

Diagnosi di ponti ferroviari mediante l'analisi dinamica durante il passaggio dei convogli.

Responsabile/i di progetto:

Valente Claudio

Abstract

FINALITA'

Finalità del progetto è la valutazione numerico/sperimentale del comportamento dinamico di travi da ponte ferroviario in calcestruzzo armato (c.a.) soggette a degrado. Rispetto ad altre soluzioni di attraversamento (ponti stradali, pedonali, ecc.), i ponti ferroviari presentano specificità che impongono uno studio dedicato: entità delle masse in transito (convogli) e permanenti (ballast, arredi di linea), velocità di transito, limitata deformabilità (per la percorribilità), significativi contributi non strutturali, elevate interazioni treno-struttura, assi di carico fissi (binari). I fenomeni di degrado sono dovuti a processi chimici dell'acciaio (corrosione) e del calcestruzzo (reazione alcali-aggregato).

ATTIVITA'

Il lavoro è suddiviso in 3 attività: (1) sperimentazione, (2) identificazione e (3) modellazione. Ogni attività prevede un numero di attività elementari autonome e circoscritte, ciascuna associata ad un risultato ben individuabile. L'attività 1 riguarda la prova in campo dinamico di travi secondo schemi tipici di degrado, di vincolo e di sollecitazione riscontrabili nei ponti ferroviari. L'attività 2 consiste nell'impiego di tecniche di identificazione avanzate per la valutazione delle proprietà dinamiche da dati output-only. L'attività 3 riguarda lo la messa a punto di modelli di trave degradata.

ATTIVITÀ 1: Sperimentazione

Consiste nell'esecuzione di prove dinamiche su travi in c.a. degradate per corrosione e reazione alcali-aggregato (aar). Le prove saranno tali da simulare le vibrazioni nelle travi prodotte dal passaggio dei convogli ferroviari. Le travi saranno conformate in modo tale da avere caratteristiche dinamiche coerenti con quelle riscontrabili in sito, con particolare riguardo al campo di frequenza di vibrazione, alle condizioni di vincolo e di carico. L'unità di Bologna contribuirà mediante la realizzazione di un dispositivo cinematico di simulazione del carico ferroviario.

1.A Progettazione delle prove. La progettazione delle prove servirà ad individuare il migliore dimensionamento della trave campione non solo in quanto caratteristiche dinamiche, ma anche di resistenza a fessurazione ed ultima in modo da conferire livelli di danno realistici per condizioni di servizio ed ultime. Le travi saranno di dimensioni ridotte, ma non necessariamente in scala. Particolare attenzione sarà posta alla composizione del calcestruzzo e alla gabbia di armatura da cui dipendono rispettivamente gli effetti della reazione aar e il degrado per corrosione. Il degrado naturale è un fenomeno a lenta e progressiva variazione che evolve su scala temporale incompatibile con le esigenze di prova è necessario dunque ricorrere al conferimento del degrado artificiale e accelerato che dovrà essere studiato in modo da non introdurre variazioni artificiali dello stato meccanico della trave.

1B. Costruzione campioni e conferimento degrado/danno. Saranno realizzate 9 travi di cui 3 tenute di riserva da impiegare in sostituzione di travi in cui il conferimento del degrado sia risultato difettoso. Delle 6 travi da provare 3 saranno degradate per corrosione e 3 per aar. Di ogni caso verrà considerato 1 livello di danno compatibile con il degrado osservato in sito. Non si considereranno casi di accoppiamento di danno. Il degrado per corrosione sarà conferito per immersione in bagno salino e passaggio di corrente. Non verranno aggiunti acceleranti di corrosione per non alterare le caratteristiche fisico-meccaniche del c.a.. Il degrado per aar sarà conferito ricorrendo ad inerti reattivi e bagno caldo.

1.C Esecuzione delle prove. Le prove di vibrazione verranno condotte in regimi di deformazione compatibili con l'esercizio e comunque tali da non modificarne significativamente lo stato. Saranno condotte prove di vibrazione libera (nella dinamica sono presenti solo contributi strutturali) e prove di simulazione di masse in transito (nella dinamica è presente l'interazione carrello-trave). Verrà eseguito il controllo di stabilità del

degrado durante le prove. Si prevede di condurre un numero di prove significativo a definire la dispersione dei risultati ad uso delle attività dell'unità di RomaTre. Tutte le prove sulle travi saranno tali da interessare la deformabilità trasversale. Le prove saranno così articolate: verranno inizialmente provate tutte le 6 travi in stato integro, quindi le travi verranno degradate secondo i livelli stabiliti, infine le 6 travi saranno di nuovo provate in stato degradato. Le misure in accelerazione saranno raccolte indipendentemente anche dall'unità di Bologna che seguirà le indicazioni dell'unità di Trieste sulla posizione dei punti di misura.

ATTIVITÀ 2: Identificazione

L'obiettivo principale di questa attività è la determinazione delle proprietà dinamiche delle travi e delle loro variazioni in funzione del danneggiamento propedeutico all'impiego delle tecniche di fem up-dating sviluppate dalle unità di Bologna e di Roma Tre. Le tecniche saranno messe a punto sui risultati numerici (attività 3) e sperimentali (attività 1) ed applicate alle registrazioni in sito rese disponibili dalle unità di Torino e di Roma Tre.

2.A Identificazione delle proprietà dinamiche. Sebbene i livelli di sollecitazione e di danno siano compatibili con le condizioni di esercizio del ponte, non è noto a priori quando sia possibile trascurare eventuali non linearità indotte dal degrado/danno senza compromettere i risultati. L'identificazione si compone quindi di due fasi logiche: verifica della presenza di non linearità significative e identificazione dei parametri (quasi)modali. Lo studio verrà condotto impiegando tecniche tempo-frequenza che consentono di analizzare il segnale nella sua interezza indipendentemente dalla sua stazionarietà. Condizioni stazionarie e non stazionarie sono infatti entrambe presenti nei segnali da elaborare sia a seguito della posizione relativa treno-impalcato (treno in arrivo, treno in entrata, treno sull'impalcato, treno in uscita, treno uscito) sia a seguito del tipo di vibrazioni (libere e forzate), sia a seguito dell'eventuale degrado presente. Saranno considerate e scelte le tecniche che meglio si adattano all'individuazione dei contributi in bassa frequenza, al trattamento di dati variabili rapidamente, ma in modo continuo (velocità convoglio in transito), alla separazione di contributi modalali addensati a coppie (caso tipico degli impalcati a graticcio), all'analisi di dati output only (in vista delle applicazioni in sito). Si prevede di sviluppare ulteriormente i metodi proposti dalla presente UR basati su filtri modalali adattativi e mappature nello spazio complesso per l'analisi delle variazioni in frequenza e del contenuto energetico associato. I risultati saranno messi a disposizione delle unità di Bologna e di Roma Tre per le analisi di fem up-dating.

2.B Identificazione del degrado. Il degrado viene identificato per comparazione tra stati (dinamici) differenti. Variazione nulla equivale ad assenza di danno. I risultati di questa attività devono essere considerati propedeutici alla fase di 'fem up-dating', condotta dalle unità di Bologna e Roma Tre, in modo da rendere efficiente ed efficace la sua applicazione. Si prevede l'impiego di indicatori di letteratura senza particolare ulteriore sviluppo. Gli indicatori saranno impiegati per definire i livelli di identificabilità del degrado.

ATTIVITÀ 3: Modellazione

Questa attività riguarda la formulazione di modelli di trave con degrado. Tali modelli saranno impiegati per la progettazione delle prove e per l'interpretazione dei risultati e saranno di aiuto nell'individuare i campi in cui la risposta strutturale può essere ritenuta quasi-lineare.

3.A Modelli locali. I modelli locali saranno tali da descrivere la meccanica del processo deformativo flessionale di sezioni di trave. I modelli dovranno essere in grado di riprodurre il comportamento ciclico per isteresi dei materiali degradati. I modelli saranno di tipo stazionario associati alla risposta stabile del materiale. I parametri dei modelli saranno calibrati con i risultati delle prove sperimentali dinamiche e statiche a rottura. Si prevede un significativo sviluppo in questa direzione anche in considerazione della novità dell'argomento.

3.B Modello di trave. Il modello di trave sarà piano a parametri concentrati e in grado di simulare il comportamento delle travi soggette a prova (attività 1). Il comportamento sezionale sarà descritto dai modelli locali sviluppati in 3.A. Non si prevede sviluppo significativo in questa direzione atteso che il modello di trave dovrà essere impiegato per la generazione di dati pseudo-sperimentali necessari al progetto delle prove e alla messa a punto delle tecniche di identificazione.

INTERAZIONI CON ALTRE UNITA' DI RICERCA (UR)

Attività 1.A. Collaborazione con unità di Bologna per la progettazione delle prove.

Attività 1.C. Disposizioni ottimizzate sensori da unità di Trieste. Misure dinamiche in laboratorio in collaborazione con l'unità di Bologna. Registrazioni dinamiche trasmesse all'unità di Torino per l'identificazione con tecniche alternative.

Attività 2.A. Verranno condotte le identificazioni su dati raccolti in sito dalle unità di Torino e Roma Tre. Verranno forniti alle unità di Bologna e di Roma Tre i risultati delle identificazioni in sito e in laboratorio. Gli stessi risultati saranno forniti all'unità di Trieste per le verifiche delle strategie di posizionamento ottimo dei sensori.

Attività 2.B. Verranno fornite alle unità di Bologna e di Roma Tre indicazioni sull'entità e distribuzione del degrado.

REPORTING.

Un rapporto a semestre sullo stato di avanzamento lavori. Un rapporto finale di sintesi.

TEMPI DI REALIZZAZIONE E VERIFICA DEI RISULTATI.

Lo sviluppo del lavoro è fortemente condizionato dalla durata di conferimento del degrado artificiale. Il tempo di inizio degrado sarà sfalsato per le varie travi in modo da verificare al passo i risultati raggiunti e correggere eventuali difetti di procedimento (si conservano 3 travi allo scopo). In questo modo si rendono disponibili i primi risultati all'inizio del secondo semestre di attività per mettere a punto le tecniche di analisi preventivamente verificate sui dati numerici. La fine delle prove è prevista entro il 18esimo mese in tempo per le elaborazioni successive.

PRODOTTI DELLA RICERCA.

1. Metodologia per l'identificazione delle proprietà dinamiche di travi degradate
2. Modelli numerici di travi con degrado
3. Modelli fisici di travi con degrado
4. Risultati prove di laboratorio

RISULTATI CONSEGUIBILI CON FONDI PROPRI.

Le prove dinamiche sulle travi con degrado costituiscono l'elemento caratterizzante del progetto. Questa attività non può essere condotta senza il finanziamento richiesto. L'intera articolazione del progetto deve quindi essere rivista. Verrà cancellata l'attività 1. Si darà corso all'attività 3.B (modello di trave per generazione di risultati pseudo-sperimentali) e a parte dell'attività 2.A (identificazione dei risultati di 3.B).

Diagramma GANTT delle attività

Classificazione MIUR Scientifico-Disciplinare

08 - Ingegneria Civile e Architettura

Scienza delle Costruzioni

Strade, Ferrovie ed Aeroporti

Tecnica delle Costruzioni

Classificazione MIUR Scientifico-Disciplinare

09 - Ingegneria Industriale e dell'Informazione

MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

MISURE MECCANICHE E TERMICHE

Classificazione WIPO-IPC

PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING
RAILWAYS

Classificazione WIPO-IPC

PHYSICS
MEASURING (counting G06M); TESTING
SIGNALLING (indicating or display devices per se G09F; transmission of pictures H04N) [C9504]

Tipologia del progetto di ricerca: Modello B