ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE EDILIZIA E COSTRUZIONI

# Monitoraggio di ponti e infrastrutture tramite misura distribuita di deformazioni con fibre ottiche

La metodologia sviluppata consente il monitoraggio continuo di ponti, viadotti e infrastrutture critiche mediante sensori in fibra ottica per la misura delle deformazioni. L'approccio permette di acquisire informazioni lungo elementi strutturali estesi, superando i limiti dei sistemi puntuali tradizionali e fornendo dati utili alla valutazione dello stato dell'opera, all'identificazione precoce di anomalie e alla manutenzione predittiva. La soluzione è stata sperimentata nell'ambito del progetto DIGI-BRIDGE sia in laboratorio sia su infrastrutture reali.

***"Misure distribuite per individuare anomalie anche dove non le aspetti"***

| | |
|---|---|
| **Laboratorio** | CIRI EDILIZIA E COSTRUZIONI |
| **Area di specializzazione** | Digitale, Edilizia e Costruzioni |
| **Referenti** | Nicola Buratti |
| **Keyword** | Ponti, Monitoraggio strutturale, Misure distribuite, Fibre ottiche |

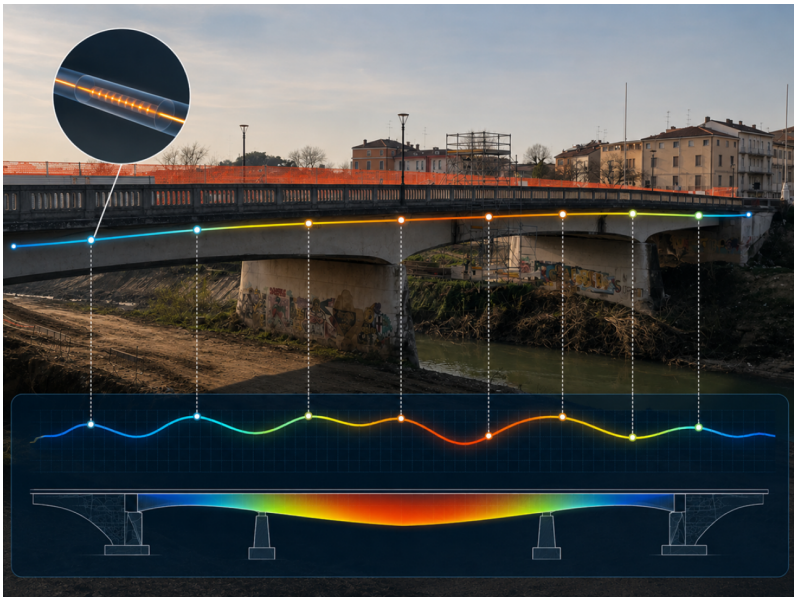


*Fig. 1: Monitoraggio delle deformazioni lungo una trave in CA durante prova di laboratorio*

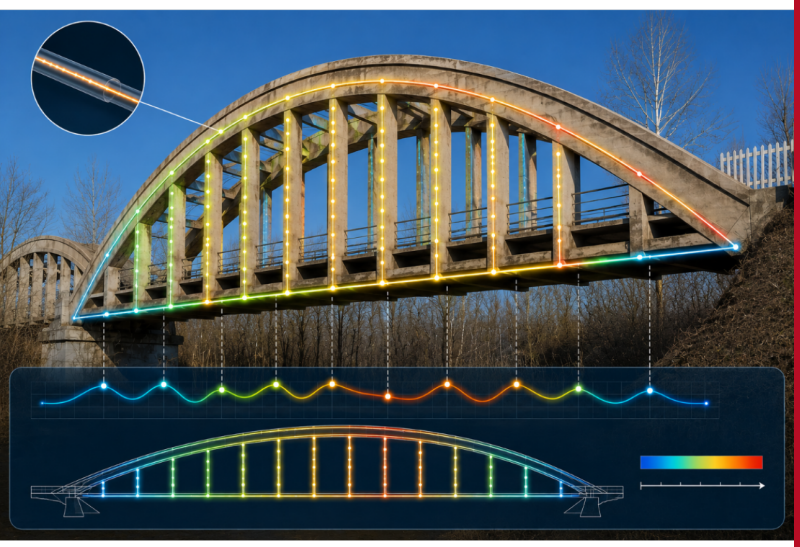


*Fig. 2: Esempio di installazione su ponte ferroviario*

## Descrizione

Il monitoraggio strutturale di ponti e viadotti richiede strumenti in grado di fornire informazioni affidabili e continue sull'evoluzione del comportamento delle opere nel tempo.
La tecnologia proposta impiega sensori in fibra ottica per la misura delle deformazioni, con particolare attenzione alle tecniche di misura distribuita o diffusa. Rispetto ai sensori puntuali tradizionali, le fibre ottiche consentono di acquisire informazioni lungo porzioni estese dell'elemento monitorato, migliorando la capacità di individuare variazioni localizzate della risposta strutturale, come la formazione di nuove fessure in elementi in calcestruzzo armato.
Nel progetto DIGI-BRIDGE, la tecnologia è stata applicata a due ponti esistenti in Emilia-Romagna: un ponte stradale in calcestruzzo armato a tre campate, con trave tampone nella campata centrale, e un ponte ferroviario in calcestruzzo armato ad arco a via inferiore. Le applicazioni hanno permesso di verificarne l'impiego in condizioni operative reali, valutando installazione, qualità del segnale, capacità di rilevare deformazioni e integrazione dei dati nei processi di monitoraggio e manutenzione predittiva.
I dati acquisiti possono essere integrati con rilievi, diagnostica e altri sistemi di monitoraggio, contribuendo alla costruzione di modelli digitali aggiornabili e digital twin per valutare lo stato dell'opera e la vita utile residua.

## Aspetti innovativi

L'elemento innovativo principale è rappresentato dall'applicazione di misure distribuite di deformazione mediante fibre ottiche al monitoraggio di ponti esistenti in calcestruzzo armato, in condizioni operative reali. Rispetto ai sistemi tradizionali basati su sensori puntuali, la tecnologia consente di acquisire informazioni lungo porzioni estese dell'elemento strutturale, aumentando la capacità di individuare variazioni locali della risposta deformativa e possibili anomalie.
Le misure distribuite consentono inoltre di superare il limite della scelta preventiva di pochi punti di controllo, tipico della sensoristica tradizionale. La disponibilità di informazioni lungo lo sviluppo della fibra permette di cogliere fenomeni localizzati non necessariamente prevedibili in fase di progetto del sistema di monitoraggio, migliorando l'affidabilità del controllo strutturale.
Infine, la trasferibilità della soluzione verso altri ambiti infrastrutturali, come il monitoraggio di fondazioni o gallerie, conferma il potenziale industriale della tecnologia e apre nuove opportunità per servizi avanzati di monitoraggio strutturale e manutenzione predittiva.

## Applicazioni

Monitoraggio strutturale di **ponti e viadotti**, in particolare quando sia necessario controllare l'evoluzione delle deformazioni lungo elementi estesi quali travi, impalcati, archi, etc. L'impiego di fibre ottiche consente di ottenere informazioni distribuite lungo la struttura, risultando utile sia per campagne di monitoraggio temporanee sia per sistemi permanenti o semi-permanenti.
La soluzione è inoltre trasferibile ad altre **infrastrutture critiche**, quali gallerie, muri di sostegno, opere idrauliche, strutture industriali, fondazioni speciali e infrastrutture per la produzione di energia.

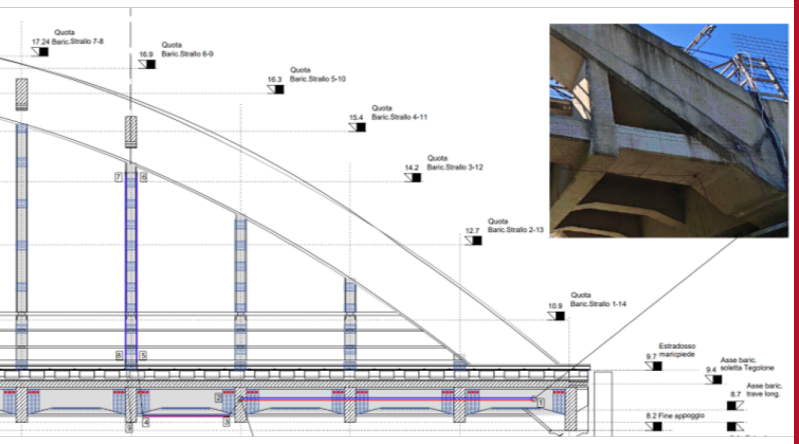


*Fig. 3: Monitoraggio di ponte ferroviario*

## Esempio di applicazione

**Nel progetto DIGI-BRIDGE la tecnologia è stata applicata a un ponte ferroviario esistente in calcestruzzo armato ad arco a via inferiore. Le fibre ottiche consentono di misurare deformazioni distribuite lungo gli elementi strutturali, individuare variazioni localizzate e integrare i dati con rilievi, diagnostica e modelli numerici per supportare la valutazione dello stato dell'opera e la manutenzione predittiva.**

La tecnologia è stata applicata a un ponte ferroviario esistente in calcestruzzo armato ad arco a via inferiore, individuato come caso studio del progetto DIGI-BRIDGE. L'applicazione ha previsto l'impiego di fibre ottiche per la misura distribuita delle deformazioni lungo elementi strutturali significativi, con l'obiettivo di verificare la capacità del sistema di descrivere la risposta dell'opera in condizioni operative reali.
Il monitoraggio distribuito consente di superare i limiti dei sensori puntuali tradizionali, fornendo informazioni lungo lo sviluppo degli elementi monitorati e permettendo di individuare variazioni localizzate del comportamento deformativo. In particolare, la tecnologia consente di rilevare concentrazioni locali di deformazione associate all'apertura di nuove fessure in elementi in calcestruzzo, anche quando non presenti al momento dell'installazione.
I risultati ottenuti confermano la possibilità di utilizzare le fibre ottiche come tecnologia abilitante per il monitoraggio di infrastrutture esistenti. I dati acquisiti possono essere integrati con rilievi geometrici, indagini diagnostiche e modelli numerici, contribuendo alla costruzione di digital twin e alla manutenzione predittiva basata su dati oggettivi.

| | |
|---|---|
| **Partner coinvolti** | Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale (CIRI) - Edilizia e Costruzioni, Università di Bologna<br>FER - Ferrovie Emilia Romagna |
| **Tempi di realizzazione** | 1 mese |
| **Livello di maturità tecnologica** | TRL 8 - sistema completo e validato |
| **Valorizzazione applicazione** | L'applicazione ha già prodotto un trasferimento tecnologico concreto verso il sistema delle imprese. Le competenze e le soluzioni sviluppate sulle misure distribuite di deformazione con fibre ottiche sono state valorizzate in applicazioni industriali e sperimentali realizzate in collaborazione tra CIRI-Ediliza e Costruzioni e aziende quali Builti, CMB e MAPEI. |

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE EDILIZIA E COSTRUZIONI

# CIRI EDILIZIA E COSTRUZIONI

**Centro di ricerca industriale di edilizia e costruzioni**



Il Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale Edilizia e Costruzioni dell'Università di Bologna fornisce una risposta alla domanda di integrazione tra le istanze del mondo dell'impresa, della produzione e della ricerca, fornendo il supporto scientifico e tecnico per promuovere l'innovazione nel settore dell'edilizia e delle costruzioni.
Le competenze vanno dalla sicurezza strutturale e sismica, all'efficienza energetica, alle prestazioni acustiche, alla durabilità e sostenibilità dei materiali e delle tecnologie, alla valutazione dell'impatto di opere civili e idrauliche sul costruito esistente e sui beni culturali.
L'esperienza acquisita e la riconosciuta competenza su tutti gli aspetti della filiera dell'edilizia e delle costruzioni sono messe a disposizione di soggetti privati e pubblici per lo sviluppo di soluzioni tecniche innovative, l'ideazione e lo svolgimento di progetti nazionali e internazionali, convenzioni di ricerca ad alta innovazione e certificazioni di prodotti innovativi secondo linee guida.

| | |
|---|---|
| **Sito web** | http://www.edilizia-costruzioni.unibo.it |
| **Direttore** | Marco Savoia |
| **Data pubblicazione** | 28/05/2026 |