintenance costs are reduced and optimized. The purpose of maintenance is, in fact, to identify and correct defects in advance, as well as to reduce and avoid more serious damage in the future. On the contrary, delays in maintenance operations can lead to an increase in costs, and greater inconvenience for users (since repairs may be require prolonged interruptions of the service).

Within this framework, this research project will analyse the protocols present in Italy about the management of highway infrastructures, deepening both the technical issues outlined by recent regulations (Italian guidelines, 2020), and those of greater scientific interest, such as the correlations between the states of damage detected in a structure and the estimation of its residual life. The industrial partner identified for the project is Diamonds Srl, a spin-off of "Sapienza", which has been successfully working for many years on the issue of diagnostics and monitoring of bridges and viaducts. Among the goals of the research project, there are some markedly "green" implications, linked on the one hand to the possibility of managing a structure and extending its residual life, rather than massively proceed with demolitions and reconstructions, and on the other one to investigations for targeted monitoring protocols, able to reduce the frequency of inspections and tests on structures.

## REFERENCES

- Ayaho Miyamoto, Kei Kawamura, Hideaki Nakamura (2001). Development of a bridge management system for existing bridges. *Advances in Engineering Software* 32(10-11), 821-833.
- Tung-Tsan Chen (2017). Factors in bridge failure, inspection, and maintenance. *Journal of Performance of Constructed Facilities* 31(5), 04017070.
- Sanjay Wakchaure, Kumar Jha (2012). Determination of bridge health index using analytical hierarchy process.

Construction Management and Economics 30(2), 133-149.

Italian guidelines (2020). Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti (Guidelines for the risk classification, the management, the safety assessment and the monitoring of existing bridges, in Italian). DM Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/12/2020.