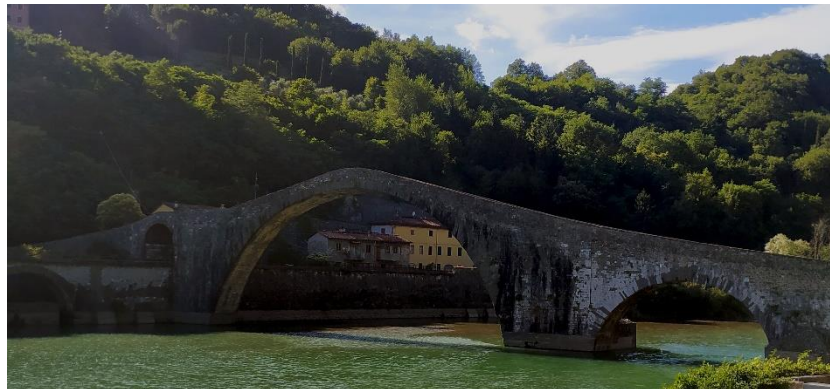




FABRE – Consorzio di ricerca per la valutazione di ponti viadotti e altre strutture

Ponti, viadotti e gallerie esistenti: ricerca, innovazione e applicazioni

2- 4 Febbraio 2022, Lucca



Monitoraggio strutturale del ponte strallato Filomena Delli Castelli sul fiume Saline (PE)

**Raoul Davide Innocenzi¹, Davide Arezzo¹, Vanni Nicoletti¹, Sandro Carbonari¹,
Fabrizio Gara¹, Luigino Dezi²**

¹Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy

²DSD Dezi Steel Design srl, Ancona, Italy



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

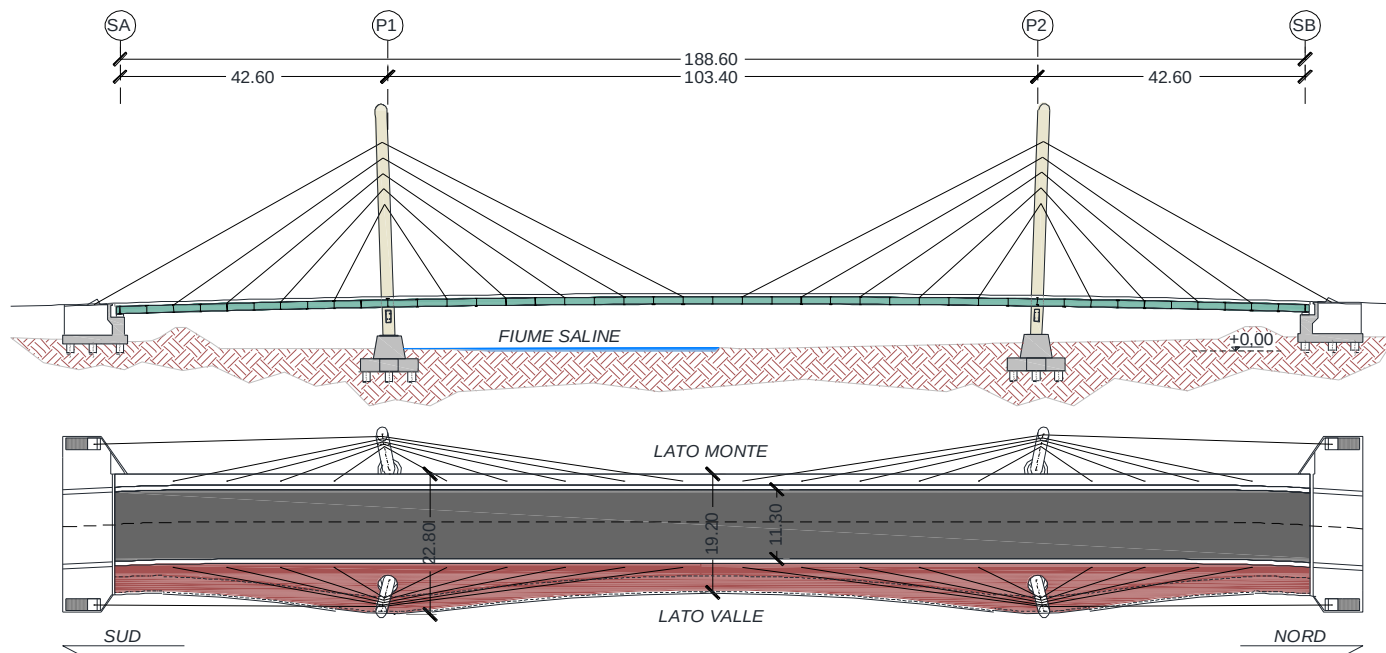


Contenuti

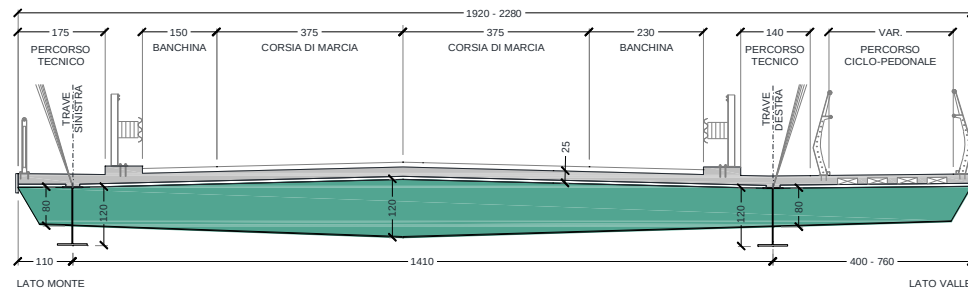
- ✓ Il Ponte strallato *Filomena Delli Castelli*
- ✓ Il processo di controllo della salute strutturale
- ✓ Structural Health Monitoring System
- ✓ Optimal Sensor Placement
- ✓ Modello FEM e Digital Twin



Profilo longitudinale e planimetria generale

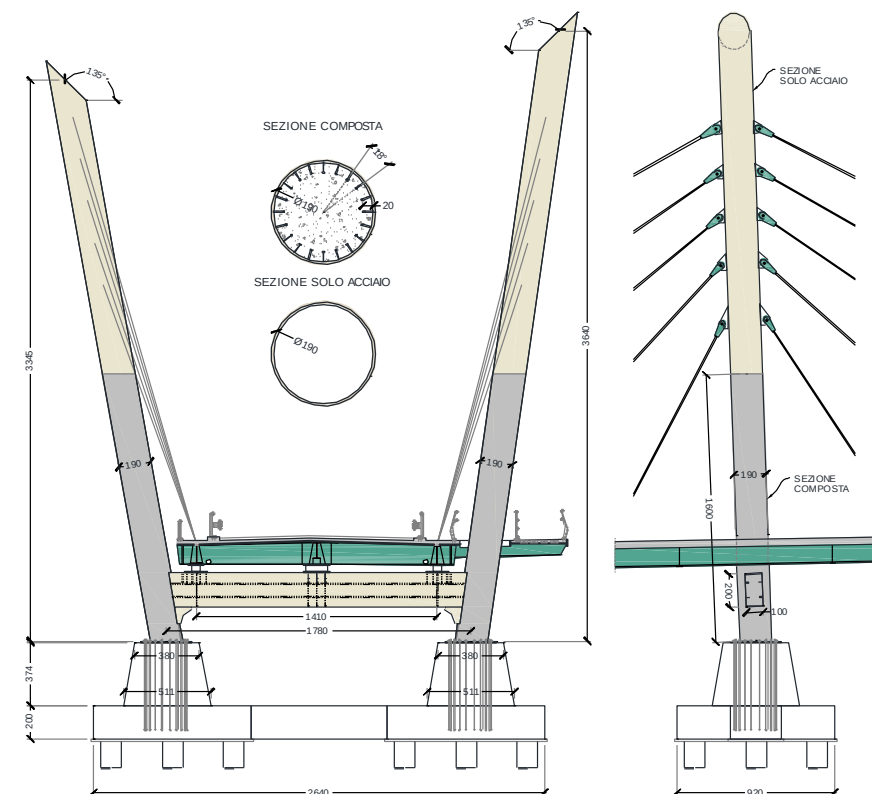


Sezione trasversale impalcato

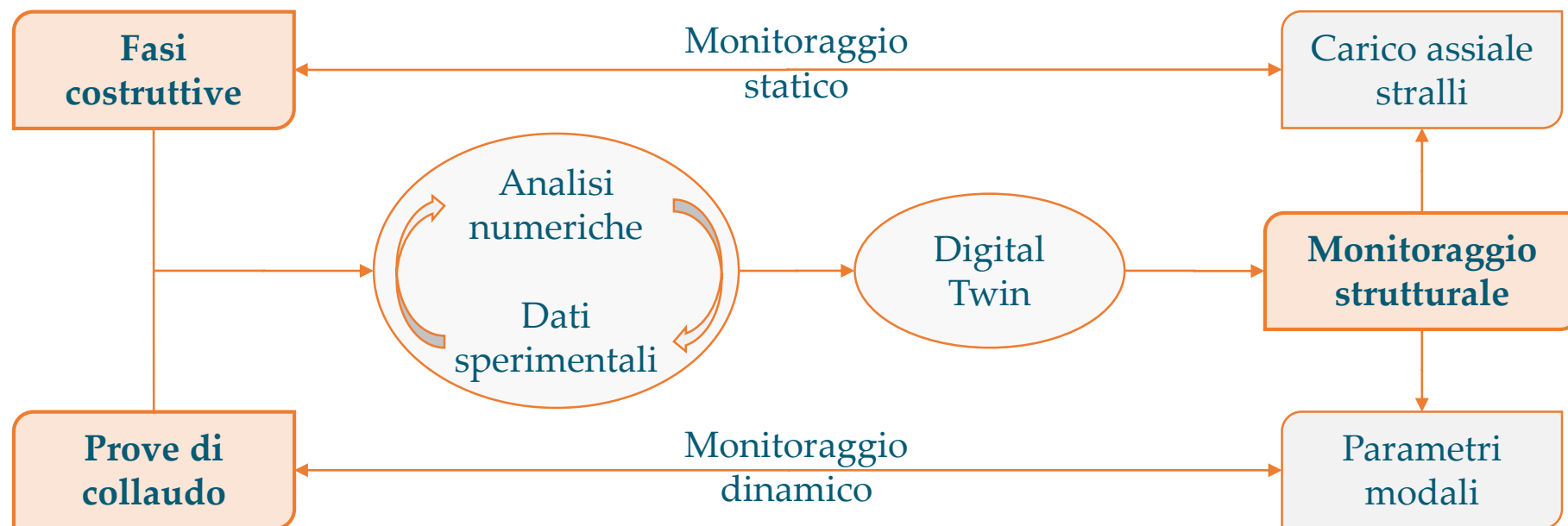


- ✓ Luci 42.6 – 103.4 – 42.6 m per una lunghezza totale di 188.6 m
- ✓ Antenne a sezione composta acciaio-cls
- ✓ Impalcato bitrave a sezione composta acciaio-cls
- ✓ Traversi aggettanti a sezione composta acciaio-cls
- ✓ Impalcato isolato (isolatori elastomerici con nucleo in piombo)

Geometria dei piloni



Processo di controllo della salute strutturale dei ponti strallati



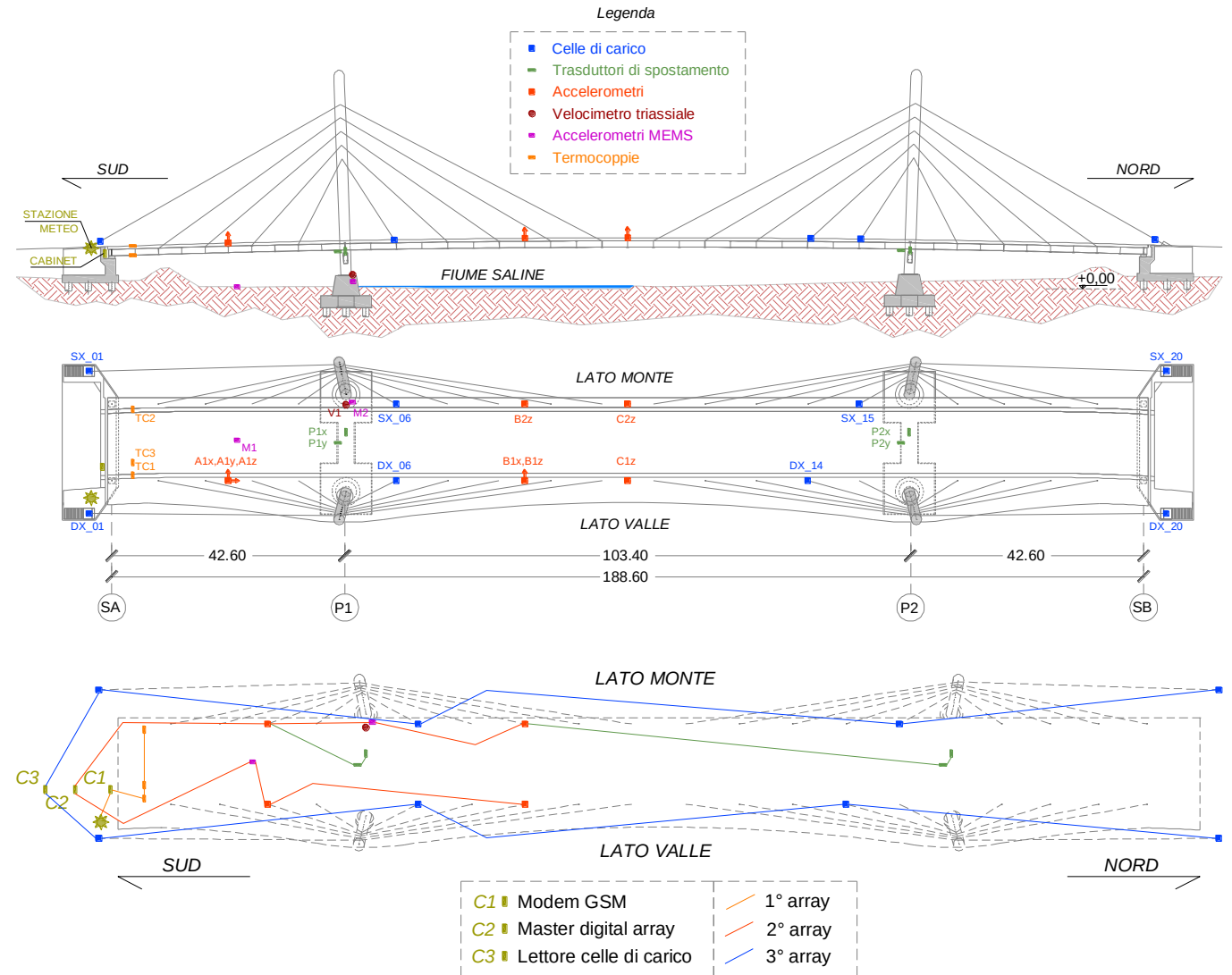
Structural Health Monitoring System (SHMS)

Monitoraggio permanente e integrato

- ✓ **Monitoraggio statico**
 - ✓ 8 celle di carico degli stralli
 - ✓ 2 trasduttori di spostamenti sugli isolatori
- ✓ **Monitoraggio dinamico**
 - ✓ 8 accelerometri sull'impalcato
- ✓ **Monitoraggio sismico**
 - ✓ 1 velocimetro triassiale e 1 acc. MEMS sulla base della pila P1
- ✓ **Parametri ambientali**
 - ✓ 3 termocoppie per la temperature superficiale
 - ✓ 1 stazione meteo (temperature dell'aria e velocità del vento)

Sistema di acquisizione e trasmissione dei dati

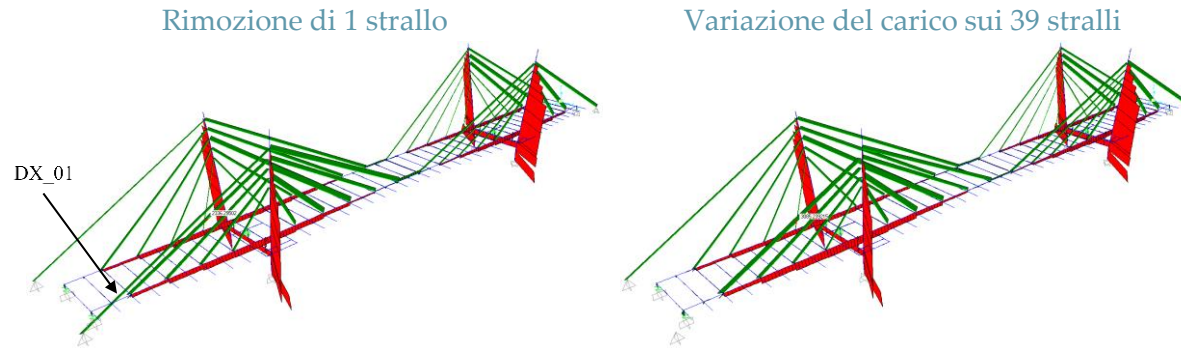
- ✓ Controllo remote e in tempo reale dei dati
- ✓ 2 acquisizioni giornaliere
- ✓ Acquisizioni dopo un terremoto
- ✓ Visite periodiche



Optimal Sensor Placement (OSP)

Scelta degli stralli da monitorare

- ✓ Studio dell'effetto della rimozione di uno strallo sugli altri stralli (utile anche per le analisi di robustezza)



40 stralli strumentati con celle di carico permanenti

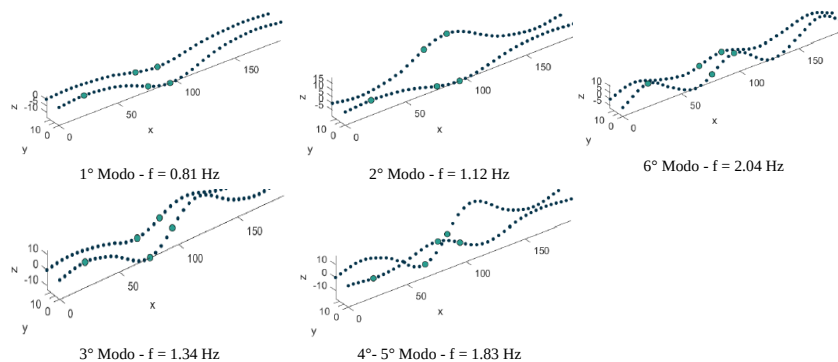


- 8 stralli monitorati in continuo
- 32 stralli monitorati periodicamente

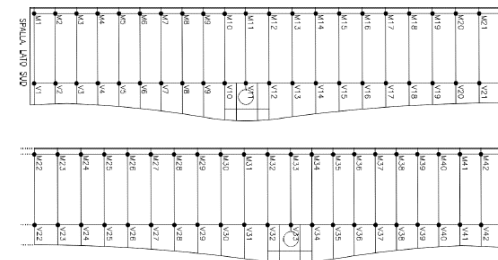


Scelta dei punti dell'impalcato dove posizionare gli accelerometri

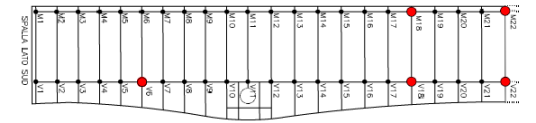
- ✓ Identificazione dei primi 5 modi con il minor numero di accelerometri tramite l'*Effective Independence Method*



86 possibili posizioni (nodi travi-traversi)



5 posizioni per 8 accelerometri



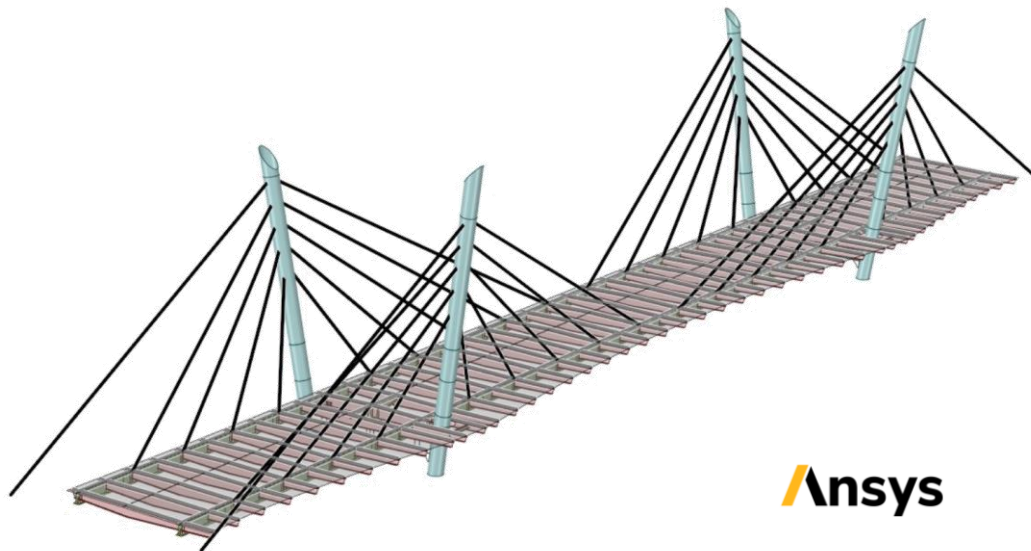
Modello agli Elementi Finiti e Digital Twin

Valutazione più accurata di:

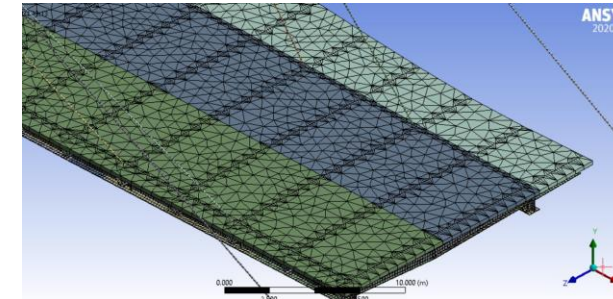
- ✓ **Modi torsionali** (torsione non uniforme) e **larghezza efficace della soletta**
- ✓ **Rigidezza a bassissime deformazioni** e **contributo della pavimentazione stradale**
- ✓ **Collegamento travi-soletta**

- **Elementi shell per soletta**, travi e piloni con ottimizzazione della mesh
- **Incremento modulo di Young del cls della soletta** da 33,64 a 42 GPa
- **Legame non lineare** con Modello di Olgaard

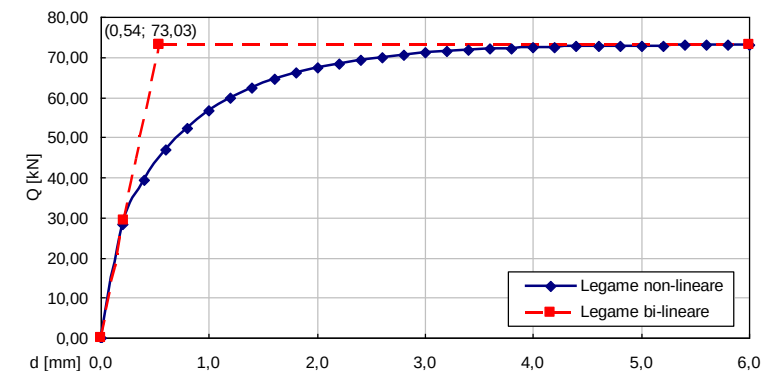
Vista estrusa del modello 3D del ponte



Ottimizzazione della mesh

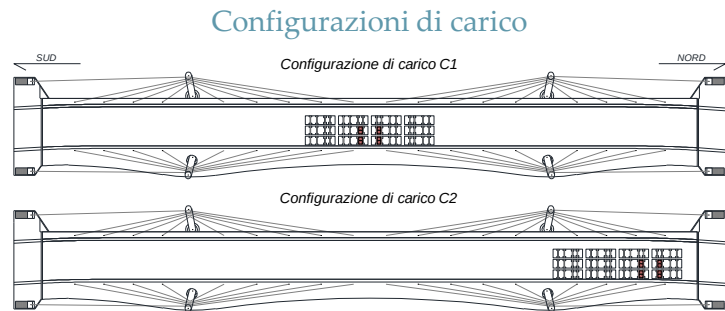


Modello di Olgaard per un singolo piolo



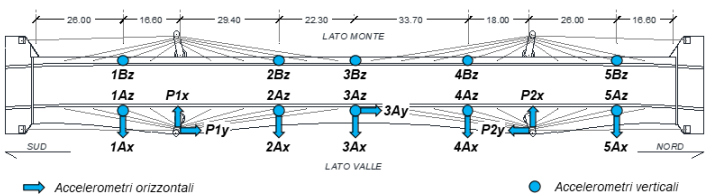
Modello agli Elementi Finiti e Digital Twin - Interpretazione del collaudo statico e dinamico

✓ Prove di carico statiche in due configurazioni

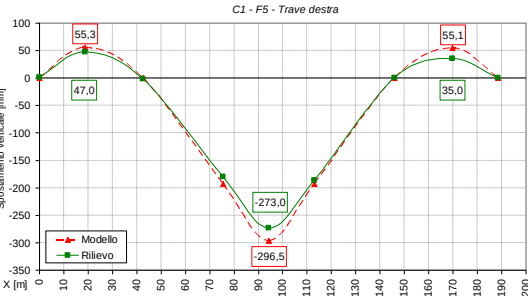


✓ Prove di vibrazione ambientale (AVTs) su impalcato e fondazioni

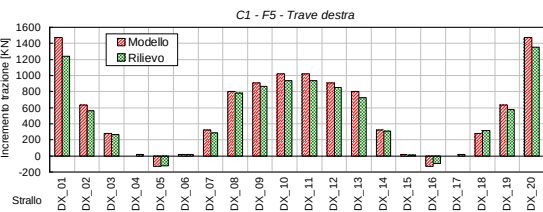
Posizionamento accelerometri su impalcato e antenne



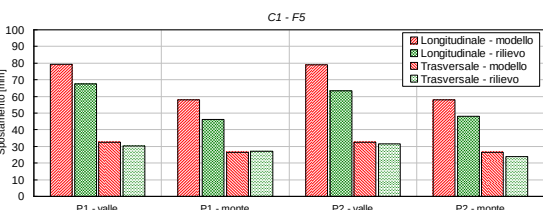
Inflessione trave destra – conf. C1



Incremento carico assiale stralli – conf. C1



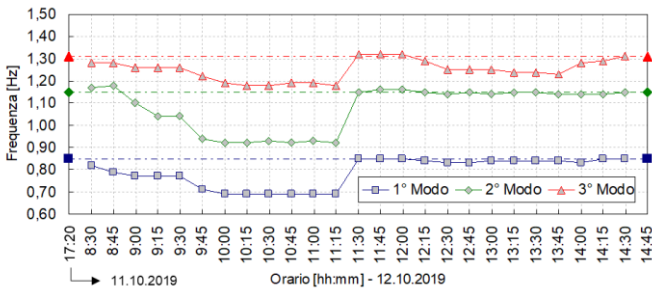
Spostamenti antenne – conf. C1



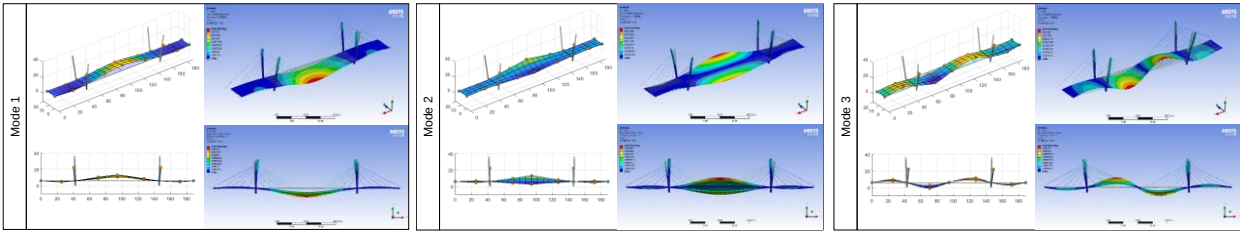
Frequenze proprie – ponte scarico

Modo	Forma	Freq. Numerica [Hz]	Freq. Sperimentale [Hz]
1	1° flessionale	0,81	0,85
2	1° torsionale	1,12	1,15
3	2° flessionale	1,34	1,31
4	2° torsionale	1,83	1,77
5	3° torsionale	1,83	1,78
6	3° flessionale	2,04	1,95

Monitoraggio delle prime 3 frequenze durante le prove di carico

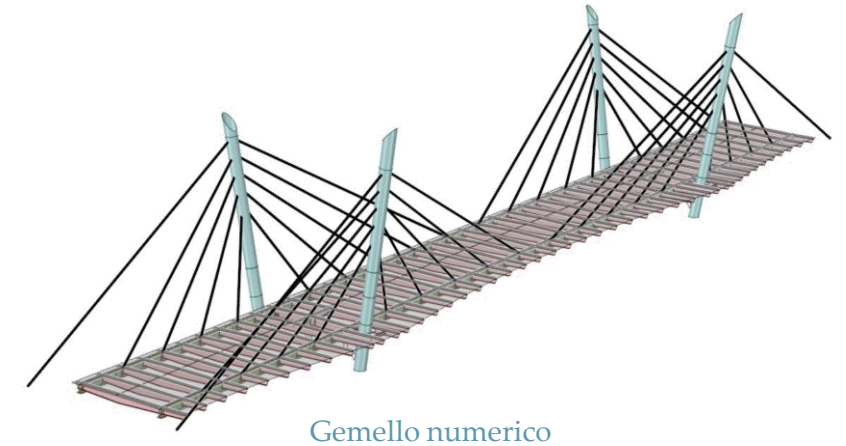


Primi modi propri di vibrare – ponte scarico



Modello agli Elementi Finiti e Digital Twin

- ✓ Elaborazione di **algoritmi predittivi** per simulazione di diversi **scenari di degrado e di danno** plausibili
- ✓ Ottenimento di **valori di allerta** mediante l'interpretazione degli **effetti sulle grandezze misurate**
 - Frequenze dell'impalcato 
 - Carico assiale degli stralli 
 - Spostamenti degli isolatori 
- ✓ Definizione di **procedure di allarme e di intervento** per superamento delle soglie di allerta



Ponte reale





Grazie per l'attenzione

Ing. Raoul Davide Innocenzi

Ingegnere civile | PhD Student | r.d.innocenzi@pm.univpm.it

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

Università Politecnica delle Marche

