

INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE STATICA E DINAMICA CONDOTTE SUL VIADOTTO PARADISO DELLA VARIANTE DI CALTAGIRONE

E. Lo Giudice¹, G.L. Di Marco², M. Gallo¹, G. Navarra¹, R. Mantione², V. Carlisi¹

¹ Laboratorio Dismat srl, C.da Andolina, S.S. 122 – km 28 – 92024 Canicattì (AG),
tel. 0922 859406, fax 0922 853877, eliolog giudice@dismat.it; michelegallo@dismat.it;
giuseppenavarra@dismat.it; valecarlisi@libero.it

² Studio Tecnico Lo Giudice – Di Marco, Via Garibaldi, 225, 92020 Racalmuto (AG),
tel. 0922 942603, dimarco.gia@libero.it; robertamantione.rm@gmail.com

SOMMARIO

Si descrivono le indagini sperimentali statiche e dinamiche condotte su un viadotto a servizio della SSV Licodia – Eubea. A completamento delle indagini è stato sviluppato un modello FEM, opportunamente calibrato sulle risultanze delle prove di caratterizzazione dinamica, mediante il quale si è potuto statuire un confronto tra le rilevazioni sperimentali e quelle ricavate per via numerica durante le operazioni di collaudo.

1. PREMESSA

Il Viadotto Paradiso è costituito da undici campate con impalcato bi-trave in sistema misto acciaio-calcestruzzo. La struttura portante è costituita da due travi a doppio T in acciaio, di altezza pari a 2800 mm, collegate tra di loro mediante diaframmi reticolari e controvento di torsione anch'esso di tipo reticolare; la soletta in calcestruzzo è di spessore pari a 28 cm. Le sottostrutture sono costituite da pile in c.a. a sezione pseudo ellissoidale cava con plinti di fondazione su pali, anche le spalle in c.a. sono fondate su pali.



Figura 1 Vista Viadotto Paradiso (svincolo S. Bartolomeo)

2. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI NON DISTRUTTIVE NELLE FASI DI COLLAUDO

2.1. PROVE DI CARICO STATICHE

Le prove di carico effettuate sul viadotto sono state condotte nel rispetto delle prescrizioni di norma previste al Cap. 9 del D.M. 14/01/2008, della relativa Circolare Applicativa e secondo il programma di carico disposto dal Collaudatore Statico ed approvate dal Direttore dei Lavori. Sono state previste dodici configurazioni di carico con l'impiego di autocarri a quattro assi con portata pari a circa 400 kN ciascuno disposti su due o tre corsie in funzione del carico massimo da raggiungere (Figura 2 e 3). Il numero di campate da strumentare, come stabilito dalla norma, deve essere almeno pari ad 1/5 delle stesse; sono stati quindi eseguiti tre set up di prova:

- Campata 1 – Pila 1 – Campata 2;
- Campata 4 – Pila 4 – Campata 5 – Pila 5 – Campata 6;
- Campata 10 – Pila 10 – Campata 11.

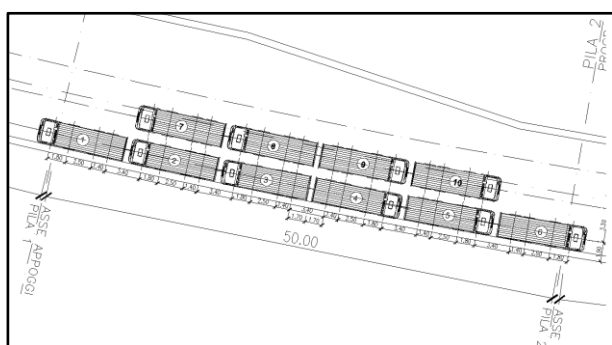


Figura 2 Configurazione di carico su due corsie

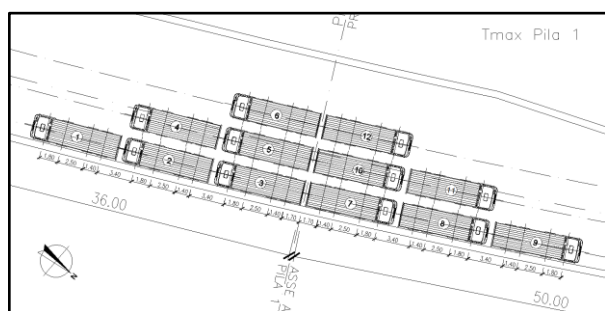


Figura 3 Configurazione di carico su tre corsie

La rilevazione delle inflessioni e delle rotazione trasversali è stata effettuata mediante tecnica inclinometrica e l'individuazione dei punti di misura e del numero di sensori sono stati preventivamente determinati in relazione alle caratteristiche dell'opera e all'acquisizione delle deformate di interesse. Nelle figure seguenti si riportano gli schemi di disposizione degli inclinometri di tipo biassiale e registratori di temperatura.

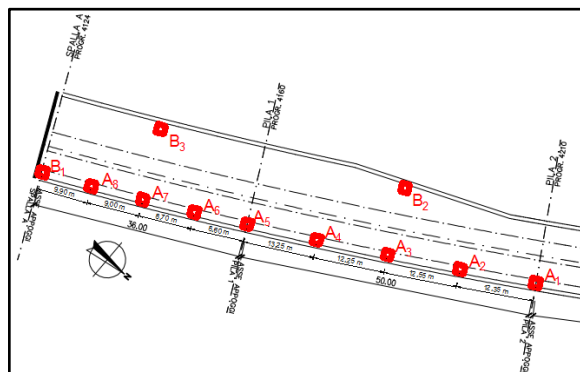


Figura 4 Disposizione strumentazione Campate 1 – 2

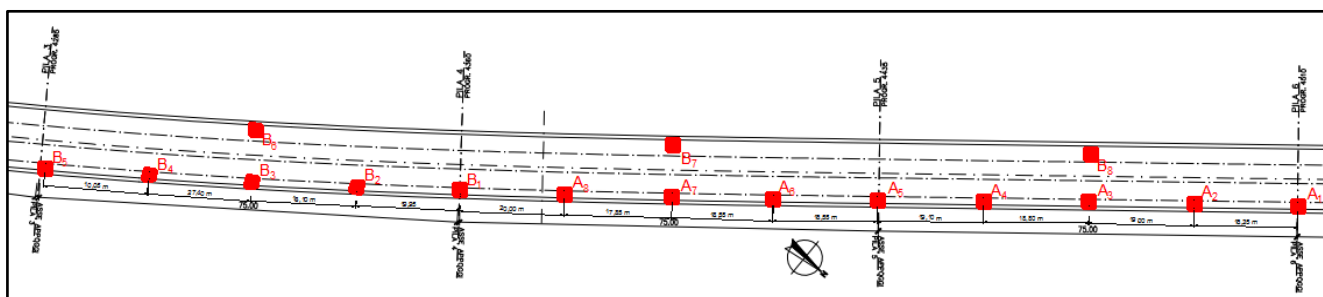


Figura 5 Disposizione strumentazione Campate 4 – 5 – 6

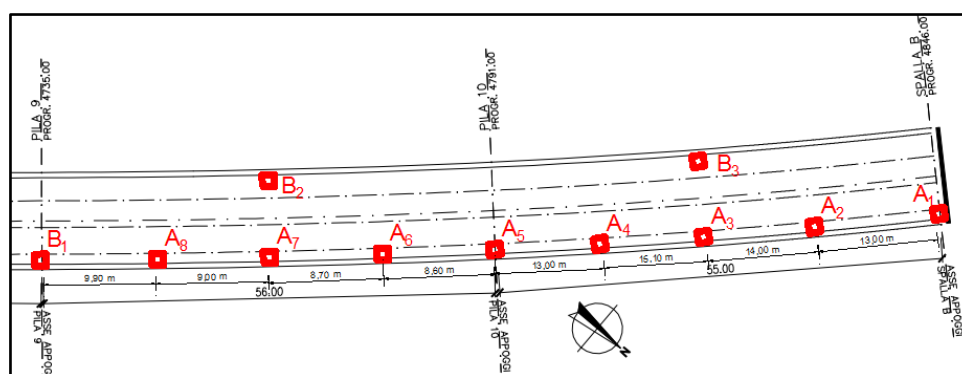


Figura 6 Disposizione strumentazione Campate 10 – 11



Figura 7 Posizionamento inclinometri biassiali

La scelta di tale metodologia è stata dettata dalla difficoltà di eseguire misure dirette in continuo di inflessione in considerazione della particolare posizione piano altimetrica del viadotto.

A titolo esemplificativo si riportano i grafici per le configurazioni di carico della prova n° 1 e 2 delle deformate ottenute per le campate 2 e 5.

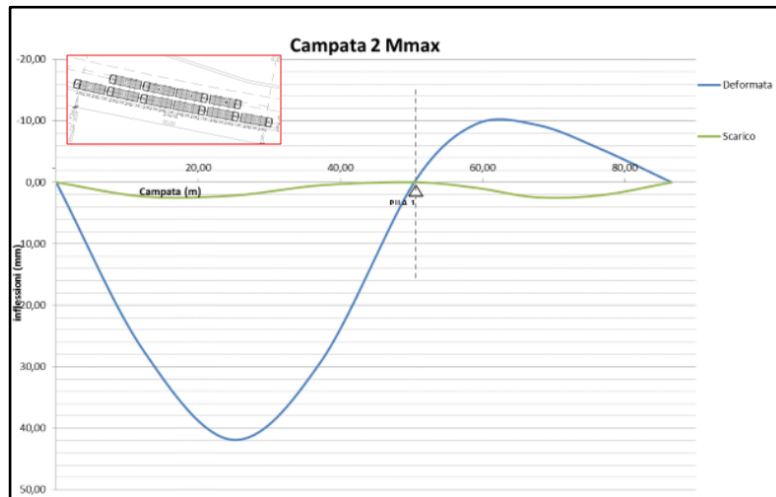


Figura 8 Deformata Campata 2

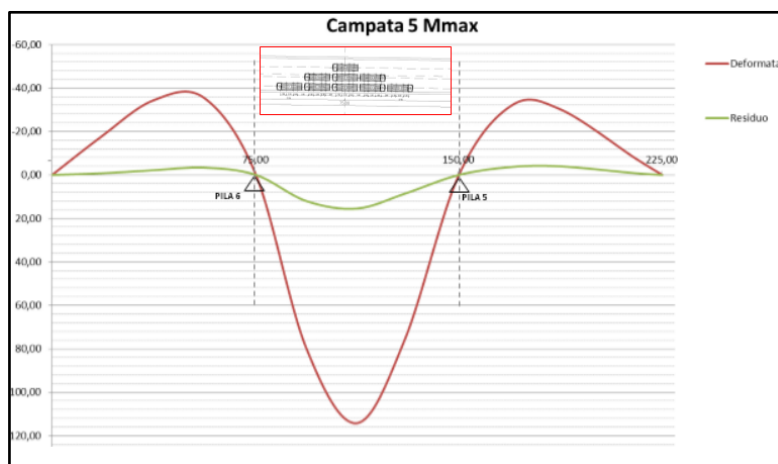


Figura 9 Deformata campata 5

2.2. INDAGINE ESTENSIMETRICA

Le misure delle inflessioni e delle rotazioni sono state completate da misure dello stato tensionale mediante estensimetri elettrici. L'installazione degli estensimetri elettrici a resistenza (ER) è stata eseguita secondo le procedure della norma UNI 10478, le Istruzioni Operative del Laboratorio IO 07-13/ACC.



Figura 10 Incollaggio ER sull'acciaio



Figura 11 Incollaggio ER su cls



Figura 12 Incollaggio ER sulla piattabanda inferiore

In particolare, in corrispondenza della mezzeria delle campate n° 4, 5 e 6 del viadotto, sono stati posizionati 8 estensimetri elettrici di cui 6 sulle piattabande inferiori e due sulle piattabande superiori; sono stati applicati due ulteriori estensimetri sulla soletta in c.a. uno per ciascun lato (vedi Figura 13). In totale per le tre campate sono stati monitorati 30 punti di misura ed i segnali sono stati acquisiti mediante la centralina HBM Mod. MGC Plus settata per il collegamento a quarto di ponte.

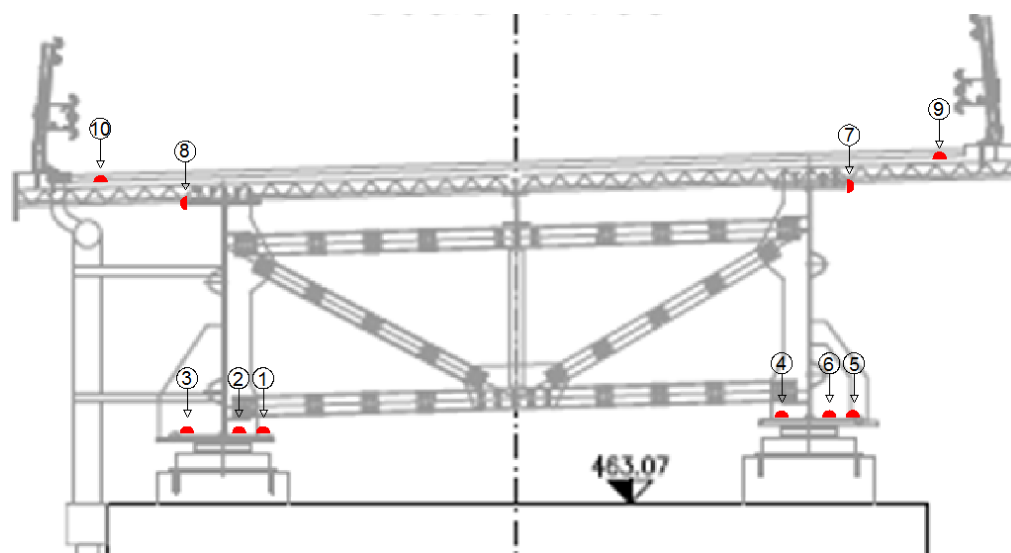


Figura 13 Schema di posizionamento degli estensimetri

2.3. PROVE DI CARATTERIZZAZIONE DINAMICA

Le frequenze proprie, le deformate modali e i fattori di smorzamento sono state valutate mediante una campagna di indagini dinamiche sperimentali svolte in situ, sviluppata con l'ausilio di 15 sensori accelerometrici. In considerazione delle notevoli dimensioni del viadotto e del numero elevato di DOFs è stato necessario predisporre 10 set up di prova le cui risultanze sono state opportunamente assemblate ottenendo il comportamento della struttura nella sua globalità.

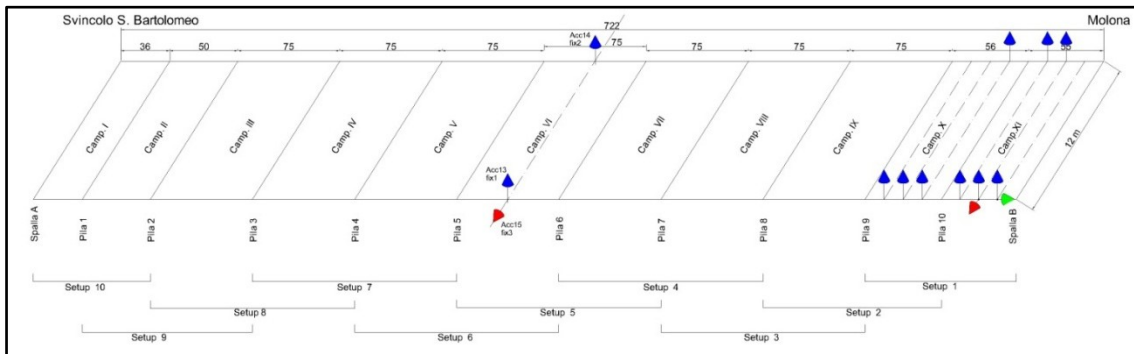


Figura 14 Disposizione strumentazione per set up 1

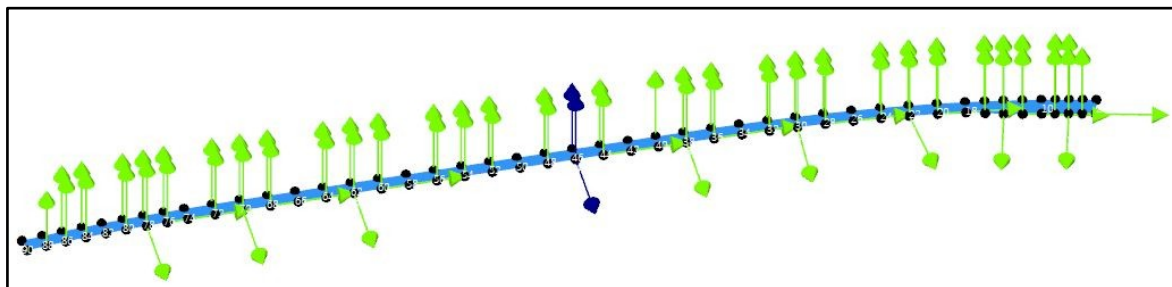


Figura 15 Configurazione globale del modello

La struttura è stata messa in vibrazione mediante eccitazione ambientale, per una durata complessiva di 2400 sec. [4], ed i parametri dinamici sono stati identificati mediante la tecnica FDD (*Frequency Domain Decomposition*) ed elaborati attraverso un software dedicato. Tale tecnica rispetto a quelle usuali che utilizzano la PSD (*Power Spectral Density*) consente in modo chiaro e preciso di distinguere frequenze tra loro vicine grazie alla decomposizione in valori singolari della matrice dei cross-spettri (Figura 17). Operando in questo modo si tiene conto della molteplicità dei modi.

Le frequenze proprie sono così individuate direttamente nel grafico dei valori singolari della matrice di densità spettrale.

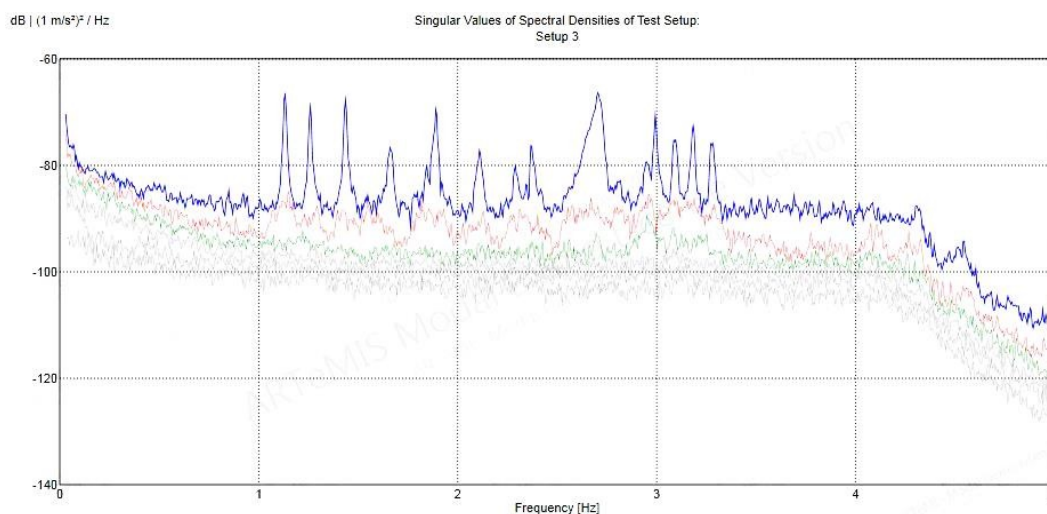


Figura 16 Valori singolari della matrice di densità spettrale – Setup 3

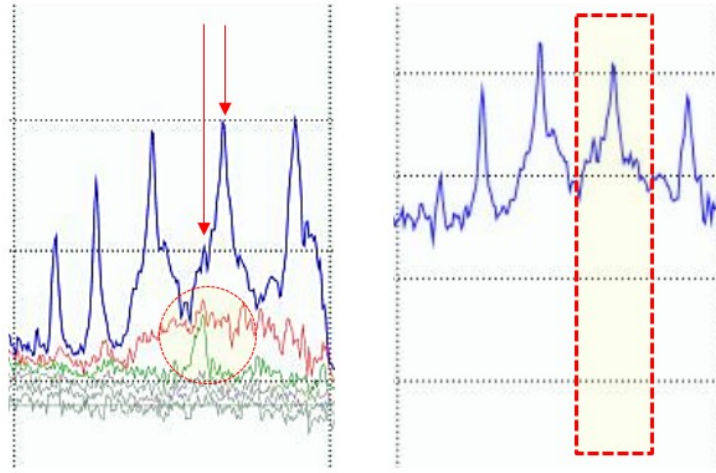


Figura 17 Rappresentazione dei valori PSD e di quelli rilevati dalla FDD

È stato predisposto un modello agli elementi finiti, validato mediante prove di caratterizzazione dinamica, successivamente utilizzato per il confronto con le risultanze sperimentali delle prove statiche e quelle dedotte su modello considerando le condizioni di carico di prova.

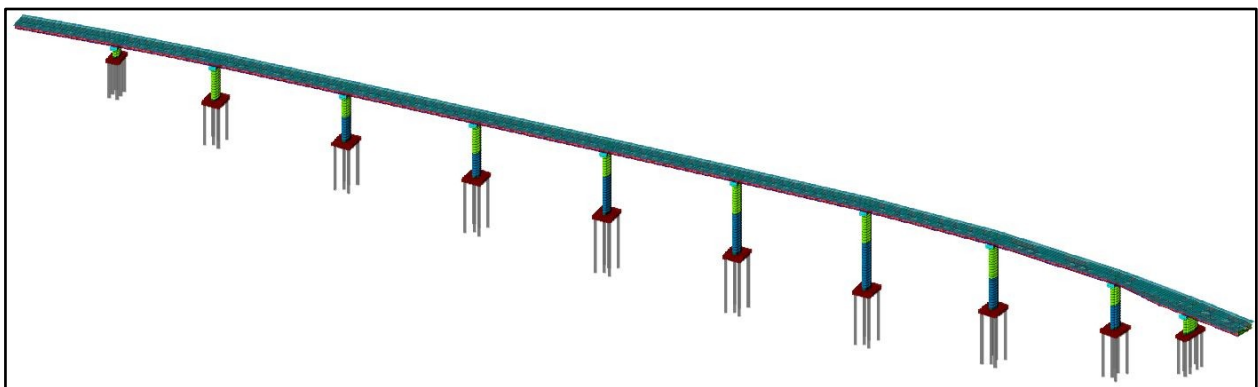


Figura 18 Vista assonometrica del modello FEM

Mediante tale modello sono stimate le frequenze (Tabella 1) e le forme modali teoriche (Tabella 2) che sono state confrontate con i risultati sperimentali. Tali confronti hanno evidenziato un buon accordo tra i dati sperimentali e numerici.

	f_1 [Hz]	f_2 [Hz]	f_3 [Hz]
Frequenze sperimentali	0.703	1.26	2.70
Frequenze teoriche	0.702	1.19	2.58
<i>Differenza [%]</i>	0.1	5.5	4.9

Tabella 1 Confronto frequenze sperimentali e teoriche

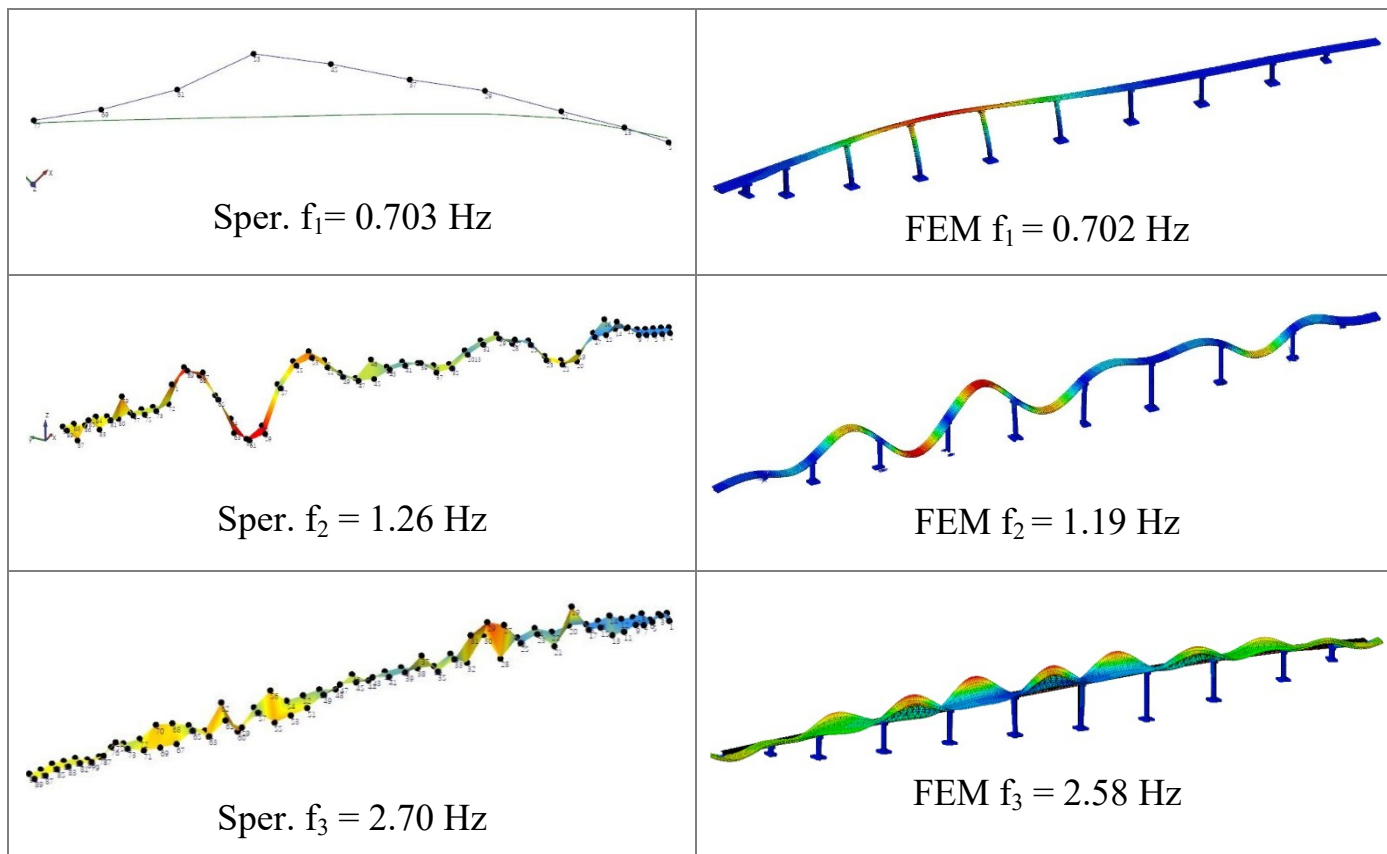


Tabella 2 Confronto forme modali sperimentali e teoriche

3. CONCLUSIONI

Le indagini condotte sul viadotto hanno consentito di definire sia dal punto di vista statico che dinamico il comportamento sotto i carichi di collaudo. L'usuale rilevazione delle inflessioni degli elementi assoggettati al collaudo è stata integrata dalla misura dello stato tensionale durante tutte le fasi delle prove. Le prove di caratterizzazione dinamica hanno tra l'altro consentito la calibrazione di un modello FEM successivamente impiegato per il riscontro del dato sperimentale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni – DM 14/01/2008.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009 n.617, “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M 14 gennaio 2008”. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
- [3] UNI 10985:2002, “Vibrazioni su ponti e viadotti: Linee guida per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici”.
- [4] G. Fabbrocino, C. Rainieri, G. Verderame, “L'analisi dinamica sperimentale e il monitoraggio delle strutture esistenti. Controllo e monitoraggio di edifici in Calcestruzzo Armato: il caso-studio di Punta Perotti”, Bari, Italia, Giugno 2007.
- [5] D.J. Ewins, “Modal Testing: Theory and Practice”. John Wiley & Sons Inc, USA, 1984.