



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007 prot. 2007Z5NH8L

1. Area Scientifico Disciplinare principale	09: Ingegneria industriale e dell'informazione
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	GARIBALDI Luigi
- Università	Politecnico di TORINO
- Facoltà	Facoltà di INGEGNERIA
- Dipartimento/Istituto	Dip. MECCANICA
3. Titolo del programma di ricerca	Diagnosi di ponti ferroviari mediante l'analisi dinamica durante il passaggio dei convogli.
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	ING-IND/13
5. Costo originale del Programma:	266.000 €
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	98.000 €
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	45.201 €
8. Finanziamento totale:	143.201 €
9. Durata:	24 mesi

10. Obiettivo della ricerca eseguita

Il programma di ricerca Railway BriViDi (Bridge Vibration Diagnostics) si è proposto di sviluppare una metodologia integrata per la valutazione dello stato di integrità strutturale di ponti ferroviari, al fine di garantirne l'uso in condizioni di sicurezza. Gli aspetti caratterizzanti della metodologia sviluppata sono:

- 1) applicabilità in condizioni di esercizio, cioè senza interruzione del traffico ferroviario;
- 2) possibilità di essere utilizzata per un'ampia tipologia di ponti e di condizioni di esercizio (alta velocità, trasporto passeggeri e merci);
- 3) utilizzazione di dati facilmente rilevabili mediante strumentazione industriale;
- 4) robustezza ed affidabilità della metodologia.

Gli scopi descritti sono stati raggiunti e, fattore premiante di questo progetto, sono scaturite nuove opportunità di ricerca, in particolare legate all'analisi dei sistemi a massa variabile e non-lineari, che si sono rivelati molto interessanti e estendibili a molti altri ambiti ingegneristici. Tale è il caso dei ponti percorsi da treni, ma anche dei ponti per autoveicoli o le passerelle pedonali (vedasi il caso famoso del millenium bridge), che richiedono metodologie di analisi molto particolari, sviluppate appunto nell'ambito del presente progetto
La sperimentazione condotta ha anche permesso di evidenziare i comportamenti non lineari delle travi in c.a.p. utilizzate per la sperimentazione.

Queste metodologie, e i relativi algoritmi, sono stati verificati sia su dati simulati che reali, ottenuti attraverso un numero consistente di test svolti su travi in c.a.p., opportunamente danneggiate durante le varie fasi del progetto, e testate poi in laboratorio tramite analisi dinamica con carichi variabili. E' stata condotta una vasta campagna di prove di laboratorio per produrre questi dati, realizzando dei carrelli a massa variabile lanciati lungo le travi stesse. I risultati sono stati di estremo interesse, ed hanno rappresentato l'oggetto di numerose pubblicazioni (documentate nell'allegato), nonché l'argomento di una sessione specifica ad essi dedicata nell'ambito della conferenza internazionale DAMAS 2011 a Oxford (UK); parte del materiale è stato anche utilizzato per la realizzazione di un sito web, ospitato dal Politecnico di Torino (www.brividi.polito), previsto dal progetto e realizzato per lo scambio e la diffusione della incredibile mole di file acquisiti in laboratorio, relativi a diverse tipologie di danno, differenti travi e varie modalità di eccitazione dinamica.

Per riassumere, le metodologie sviluppate e la sperimentazione condotta hanno permesso di raggiungere e, in qualche modo, superare gli obiettivi prefissati; è stato realizzato un metodo integrato per la diagnostica di strutture in c.a.p. che potrà essere esteso ad altri campi di applicazione. Sebbene la sperimentazione non si sia potuta realizzare su un vero ponte danneggiato per motivi di budget, i test condotti hanno dimostrato la grande capacità di indagine e identificazione delle tecniche proposte, nonché la loro validità per le applicazioni in ambito infrastrutturale.

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

Il progetto di ricerca BriViDi si è concluso con un grande successo, condiviso da tutti le Unità che hanno collaborato alla riuscita di questo ambizioso progetto. Durante il progetto si è riusciti, nonostante l'ingente taglio di fondi rispetto alla richiesta iniziale, a portare a buon fine tutte le attività previste (solo la sperimentazione sul ponte ferroviario reale ha subito una inevitabile riduzione) e ad innescare un processo positivo per ricerche future, specifiche nell'ambito delle diagnostica dei ponti.

La grande campagna di sperimentazione realizzata con il supporto di tutti e, in particolare grazie all'ospitalità dei laboratori dell'Unità di Chieti-Pescara, ha permesso di validare su dati reali le tecniche sviluppate. Da questa campagna di prove sono scaturiti nuovi interessi concernenti gli aspetti non lineari mostrati dalle travi danneggiate e non-danneggiate, oggetto dei test statici e dinamici. Solo una parte dell'enorme mole di dati, acquisiti simulando il passaggio del treno sul ponte per mezzo di carrelli mobili, ha potuto essere interamente analizzata. I risultati sono stati tuttavia sorprendentemente coerenti e molto interessanti; per questo motivo, e per dimostrare la validità delle tecniche originali sviluppate, sono stati oggetto di molte pubblicazioni su riviste e congressi internazionali; parte di queste sarà anche oggetto di una sessione speciale dedicata a questo progetto, nell'ambito del congresso DAMAS 2011, Oxford, UK. Prima del termine del progetto è stato anche organizzato un workshop a Pescara, durante il quale sono stati presentati alcuni dei risultati più singolari del progetto. Il sito web, appositamente costruito, ha fornito il supporto necessario per lo scambio di file e sarà mantenuto aggiornato per almeno due anni, grazie ai prossimi contributi scientifici.

Di seguito si fornisce un riassunto, inevitabilmente molto ridotto, delle attività svolte e di alcuni dei risultati ottenuti dalle varie Unità; l'attività svolta ha prodotto una tale quantità di report, foto, filmati, algoritmi, risultati e software che le poche righe qui riportate ne possono fornire solamente una pallida idea.

Unità di Torino (Polito)

Inizialmente l'attività è stata centrata sulla messa a punto degli algoritmi per l'analisi output-only, in parte già sviluppati, per l'identificazione di sistemi vibranti a parametri costanti nel tempo. Alcune analisi comparative hanno mostrato essere più efficiente e robusto degli altri l'algoritmo SSI (Stochastic Subspace Identification), termine ancora più ampio rispetto al metodo CVA citato nel progetto, che ne rappresenta comunque una sottoclasse.

Sono stati quindi approfonditi e sviluppati i temi inerenti il campo della non stazionarietà, che è il punto focale dell'identificazione dinamica per i sistemi time-varying, cioè a parametri modali variabili del tempo come i ponti ferroviari.

Per verificare l'affidabilità degli algoritmi sono state prima utilizzate delle simulazioni numeriche in Matlab, sostituite poi dalla sperimentazione su un sistema reale (laboratorio Polito), che riproduce la dinamica di un ponte, in scala 1:20 (Fig. 1).

La modellazione numerica è stata realizzata con una trave di Eulero-Bernoulli appoggiata-appoggiata, soggetta a carico viaggiante, in condizioni sane e danneggiate.

La sperimentazione svolta inizialmente sul ponte in scala 1:20 ha permesso di simulare il passaggio di vagoni con velocità e carichi variabili.



Figura 1. Ponte in scala 1:20 realizzato presso Polito

Tale sperimentazione ha consentito di ottenere dei dati reali del sistema time-variant, analizzati poi con un algoritmo di identificazione appositamente sviluppato, in grado di stimare i parametri modali variabili del sistema.

Questo algoritmo, primo prodotto notevole del presente progetto, è stato ribattezzato ST-SSI, dove ST significa "Short Time", in quanto permette una valutazione "istantanea" dei parametri modali del ponte, cioè permette di stimarne l'evoluzione durante il passaggio del treno.

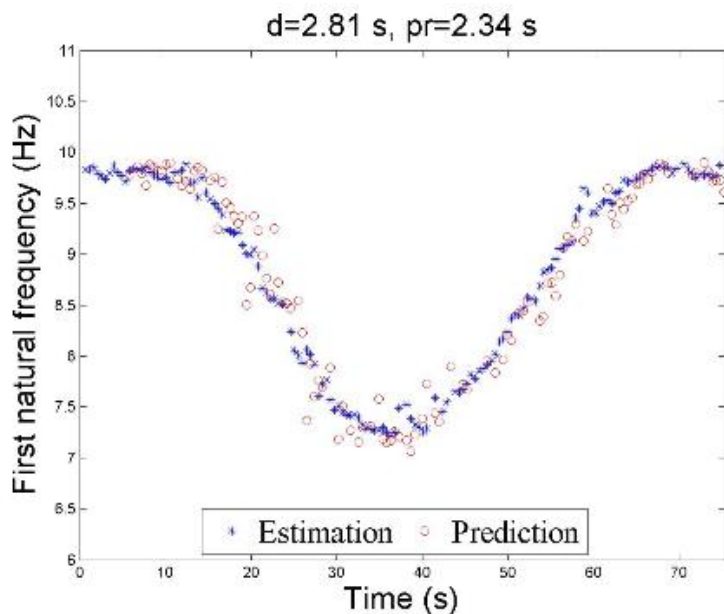


Figura 2. Evoluzione della prima frequenza propria durante il passaggio del vagone

Il metodo è descritto interamente su articoli pubblicati su riviste internazionali (MSSP etc...).

In figura 2, a titolo di esempio, è evidenziata l'evoluzione della prima frequenza propria del ponte, durante il passaggio del vagone sul ponte in scala realizzato presso Polito.

La stima "istantanea" dei parametri si è rivelata molto utile nel processo di identificazione del danno perché permette di conoscere il comportamento della struttura sollecitata da configurazioni di carico differenti; questo è un aspetto rilevante per i fini diagnostici, in quanto gli scostamenti di comportamento per i casi danneggiati si rivelano proprio attraverso le dissimmetrie dei parametri "istantanei" della struttura. Questo risultato rappresenta sicuramente un altro prodotto interessante maturato nell'ambito del progetto.

La logica e gli algoritmi matematici alla base della tecnica sono stati pubblicati in occasione di congressi internazionali (ICEDIN, Ericeira), e nell'ambito del corso europeo per dottorandi e giovani ricercatori "SICON" (Liège e Roma, Luglio e settembre 2009); le capacità di identificazione non-lineare di un'ulteriore versione del metodo SSI, denominata NL-SSI, hanno dato vigore a ulteriori sviluppi della metodologia descritta anche in articoli su riviste ISI internazionali (MSSP) e congressi (DAMAS).

Per l'identificazione del danneggiamento, inoltre, è stato sviluppato un algoritmo che sfrutta la tecnica PCA (Principal Component Analysis) e che permette di

confrontare dati non omogenei provenienti da strutture reali. L'algoritmo é in grado di depurare i termini di bias dalle misure (come il peso del convoglio) dai parametri estratti di interesse, in questo caso le frequenze proprie. Tutti i risultati degli approcci esposti rappresentano un notevole ulteriore salto in avanti per la precisione nel processo di identificazione del danneggiamento, e sono stati consolidati e verificati attraverso la sperimentazione sulle travi danneggiate di Chieti-Pescara.

Due esempi sono raffigurati in Figura 5 e 6, dove si notano chiaramente gli andamenti tempo-varianti delle frequenze. Il primo caso riguarda un transito "puro" (senza ulteriori eccitazioni), mentre il secondo riguarda un caso di transito di carrello con degli impulsi inferti alla trave prima e durante l'attraversamento del carrello.

Le linee arancioni indicano l'inizio e la fine dell'attraversamento, le righe nere indicano gli impulsi delle martellate.

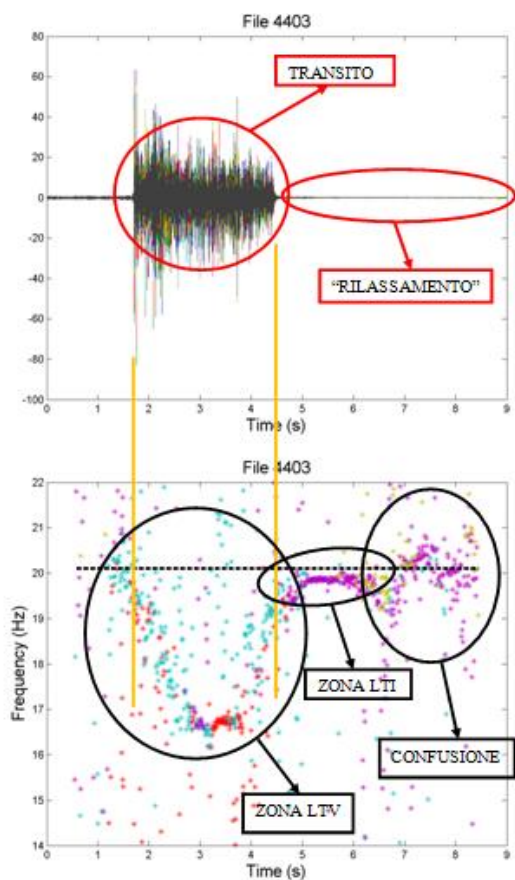


Figura 5. Esempio di transito del carrello sulla trave senza ulteriori impulsi

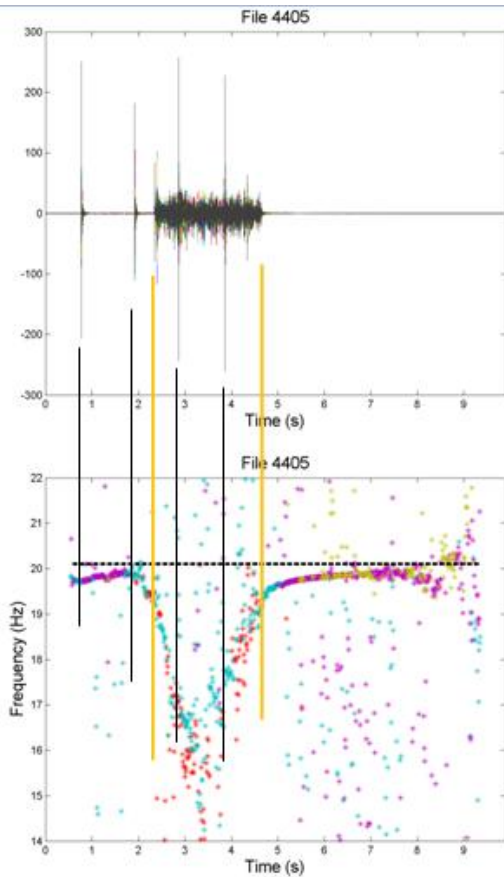


Figura 6. Esempio di transito del carrello sulla trave con impulsi sovrapposti

Nelle storie temporali si può notare come, prima dell'inizio del transito, la trave oggetto della misura (quella intermedia) risenta delle eccitazioni trasmesse dal passaggio del carrello sulla trave di lancio, mentre, una volta terminato il transito, il carrello è fermato manualmente e, da quel momento, il segnale residuo sul sistema è pressoché nullo.

Dopo il transito, la zona tempo-invariante ha un andamento comunque leggermente variabile, a causa dal comportamento non-lineare (in questo caso si tratta di non-linearità softening) del sistema. Dopo un certo limite, il segnale è talmente debole da non consentire più risultati dell'identificazione affidabili.

Una conferma della bontà del processo di identificazione è data dal fatto che il valore minimo toccato dalla frequenza naturale tempo-variante è molto vicino a quello teorico; infatti, considerato che la trave ha una massa di 55 kg, si ottiene una frequenza $f_1(LTV)$ di 15.90 Hz, per il primo modo della trave T4-4.

Per identificare la presenza del danneggiamento sulla trave sono state messe a punto le tecniche menzionate precedentemente, Principal Component Analysis e Novelty Index, che utilizzano il parametro della frequenza (la prima, in questo caso), identificato per diverse posizioni della massa mobile (il treno sul ponte).

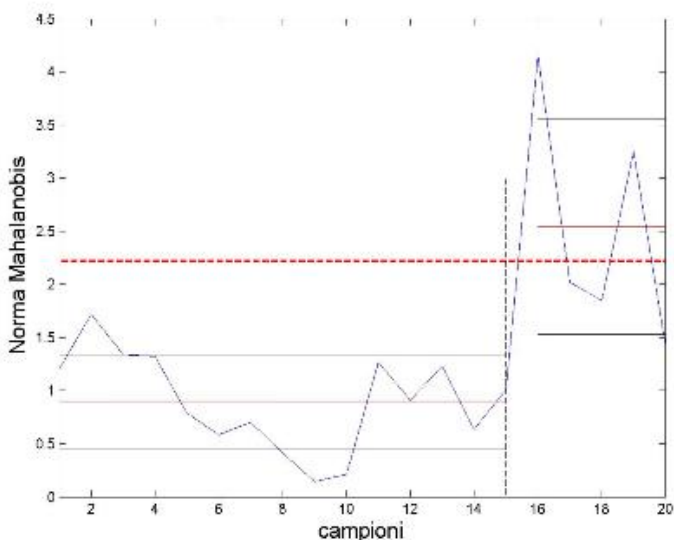


Figura 7. Novelty Index, clcolato con norma Mahalanobis, per i casi di trave non danneggiata (prima della linea tratteggiata) e danneggiata (dopo la linea)

I risultati sono visualizzati sotto forma di indice di novità (Novelty Index), un parametro calcolato con l'uso della norma Mahalanobis, e si possono considerare buoni. Nonostante qualche valore dei casi da identificare ecceda la soglia, si nota chiaramente che la media di questi è di molto superiore a quella relativa ai casi non-danneggiati e che i due insiemi sono ben distinguibili.

In conclusione, il metodo sviluppato, che aveva ottenuto già ottimi risultati nei casi numerici, conferma le sue doti anche in casi reali.

Unità di Chieti-Pescara

Le attività di ricerca sono state ottimizzate alle somme stanziare per il cofinanziamento. In accordo con le altre unità si è deciso di dare impulso prevalente alle attività sperimentali e di identificazione di base tralasciando approfondimenti su aspetti di modellazione. La ricerca si è pertanto articolata secondo un canale prettamente sperimentale ed un canale teorico-numerico.

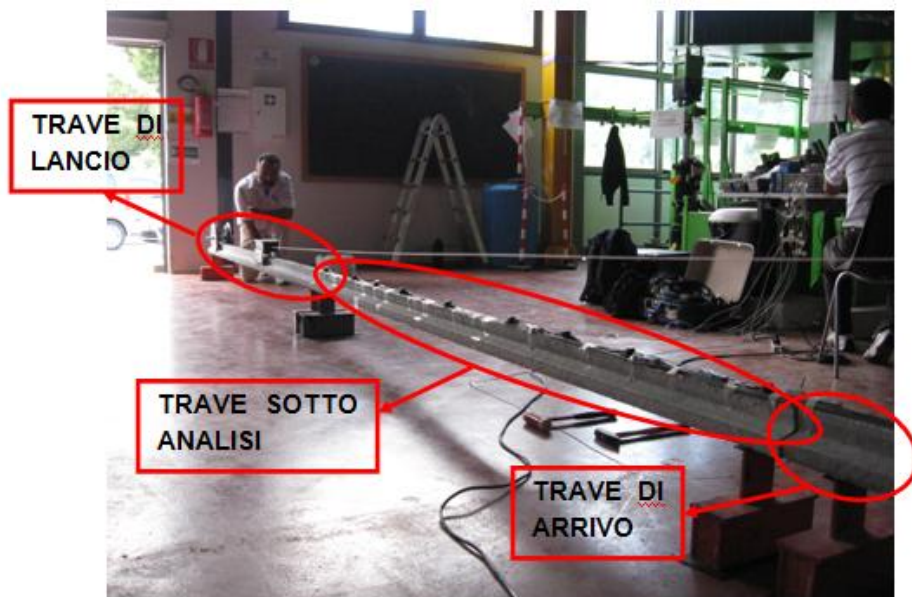


Figura 8. Un momento della sperimentazione dinamica svolta a Pescara

Le attività sperimentali sono consistite nella misura e nell'interpretazione della risposta dinamica di travi in configurazione tipica dei largamente impiegati schemi di ponte a graticcio (Figura 8).

La componente di novità della sperimentazione ha riguardato l'impiego di travi in c.a.p., il danneggiamento per degrado da corrosione e la valutazione delle incertezze sperimentali. Le registrazioni sono state elaborate per distribuire dati controllati alle altre unità di ricerca per le proprie attività relative all'identificazione non lineare e non stazionaria e di modellazione/aggiornamento di modelli con incertezza/degrado. Le registrazioni sono state anche analizzate in proprio allo scopo sia di determinare le fasce di identificabilità del danno in funzione delle incertezze sperimentali e degli errori di misura sia di costruire relazioni danno-corrosione a livello di materiale (acciaio) e di elemento (trave).

La parte teorico-numerica ha riguardato lo sviluppo e la messa a punto definitiva di un metodo di identificazione già parzialmente sviluppato dal responsabile della presente unità. Gli sviluppi originali sono consistiti nella formalizzazione definitiva del metodo, nella definizione dei campi di applicabilità e della stima degli errori, nell'uso in procedure di valutazione del danneggiamento tramite la proposizione di un originale indicatore di danno basato sulla componente immaginaria di modi complessi. Il metodo, denominato CPR, si fonda sulle proprietà della trasformata di Hilbert e consente, tramite opportuna sperimentazione, di pervenire alle proprietà modali del sistema. Nella seconda fase sono state messe a punto tutte le procedure sperimentali e ricondotta una sperimentazione sulla base delle osservazioni pervenute di volta in volta dalle altre unità. Contestualmente si è affinato il metodo di identificazione definendone la robustezza e la precisione tramite la stima degli errori.

Le attività di ricerca si sono venute a sviluppare secondo due fasi successive sostanzialmente coincidenti con ciascuno dei due anni di durata del progetto. Nella prima fase sono state impostate le attività sperimentali in modo da produrre rapidamente dati da distribuire alle altre unità assieme ad uno sviluppo preliminare del metodo di identificazione. Nella seconda fase sono state messe a punto tutte le procedure sperimentali e ricondotta una sperimentazione sulla base delle osservazioni pervenute di volta in volta dalle altre unità. Contestualmente si è affinato il metodo di identificazione definendone la robustezza e la precisione tramite la stima degli errori.

La verifica finale è stata condotta attraverso un workshop tenutosi nella sede della scrivente unità nel periodo 21-25 giugno 2010 che ha avuto anche scopo divulgativo attraverso una giornata di presentazione pubblica del progetto. In questo periodo le varie unità hanno collaborato nella conduzione delle prove sperimentali, nella valutazione dell'efficacia della identificazione e nella determinazione delle problematiche di modellazione. Ulteriori dati sperimentali sono stati prodotti e distribuiti nel periodo successivo sulla base delle conclusioni maturate durante il workshop.

Tutti i dati prodotti e validati sono stati inseriti nel sito BriViDi dedicato al progetto e gestito dall'unità del coordinatore scientifico.

Unità di Bologna

Il lavoro di ricerca si è svolto sulla modellazione dinamica di impalcati ferroviari tramite il metodo degli elementi finiti ed il metodo di Rayleigh-Ritz. Inoltre, è stata proposta una procedura di updating utile ad ottenere un modello rappresentativo della dinamica del ponte, nel campo delle frequenze di interesse, che sia quindi utilizzabile con le tecniche di diagnostica e identificazione del danneggiamento localizzato e del degrado distribuito. Oltre la modellazione della struttura, è stato anche considerato il problema della modellazione delle azioni inerziali dei veicoli ferroviari sulla struttura.

È stata definita una procedura in cui, partendo da un modello geometrico rappresentabile mediante l'accoppiamento di più superfici tensoriali (patch) NURBS di una generica struttura di ponte ferroviario, qual è l'impalcato, il modello a elementi finiti tipo shell viene definito in maniera semi automatica impiegando delle funzioni di forma PB spline, generalizzazione delle B spline. Si è in tal modo creata la possibilità di ottenere una discretizzazione di una qualsiasi struttura in studio (geometrie complicate, presenza difori, ecc) utilizzando delle funzioni di forma con qualsiasi livello di continuità scelto dall'utente. Inoltre, impiegando le stesse funzioni di forma, è stata implementata una tecnica che permette l'aggiunta locale di gradi di libertà per permettere di raffinare la discretizzazione solo dove necessario, limitando notevolmente il costo computazionale dell'analisi ad elementi finiti. Inoltre, al fine di poter utilizzare il modello in maniera affidabile in applicazioni di diagnostica, è stata definita una procedura di model updating per la stima dei valori dei parametri incerti (caratteristiche del materiale, modellazione delle rigidità di giunti o delle condizioni al contorno, ecc.) del modello ad elementi finiti di tipo B spline precedentemente proposto. La procedura utilizza dati ottenuti tramite misure sperimentali delle funzioni di risposta in frequenza (FRF) di un componente in esame e, minimizzando le differenze tra le previsioni del modello teorico e le misure sperimentali delle risposte dinamiche stesse, fornisce una stima dei valori dei parametri ottimi.

È stato studiato il problema di piastre vibranti di forma arbitraria con vincoli non standard cercando un approccio che consenta di ottenere risultati accurati con un numero minimo, o comunque assai ridotto, di gradi di libertà globali. Questo al fine di poter disporre di super-elementi atti all'analisi di strutture più complesse. Si è infine affrontato il problema di piastre sottoposte all'azione di carichi mobili verticali di natura deterministica, dotati di massa non trascurabile rispetto a quella della struttura portante e velocità costante. In tal caso, essendo le azioni inerziali di tali carichi sulla struttura non trascurabili, la modellazione conduce ad equazioni di equilibrio con coefficienti variabili nel tempo. Il problema è di interesse ricorrendo spesso sia nell'ambito della dinamica delle macchine, sia nella dinamica strutturale.

Unità di Roma III

1. Attività connesse alla sperimentazione

a. analisi dei dati sperimentali del ponte ferroviario sul fiume Sinello (caso studio sperimentale per l'updating), volte alla caratterizzazione delle incertezze nei modi sperimentali. L'incertezza è stata caratterizzata dividendo le registrazioni in intervalli temporali: prima-durante-dopo il passaggio. In questi intervalli si è tenuto conto delle diverse caratteristiche (influenza del rumore, contenuto energetico) ed in accordo sono state utilizzate diverse tecniche di identificazione (metodo di Welch, trasformata di Gabor).

b. progettazione e realizzazione di due carrelli: un monoasse ed un biasse per prove con massa viaggiante da eseguire sul benchmark dei travetti precompressi, nel laboratorio di Pescara. I carrelli sono stati utilizzati durante le prove dinamiche eseguite a Pescara nel secondo anno di progetto (Vedasi figure 9-10).



Figura 9. Il carrello monoasse



Figura 10. Il carrello biasse

2. Attività teorica e di sviluppo

a. Studio e sviluppo di metodi di calcolo della risposta dinamica incerta mediante analisi ad intervalli. Sono stati studiati ed implementati metodi per il calcolo di autovalori ed autovettori incerti, con tecniche di analisi ad intervalli. E' stato affrontato il problema della sovrastima della soluzione incerta, proponendo dei metodi per la riduzione della stessa. Tra questi due proposte nuove: "interval hull method" e "interval sampling method".

b. Sviluppo di elementi finiti caratterizzati da matrici intervallo.

c. Studio e sviluppo di metodi di ottimizzazione globale basati sull'analisi ad intervalli. Tali metodi sfruttano il teorema d'inclusione per escludere porzioni del dominio di ricerca in algoritmi iterativi detti Branch and Bound (BB). E' stato presentato un algoritmo prototipo con esempi numerici.

d. Formulazione di un nuovo metodo di aggiornamento parametrico (model updating) basato su algoritmi BB ad intervalli. Il metodo proposto è stato chiamato INTIM (Interval Intersection Method) e può essere utilizzato in presenza di incertezze di modello e nelle misure.

3. Attività numerica

a. E' stata svolta una validazione numerica degli algoritmi sviluppati ed implementati (calcolo intervalli di autovalori, metodo di ottimizzazione BB, metodo INTIM)

5. Risultati

a. Modello calibrato del ponte Sinello. Il comportamento dinamico dell'impalcato del ponte è stato identificato in condizioni di servizio con le misure incerte identificate al punto 1.a. La valutazione delle incertezze con gli intervalli e l'aggiornamento è stato eseguito su due differenti modelli del ponte: 1) modello a parametri concentrati della sezione dell'impalcato; 2) modello a grigliato di travi. Le incertezze di modellazione riguardano la rigidezza dei due modelli. L'aggiornamento ha seguito una fase di caratterizzazione degli intervalli fisici dei parametri da aggiornare. L'aggiornamento con il metodo INTIM ha portato alla definizione del modello migliore (quello a graticcio), con un'incertezza iniziale sui parametri di rigidezza del 4% ed una finale (del modello aggiornato) del 1% con misure medie e del 3% con misure incerte.

Trieste

Il Gruppo di ricerca del laboratorio LVA dell'Università degli Studi di Trieste ha concentrato la sua attività sulle tecniche di pre-tests, che permettono di definire, con un certo grado di confidenza, i migliori punti della struttura per posizionare i sensori utili alla caratterizzazione dinamica. (p.e. punti lontani da linee nodali).

Le tecniche di pre-test si fondano sulla definizione di una cifra di merito, per ogni punto e direzione della struttura, calcolata in base alle forme modali numeriche della stessa ottenute precedentemente.

Per le strutture con distribuzione di massa variabile, come nel caso dei ponti analizzati nel progetto, le tecniche classiche di pre-test risultano poco significative dal momento che queste non possono tener conto delle diverse forme modali esplicitate dalla struttura nei diversi momenti del transitorio di passaggio del treno sul ponte.

Il gruppo di ricerca ha allora sviluppato una tecnica di pre-test dedicata, nella quale non sono i classici modi a essere utilizzati per la classificazione dei punti di misura, bensì i modi sviluppati ottenuti combinando, con una opportuna produttoria o una combinazione lineare, i diversi modi ottenuti per le diverse posizioni del carico viaggiante.

La scelta della combinazione dei modi alle diverse posizioni di carico è particolarmente delicata in considerazione del fatto che le forme modali, sono quantità scalari, derivando dalla risoluzione di sistemi a rango non pieno e che diverse possono essere i rapporti tra il carico viaggiante e la massa del ponte.

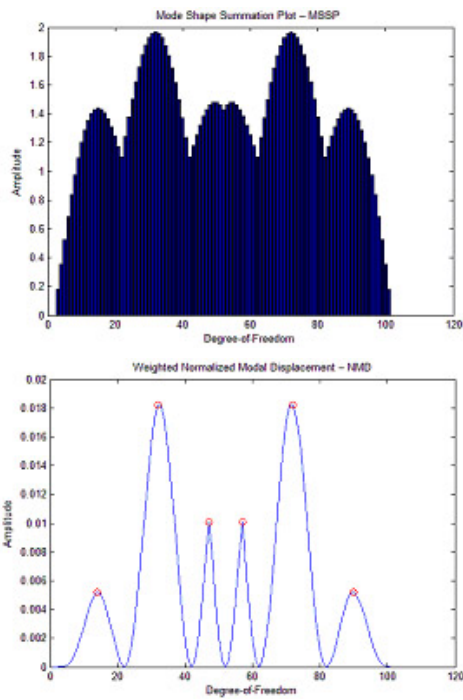


Figura 11. Esempi di modi involuppo - trave senza carico viaggiante
ModeShapeSummation vs WheightedNormalisedDisplacement

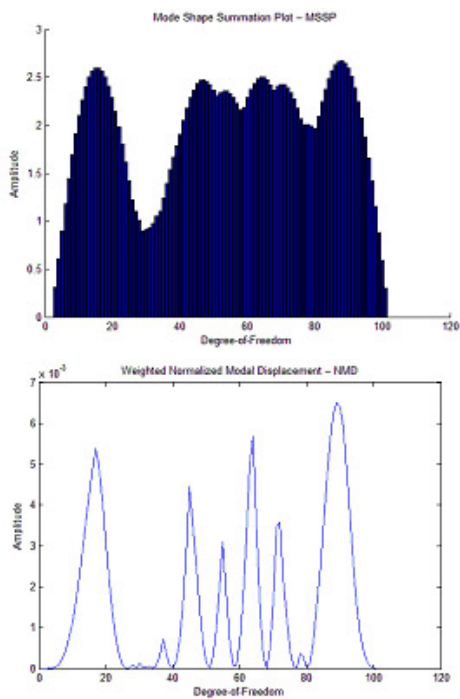


Figura 12. Esempi di modi involuppo - trave senza carico viaggiante
ModeShapeSummation vs WheightedNormalisedDisplacement

In questa maniera però tutti i modi della struttura vengono considerati contemporaneamente ed il fattore di merito caratterizza i punti di misura in maniera globale. I risultati ottenuti dalle simulazioni numeriche danno una buona confidenza sulla qualità dei risultati ottenibili dalla tecnica proposta, sia al variare della tecniche di combinazione che di scalaggio delle forme modali. Questa tecnica necessita ancora della validazione su strutture di ponti esistenti.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

Non si sono evidenziati particolari problemi se non quelli legati alla riduzione iniziale del budget, che ha costretto a ridimensionare leggermente i test su strutture reali, utilizzando a tale scopo solamente delle parti di strutture reali (travi in CA) appositamente danneggiate in laboratorio (e quindi in condizioni anche più controllabili) invece di utilizzare ponti reali per i quali sarebbe stato necessario procedere a complesse autorizzazioni del gestore, nonché a impegni finanziari più onerosi.

La sperimentazione, in laboratorio, peraltro, è stata molto fruttuosa e ha permesso di sintetizzare tutto il lavoro svolto nel periodo del progetto, focalizzando l'impegno sui dati reali ottenuti durante i test.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo)
	TOTALE
da personale universitario	142
altro personale	50
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	44

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	Da svolgere (numero)	Descrizione
in Italia	4	0	1) SHM Structural Health Monitoring - Sorrento 29/06/2010 - 02/07/2010 2) CONFERENZA NON LINEAR DYNAMICS STABILITY IDENTIFICATION - ROMA 20-25.09.2009 3) XIX Congresso AIMETA di Meccanica Teorica e Applicata (su CD). Ancona, 14-17 settembre 2009, ARAS Edizioni 4) Conferenza Nazionale sulle Prove non Distruttive, Monitoraggio, Diagnostica. Roma, 15-17 ottobre 2009
all'estero	7	2	1) ISMA 2010 euro 400- Leuven 20/09/2010 - 22/09/2010 2) DAMAS 2011 : prevista sessione dedicata al questo progetto PRIN (sono stati inviati 13 abstract) dal titolo "Pescara Benchmark: modelling and identification of reinforced concrete beams with distributed damages". Al congresso prenderanno parte tutti i partner del PRIN. 3) Eurodyn 2011: MINI-SYMPIOSIUM 07 on Bridge Dynamics (seismic loads, wind, loads, moving loads, vehicle-bridge interaction). 4) ICEDYN. ERICEIRA, Portugal, JUNE, 22-24, 2009. 5) XVIIth Symposium Vibration Chocs & Bruit VCB2010, June 15-17, 2010, Lyon, France. 6) ECCM2010 - IV European Conference on Computational Mechanics 7) Tenth International Conference on Computational Structures Technology 8) IMECE2008, ASME International Mechanical Engineering Congress and R&D EXPO, Boston, Oct.31-Nov.6, 2008 9) ASME IDETC/CIE 2009, August 30 September 2, 2009, San Diego, California, USA, pp.1-7, ISBN 978-0-7918-3856-3.
TOTALE	11	2	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	0	
su riviste straniere con referee	10	1. MARCHESIELLO S., BELLINO A., GARIBALDI L. (2010). Prediction of modal parameters of linear time-varying systems. <i>SHOCK AND VIBRATION</i> , vol. 17; p. 483-490, ISSN: 1070-9622, doi: 10.3233/SAV-2010-0542 2. BELLINO A., FASANA A., GARIBALDI L., MARCHESIELLO S. (2010). PCA-based detection of damage in time-varying systems. <i>MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING</i> , vol. 24; p. 2250-2260, ISSN: 0888-3270 3. MARCHESIELLO S., BEDAOU S., GARIBALDI L., ARGOU P. (2009). Time-dependent identification of a bridge-like structure with crossing loads. <i>MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING</i> , vol. 23; p. 2019-2028, ISSN: 0888-3270, doi: 10.1016/j.ymsp.2009.01.010 4. BELLINO A., GARIBALDI L., MARCHESIELLO S. (2009). Time-Varying Output-Only Identification of a cracked beam. <i>KEY ENGINEERING MATERIALS</i> , vol. 413-414; p. 643-650, ISSN: 1013-9826 5. MARCHESIELLO S., GARIBALDI L. (2008). Identification of clearance-type nonlinearities. <i>MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING</i> , vol. 22 (5); p. 1133-1145, ISSN: 0888-3270

		<p>6. MARCHESIELLO S, GARIBALDI L. (2008). <i>A time domain approach for identifying nonlinear vibrating structures by subspace methods</i>. MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING, vol. 22 (1); p. 81-101, ISSN: 0888-3270</p> <p>7. MARCHESIELLO S, GARIBALDI L. (2008). <i>Subspace-based identification of nonlinear structures</i>. SHOCK AND VIBRATION, vol. 15(3-4); p. 345-354, ISSN: 1070-9622</p> <p>8. GABRIELE S., VALENTE C. (2009). <i>An interval-based technique for FE model updating</i>. INTERNATIONAL JOURNAL OF RELIABILITY AND SAFETY, vol. 3 (1/2/3); p. 79-103, ISSN: 1479-389X, doi: 10.1504/IJRS.2009.026836</p> <p>9. G. Catania, A. Fasana, S. Sorrentino, <i>A condensation technique for the FE dynamic analysis with fractional derivative viscoelastic models</i>. Journal of Vibration and Control, 2008 14 (9-10), pp. 1573-1586, ISSN: 1077-5463.</p> <p>10. Catania G., Mancinelli, N. "Theoretical-experimental modeling of milling machines for the prediction of chatter vibration", International Journal of Machine Tools and Manufacture, doi:10.1016/j.ijmachtools.2010.11.008</p>
su altre riviste italiane	5	<p>1. <i>Le grandi potenzialità del Condition Monitoring: Storia, evoluzione delle tecniche, logica degli algoritmi, esempi applicativi e potenzialità presenti e future del Condition Monitoring</i>, Garibaldi L., Organi di Trsmmissione, Tecniche Nuove, Dicembre 2010</p> <p>2. VALENTE C. (2008). <i>Il monitoraggio dinamico nella valutazione di stato dei ponti - Seconda Parte</i>. STRADE & AUTOSTRADE, vol. 67 (1); p. 100-105, ISSN: 1723-2155</p> <p>3. G. Catania, S. Sorrentino, "Application of fractional calculus to the analysis and identification of viscoelastic systems ", In: <i>Giornata di studio in onore di Ettore Funaioli, 18 luglio 2007 (Quaderni del DIEM GMA. Atti di giornate di studio 1)</i>, 2008, Edizioni Asterisco, Italy, ISBN 978-88-902128-9-5 pp. 25-51.</p> <p>4. G. Catania, S. Sorrentino, "Application of spectral analysis to vibrating plates of general shape", In: <i>Giornata di studio in onore di Ettore Funaioli, 16 luglio 2009 (Quaderni del DIEM GMA. Atti di giornate di studio 3)</i>, 2010, Edizioni Asterisco, Italy, pp. 19-36, ISBN 978-88-902128-8-8.</p> <p>5. G. Catania, S. Sorrentino, "A Dynamic model of railway bridges crossed by travelling trains ", In: <i>Giornata di studio in onore di Ettore Funaioli, 16 luglio 2010 (Quaderni del DIEM GMA. Atti di giornate di studio 4)</i>, 2010, Edizioni Asterisco, Italy.</p>
su altre riviste straniere	1	<p>1. BRANCALEONI F., GIORGIO DIANA, EZIO FACCIOLI, GIUSEPPE FIAMMENGHI, IAN P.T. FIRTH, NIELS J. GIMSING, MICHELE JAMIOLKOWSKI, PETER SLUSZKA, GIOVANNI SOLARI, GIANLUCA VALENSISE, ENZO VULLO (2009). <i>The Messina Strait Bridge: A Challenge and a Dream</i>, CRC Press, Taylor & Francis Group, p. 1-334, ISBN: 9780415468145</p>
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	18	<p>1. Bellino L. Garibaldi, Fasana A., Marchesiello S. (2010). <i>Damage detection in time-varying systems by means of the PCA method</i>, ISMA Conference, Leuven, 20 to 22 September 2010, Belgium.</p> <p>2. BELLINO A., GARIBALDI L., MARCHESIELLO S., FASANA A. (2010). <i>Damage detection in beam-like structures by using the PCA-method</i>. In: <i>European Workshop on Structural Health Monitoring</i>. Sorrento (IT), 29 June - 02 July 2010</p> <p>3. MARCHESIELLO S., BELLINO A., GARIBALDI L. (2009). <i>PREDICTION OF MODAL PARAMETERS OF LINEAR TIME-VARYING SYSTEMS</i>. In: ICEDYN. ERICEIRA, JUNE, 22-24</p> <p>4. MARCHESIELLO S, PÉCOL P, GARIBALDI L., ARGOU P (2008). <i>Dynamic identification of a bridge-like structure with crossing loads</i>. In: <i>Vibrations, chocs & bruit</i>. Lyon, France</p> <p>5. D. SPINA, VALENTE C., S. GABRIELE (2009). <i>Non classical modal parameters identification via dynamic response complexification</i>. In: <i>XIX Congresso AIMETA di Meccanica Teorica e Applicata (su CD)</i>. Ancona, 14-17 settembre 2009, ARAS Edizioni</p> <p>6. S. GABRIELE, C. VALENTE, BRANCALEONI F. (2009). <i>Model Calibration by Interval Analysis</i>. In: <i>Atti del convegno "AIMETA 2009"</i>. Ancona, 14-17 Settembre 2009 ARAS Edizioni, ISBN/ISSN: 9788896378083</p> <p>7. C. Valente, D. Spina, S. Gabriele; 2010; <i>Modelling and experimental uncertainties in railway bridges dynamics</i>, <i>Proceedings of the ECCM2010 - IV European Conference on Computational Mechanics</i>; Volume: ECCOMAS 1S</p> <p>8. C. Valente, D. Spina, S. Gabriele, A. De Leonardis; 2010; <i>The Complex Plane Representation Method for Structural Damage Detection</i>, <i>Proceedings of the Tenth International Conference on Computational Structures Technology</i>; Volume: CCP:93; pp.: 20; ISBN: 1759-3433; doi:10.4203/ccp.93.56</p> <p>9. D. Spina, S. Gabriele, C. Valente, A. De Leonardis; 2010; <i>Complex modes identification via Hilbert transform</i>, <i>Proceedings of ISMA 2010 - International Conference on Noise and Vibration Engineering</i>; pp.: 10; ISBN: 9789073802872</p> <p>10. S. Gabriele, A. Culla, G. Formica; 2008; <i>Response of uncertain coupled vibrating structures by interval analysis</i>, <i>Proceedings of ISMA 2008 - International Conference on Noise and Vibration Engineering</i>; ISBN: 9789073802865</p> <p>11. A. Carminelli, G. Catania, "B-spline finite element formulation for laminated composite shells ", <i>Proc. of the IMECE2008, ASME International Mechanical Engineering Congress and R&D EXPO, Boston, Oct.31-Nov.6, 2008, pp.1-7, ISBN 978-0-7918-3840-2</i>.</p> <p>12. A. Carminelli, G. Catania, "Curve and surface fitting by means of rational B-spline functions", <i>Proc. of the IMECE2008, ASME International Mechanical Engineering Congress and R&D EXPO, Boston, Oct.31-Nov.6, 2008, pp.1-6, ISBN 978-0-7918-3840-2</i>.</p> <p>13. G. Catania, S. Sorrentino, <i>Experimental validation of non-conventional viscoelastic models via equivalent damping estimates</i>. <i>Proceedings of ASME IMECE 2008 [IMECE2008-67351]</i>, 2008 Boston, Massachusetts (USA), October 31-November 6, pp.1-8, ISBN 978-0-7918-3840-2.</p> <p>14. A. Carminelli, G. Catania, <i>PB-spline hybrid surface fitting technique</i>. <i>Proceedings of ASME IDETC/CIE 2009, August 30 September 2, 2009, San Diego, California, USA, pp.1-7, ISBN 978-0-7918-3856-3</i>.</p>

		<p>15. A. Carminelli, G. Catania, <i>PB-spline finite element shell modeling and refinement technique. Proceedings of ASME IDETC/CIE 2009, August 30 September 2, 2009, San Diego, California, USA, pp.1-9, ISBN 978-0-7918-3856-3.</i></p> <p>16. G. Catania, S. Sorrentino, <i>Rayleigh - Ritz analysis of vibrating plates based on a class of eigenfunctions. Proceedings of ASME IDETC/CIE 2009, 2009 San Diego, California (USA), August 30-September 2, pp.1 9, ISBN 978-0-7918-3856-3.</i></p> <p>17. A. Carminelli, G. Catania, <i>"B-spline Finite element updating of a railway bridge deck", XVIIth Symposium Vibration Chocs & Bruit VCB2010, June 15-17, 2010, Lyon, France, pp.1-13.</i></p> <p>18. G. Catania, S. Sorrentino, <i>"Dynamic analysis of railway bridges by means of the spectral method", XVIIth Symposium Vibration Chocs & Bruit VCB2010, June 15-17 2010, Lyon, France, pp.1-15.</i></p>
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	1	<p>1. A.D. DI EVANGELISTA, VALENTE C., L. ZUCCARINO (2009). <i>Prove di vibrazione di travi in c.a.p. per la valutazione del degrado da corrosione. In: Conferenza Nazionale sulle Prove non Distruttive, Monitoraggio, Diagnostica. Roma, 15-17 ottobre 2009</i></p>
rapporti interni	2	<p><i>Bregant - Pellizari: Analisi di pretest di strutture con carico viaggiante, Report LVA 10/2010</i></p> <p><i>Bregant: Review di tecniche di pretest per la caratterizzazione dinamica di strutture vibranti, Report LVA 01/2010</i></p>
brevetti depositati	0	
TOTALE	37	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 21/12/2010 23:58

Firma

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.