

MONITORAGGIO STRUTTURALE IN FASE DI COLLAUDO STATICO DI UN VIADOTTO IN SISTEMA MISTO ACCIAIO-CALCESTRUZZO A SERVIZIO DELLA SS 683 CATANIA-RAGUSA

E. Lo Giudice^a, G. L. Di Marco^b, M. Gallo^a, R. Mantione^b, V. Carlisi^a

^a Laboratorio DISMAT srl,

C.da Andolina, S. S. 122 – km 28 – 92024 Canicattì (AG), e-mail: info@dismat.it

^b Studio Tecnico Lo Giudice – Di Marco,

Via Garibaldi, 225 – 92020 Racalmuto (AG), e-mail: robertamantione.rm@gmail.com

Sommario

Il presente lavoro descrive la campagna di indagini eseguita sul Viadotto Molona per le operazioni del collaudo statico dell'opera.

Abstract

We describes the static and dynamic test made to Molona Composed Viaduct; in particular shows the experimental result of the strain measurement, deck deflections and modal shape.

Parole chiave: Modello FEM, misure inclinometriche, deformata modale, diagramma di deformazione.

1. INTRODUZIONE

Il viadotto Molona rappresenta uno dei viadotti realizzati a seguito dell'ammodernamento della SSV Licodia-Eubea in prossimità della Città di Caltagirone. Vista l'importanza del sistema viario è stato richiesto dalla Commissione di Collaudo un complesso di prove e indagini sperimentali al fine di caratterizzare il comportamento globale del manufatto e di rilevarne l'evoluzione dello stato tensionale al variare del livello di carico. I dati sperimentali sono stati impiegati e successivamente interpretati mediante la realizzazione del modello FEM del viadotto opportunamente tarato tramite prova di caratterizzazione dinamica.

2. IL VIADOTTO MOLONA

L'opera ha schema statico a una trave continua per una lunghezza complessiva di 265 m su cinque campate aventi dimensioni rispettivamente di 45 m, 55 m, 75 m, 55 m, 35 m. L'impalcato, che è del tipo a due travi in acciaio con soletta collaborante in calcestruzzo armato, è completato da un controvento di torsione di tipo reticolare, sicché la sezione può essere considerata per azioni torsionali con funzionamento alla Bredt, mentre il mantenimento della forma è garantito da traversi di tipo reticolare. Le sottostrutture sono in c.a. con altezza variabile e sezione pseudo-ellissoidale a fusto cavo poggiano su fondazioni di tipo indiretto costituite da plinti su pali.



Figura 1. Vista d'insieme del manufatto.

3. PROVA DI CARATTERIZZAZIONE DINAMICA

Il protocollo d'indagine redatto ha previsto l'esecuzione di prove di caratterizzazione dinamica, mediante forzante ambientale, finalizzate alla conoscenza del comportamento globale del manufatto in termini di frequenze proprie, modi di vibrare e smorzamenti. Al fine di ricostruire con accuratezza le deformate modali è stato necessario la predisposizione e la successiva combinazione di sei set up di prova, ciascuno di dodici accelerometri, mantenendone fissi 3 e facendo variare la posizione dei restanti.

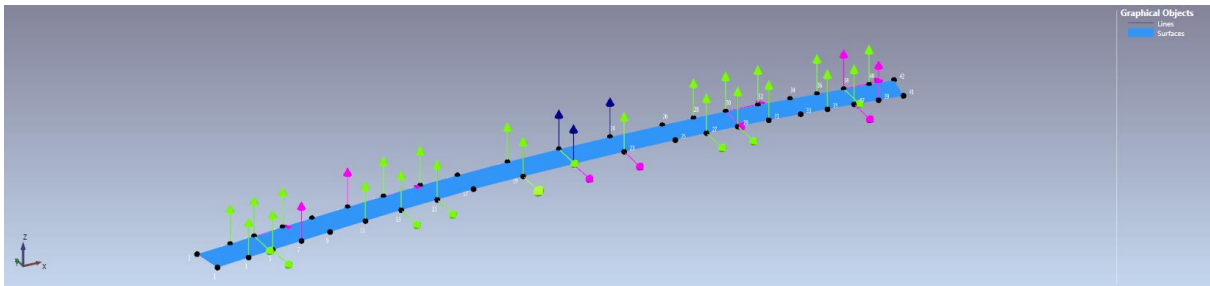


Figura 2. Schema disposizione accelerometri – Combinazione dei sei set up

I dati acquisiti opportunamente trasformati nel dominio delle frequenze hanno consentito mediante tecnica FDD l'individuazione dei parametri dinamici (Tabella 1).

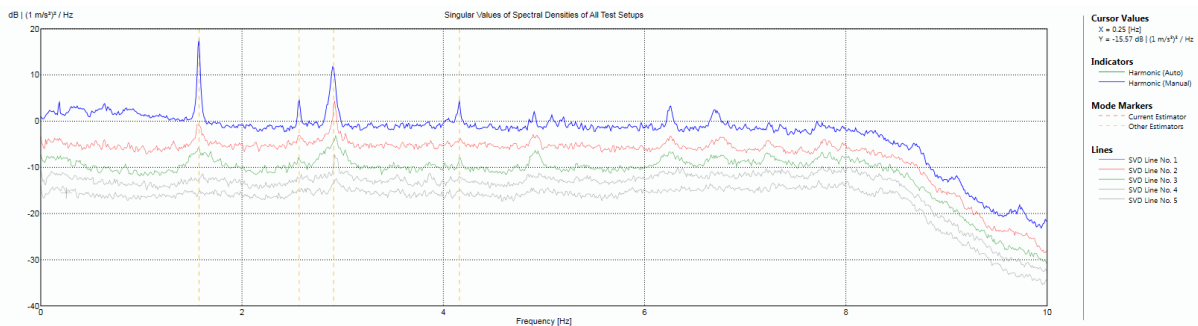


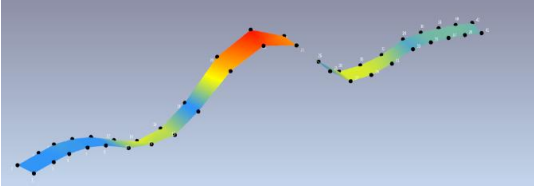
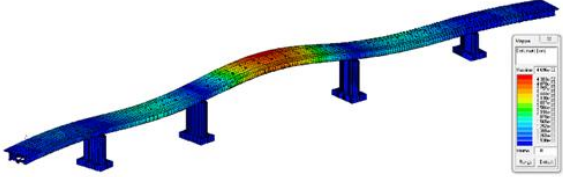
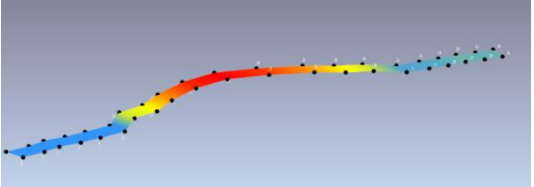
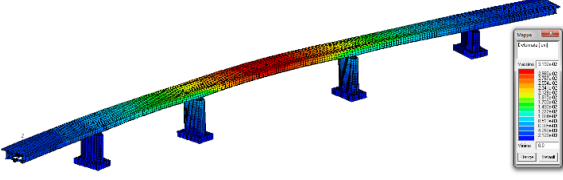
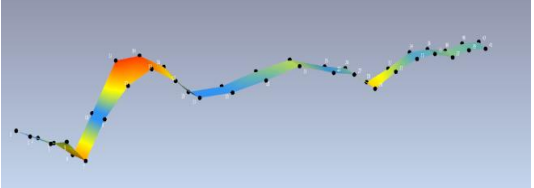
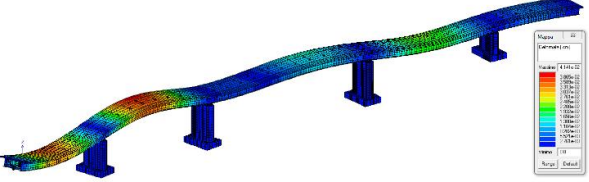
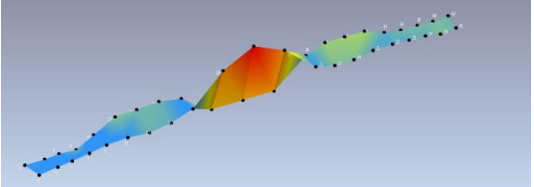
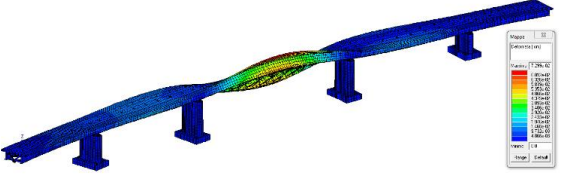
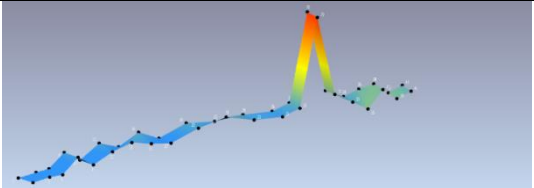
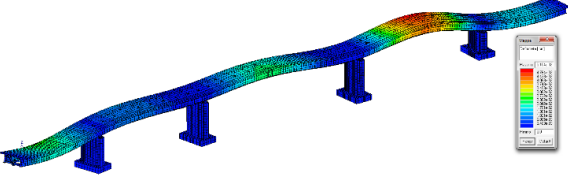
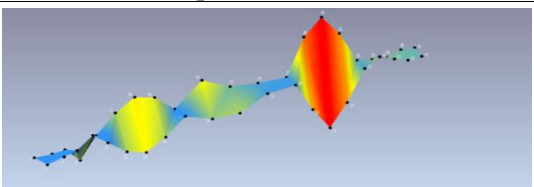
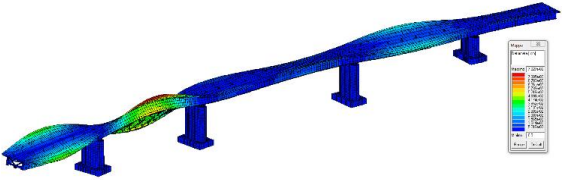
Figura 3. Spettro accelerometri posizionati in direzione Z

Tabella 1. Frequenze fondamentali

Modo	Tipologia	Frequenza [Hz]
1	Flessionale	1,57
2	Traslazionale	2,43
3	Flessionale	2,56
4	Torsionale	2,90
5	Flessionale	2,97
6	Torsionale	4,16

L'esecuzione della prova di caratterizzazione dinamica ha permesso la validazione del modello FEM del manufatto successivamente utilizzato per interpretare le risultanze delle prove statiche. Infatti il confronto tra le frequenze fondamentali e le corrispondenti deformate modali ha evidenziato il buon accordo tra i risultati sperimentali e quelli teorici (Tabella 2).

Tabella 2. Confronto risultati teorici e sperimentali

	
Sper.: 1,57 Hz	FEM: 1,61 Hz
	
Sper.: 2,43 Hz	FEM: 2,34 Hz
	
Sper.: 2,56 Hz	FEM: 2,54 Hz
	
Sper.: 2,90 Hz	FEM: 2,79 Hz
	
Sper.: 2,97 Hz	FEM: 2,95 Hz
	
Sper.: 4,16 Hz	FEM: 4,01 Hz

Altro parametro dinamico stimato è lo smorzamento, valutato sia nel dominio del tempo mediante la metodologia del decremento logaritmico sia in quello delle frequenze per ogni fondamentale. Il valore medio per l'indice di smorzamento ξ è risultato pari al 3.0 % in coerenza con quanto previsto in letteratura tecnica [4].

4. PROVE DI CARICO STATICHE

La campagna di prove di carico statiche, effettuate secondo le direttive fornite dalla Direzione dei Lavori e dalla Commissione di Collaudo, ha previsto l'esecuzione di quattro configurazioni di carico ognuna delle quali è stata effettuata secondo tre step con numero di automezzi crescente (ciascuno del peso di 40 t) le varie configurazioni erano tese a massimizzare le sollecitazioni in prefissate sezioni.

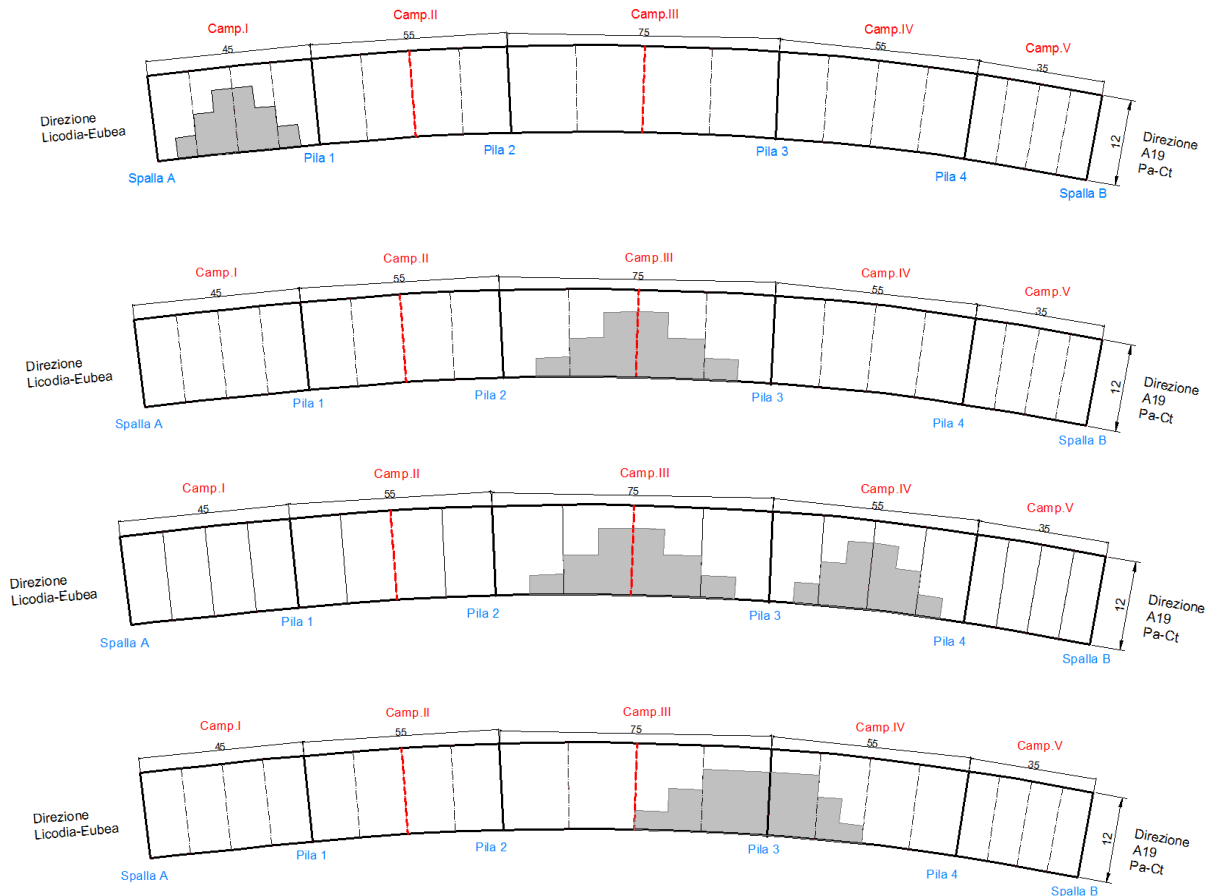


Figura 4. Configurazioni di carico 1-2-3 e 4

Il comportamento globale del viadotto in termini di inflessioni è stato determinato strumentando le campate n. 1, 2, 3 e 4 dell'impalcato mediante inclinometri biassiali e registratori di temperatura secondo lo schema indicato in Fig.5. Gli strumenti sono stati posizionati e fissati nella posizione prestabilita, al fine di ricostruire con accuratezza le deformate, su apposite basi e collegati in wireless ad un dispositivo che permette la trasmissione dei segnali ad un pc per il trattamento dei dati.

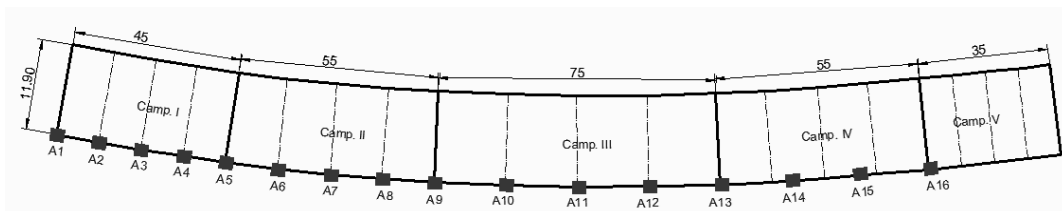


Figura 5. Disposizione inclinometri

Il confronto instaurato tra i risultati sperimentali e quelli ottenuti dal modello FEM hanno mostrato un buon accordo sul piano numerico (fig.6).

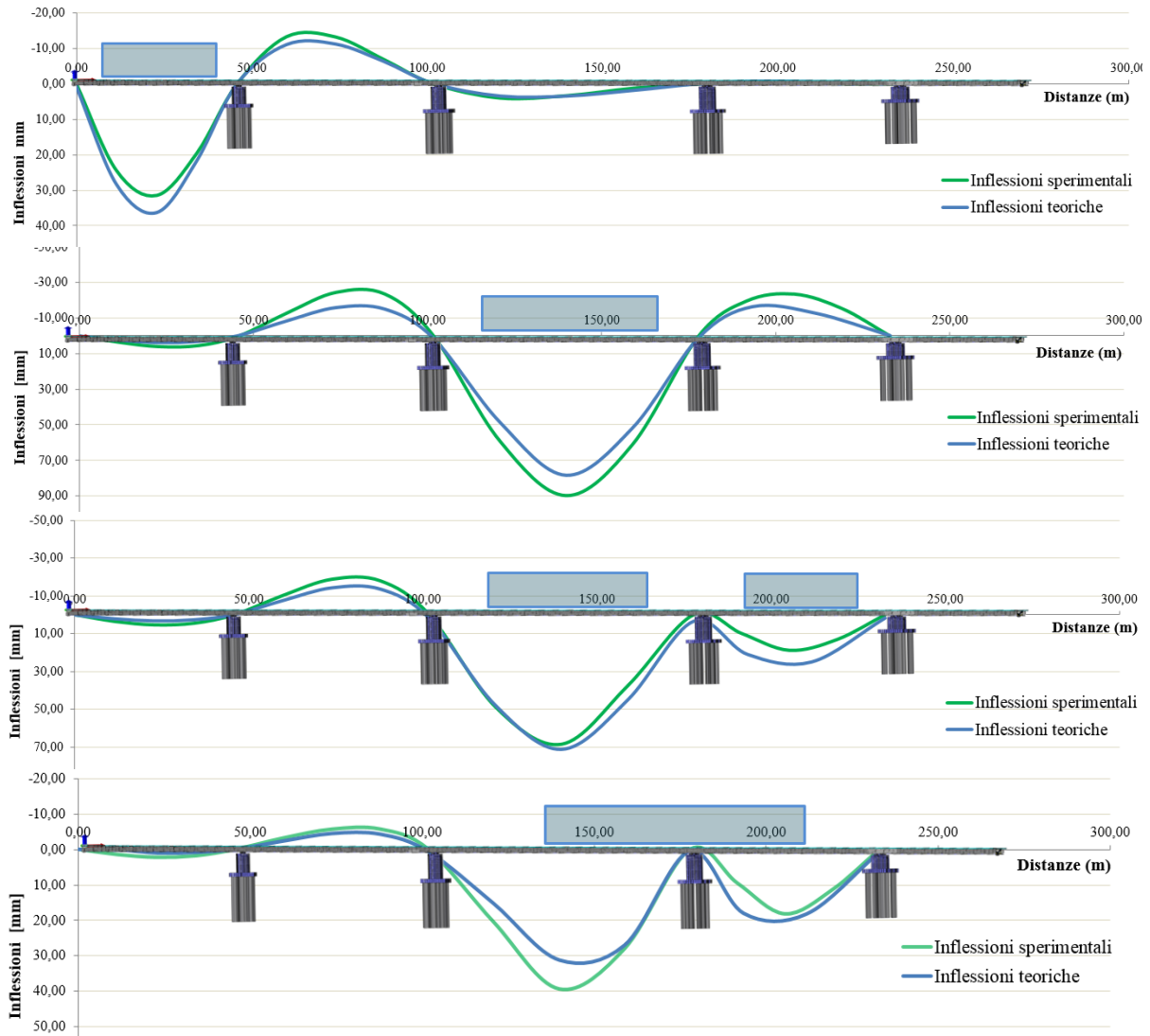


Figura 6. Confronto inflessioni sperimentali e teoriche per ogni configurazione di carico.

A completamento delle indagini compiute sul viadotto sono state eseguite misure di deformazione al fine di valutarne le variazioni per le diverse configurazioni di carico. L'indagine è stata svolta strumentando le due sezioni di mezzeria delle campate n. 2 e n. 3 mediante l'applicazione di 10 estensimetri elettrici per ogni sezione: 8 applicati sulle travi in acciaio e 2 sulla parte in cls (Fig.7). Gli estensimetri sono stati collegati a quarto di ponte con una centralina di acquisizione HBM MGC Plus.

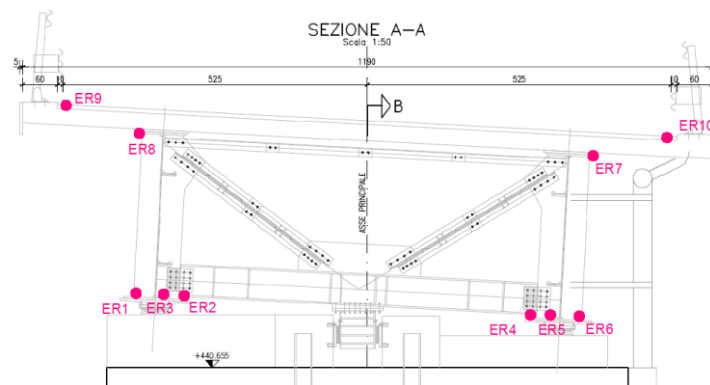


Figura 7. Schema di posizionamento ER.

Gli ER sono stati applicati secondo la UNI 10478 e le Istruzioni Operative del Laboratorio Dismat srl IO 07-08/CLS e IO 07-13/ACC. In particolare le superfici dell'acciaio sono state trattate inizialmente con solventi e carta vetrata a grana grossa per asportare le impurità superficiali successivamente, mediante l'utilizzo di carta abrasiva, è stata raggiunta la rugosità ottimale per il corretto incollaggio degli ER. Le superfici in calcestruzzo sono state trattate con dischi abrasivi a grana, di volta in volta più fine, sino a raggiungere la rugosità ottimale per l'incollaggio. Si è posta particolare cura nella pulizia asportando continuamente la polvere generata dall'abrasione stessa. Secondo le prescrizioni di norma, nelle diverse fasi di installazione, sono state controllate e registrate le resistenze degli ER e le resistenze di isolamento. Dopo l'incollaggio e la saldatura dei cavi si è passati alla protezione degli estensimetri applicando tre diversi strati di protettivo, in modo da realizzare una perfetta barriera sia nei confronti della polvere sia dell'umidità ambientale. L'accurata preparazione delle superfici di incollaggio e la protezione degli ER hanno consentito il corretto funzionamento durante tutte le fasi di prova.



Figura 8. Preparazione della superficie e applicazione degli strati di protettivo

La rilevazione sperimentale delle deformazioni ε [$\mu\text{m}/\text{m}$], in ogni punto strumentato ha permesso la determinazione del diagramma delle tensioni per ognuna delle due sezioni di controllo e per ogni configurazione di carico. I diagrammi sperimentali sono stati messi a confronto con i corrispondenti ottenuti per via numerica tramite modello FEM.

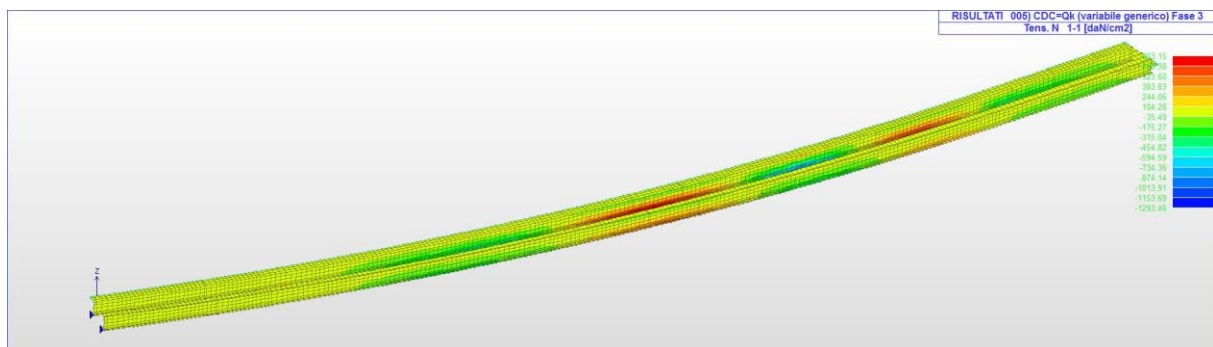


Figura 9. Tensioni normali per la configurazione di carico 3

Le seguenti tabelle riportano il confronto tra i risultati numerici (linea continua) e quelli sperimentali (linea tratteggiata), per le quattro configurazioni di carico e le due sezioni di controllo, in cui si indica con:

- (a) mezzeria della campata 2 - trave interna;
- (b) mezzeria della campata 3 - trave interna;
- (c) mezzeria della campata 2 - trave esterna;
- (d) mezzeria della campata 3 - trave esterna.

L'esame delle risultanza evidenzia la rispondenza dei risultati ottenuti ciò in maniera più evidente per le deformazioni elevate.

Tabella 3. Configurazione di carico 1

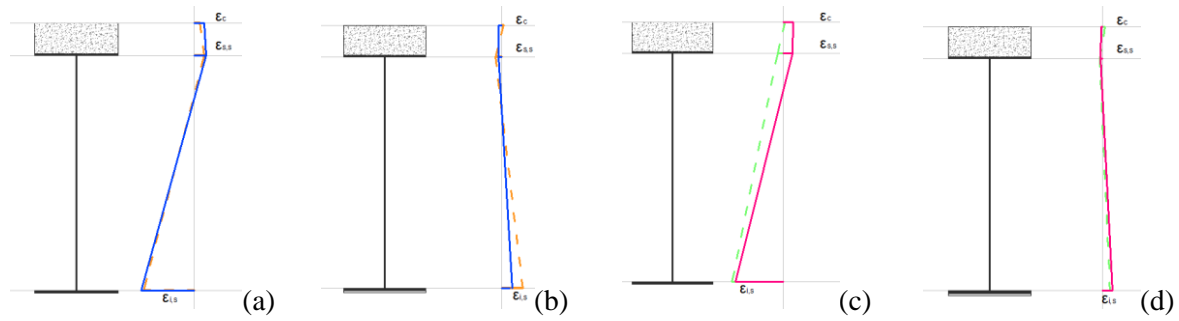


Tabella 4. Configurazione di carico 2

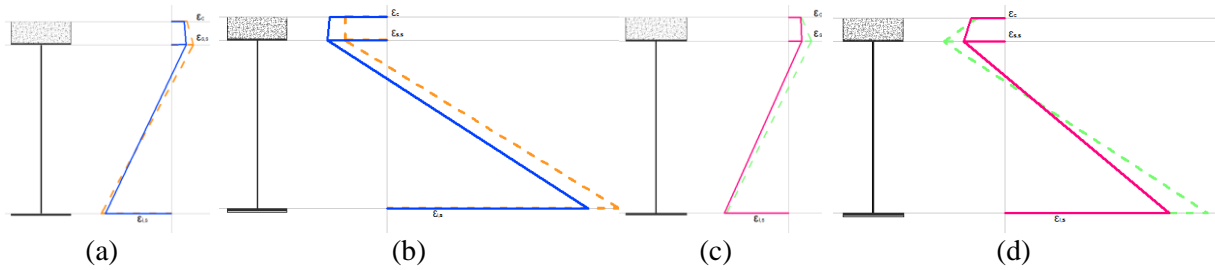


Tabella 5. Configurazione di carico 3

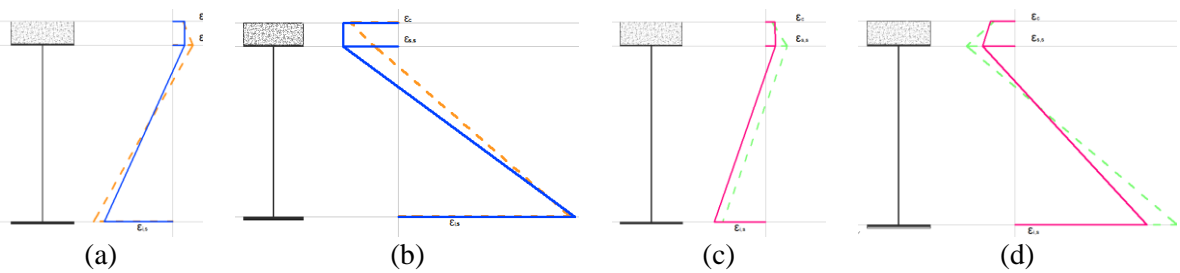
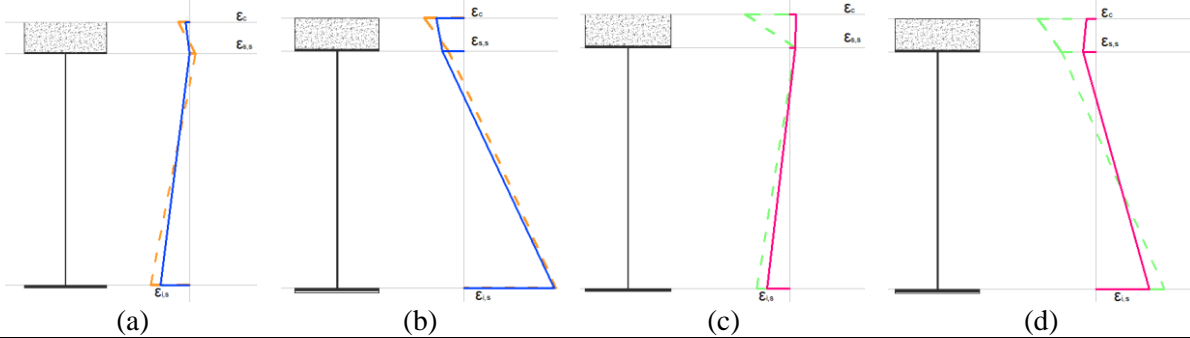


Tabella 6. Configurazione di carico 4



5. CONCLUSIONI

Il piano d'indagine appositamente sviluppato per il Viadotto Molona ha consentito di supportare le operazioni di collaudo statico sia in termini dei consueti parametri di spostamento (inflexioni) sia in termini di livello tensionale. Sul manufatto sono state eseguite prove di caratterizzazione dinamica utili alla definizione e validazione del modello matematico di tutta la struttura utilizzato successivamente per il confronto tra i dati sperimentali e teorici.

Il buon accordo tra risultanze sperimentali e numeriche dedotte dal Modello FEM, dimostrano che il comportamento dell'opera ipotizzato in fase di progettazione è risultato rispondente con il costruito.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 2008.
- [2] UNI 10985:2002, “*Vibrazioni su ponti e viadotti. Linee guida per l’esecuzione di prove e rilievi dinamici*”.
- [3] UNI 10478:1998 – Parte 3, “*Prove non distruttive – Controllo mediante estensimetri elettrici a resistenza – Parte 3: Installazione estensimetrica e sua verifica*”.
- [4] A. K. Chopra, *Dynamics of Structures, Theory and Application to Earthquake Engineering*, Pearson, 2007.