

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



Ing. Ezio Corrado

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI
VIA Ingegneria srl (Mandataria)
ATP Ambiente Trasporti Progettazione srl (Mandante)
Pini Swiss (Mandante)
Studio di Ingegneria Ing. Valerio Felli (Mandante)
Prometeo Engineering srl (Mandante)
SINAR srl (Mandante)
Ing. Ezio Corrado (Mandante)

SOGGETTO TECNICO : RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURE TERRITORIALE
CAGLIARI - S.O. INGEGNERIA

PROGETTO DEFINITIVO

Manutenzione straordinaria del ponte al km 4+676 della linea Cagliari - Golfo Aranci

Elaborati Generali
Relazione sulle strutture esistenti

SCALA: -
FOGLIO: 1 di 1

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
316521	003	PD	TG00	00	00	E003

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	M. Nevola	09/08/2024	S.Verni	09/08/2024	V.Bruno	09/08/2024		

LINEA

SEDE TECNICA

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI	3
2.1	Riferimenti normativi.....	3
2.2	Documenti tecnici.....	3
3	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO.....	4
4	ANALISI STORICO CRITICA DELL'OPERA E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	5
5	CONCLUSIONI	12

1 PREMESSA

Con nota RFI-DOI.II\A0011\P\2021\0001264 del 17/11/2021 veniva comunicata l'aggiudicazione definitiva della Procedura n. DAC.0144.2020 – Lotto 4 – DOIT Cagliari a Sinar srl in Raggruppamento Temporaneo di Imprese. Con nota RFI-DOI.T.CA.ING\A0011\P\2022\0000772 del 26/06/2022 è avvenuta la consegna delle prestazioni in pendenza di stipula in via d'urgenza relative alla presente progettazione definitiva che ha per oggetto "Manutenzione straordinaria del ponte al km 4+676 della linea Cagliari-Golfo Aranci".

in data 19/01/2023 è stato emesso il contratto applicativo N.53 avente oggetto Redazione dello studio di fattibilità tecnica ed economica e del progetto definitivo, degli interventi di "Manutenzione straordinaria dei ponti ubicati al km 4+676, al km 143+610, al km 243+442 della linea Cagliari Golfo Aranci". In data 15/05/2023 è stata disposta la formale consegna delle prestazioni per la redazione dei servizi di ingegneria.

Nel progetto di fattibilità tecnico-economica aveva analizzato le seguenti tre possibili soluzioni progettuali:

1. intervento di ripristino del calcestruzzo ammalorato e/o fessurato;
2. intervento di consolidamento dell'opera esistente attraverso il rinforzo della fondazione dello scatolare con micropali di diametro 250mm e lunghezza di circa 40m. In seguito all'ultimazione delle operazioni di rinforzo dello scatolare è prevista la demolizione della struttura in profili metallici presente all'interno della prima canna lato Elmas. Infine sono previsti gli interventi di ripristino del calcestruzzo ammalorato e/o fessurato;
3. **demolizione dell'impalcato esistente in c.a., demolizione dei due setti centrali e realizzazione di un nuovo impalcato del tipo a cassone metallico porta-ballast. Sarà eseguito il rinforzo delle spalle esistenti con una struttura in calcestruzzo armato posta a tergo delle stesse.**

La soluzione progettuale scelta è la n.3.

La presente relazione fa parte del progetto definitivo degli interventi di sostituzione dell'impalcato esistente in c.a. con due nuovi impalcati del tipo a cassone metallico porta ballast e rinforzo delle spalle esistenti con una struttura in calcestruzzo armato posta a tergo delle spalle esistenti stesse. Per migliorare idraulicamente l'opera è stata prevista la demolizione dei setti centrali e della struttura metallica di sostegno presente nella prima canna lato Elmas.

2 RIFERIMENTI

2.1 Riferimenti normativi

- [1] DM 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- [2] CM 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- [3] D.lgs. 163/2006 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE
- [4] Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50. Codice dei contratti pubblici
- [5] D.P.R. 207/2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163”
- [6] D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
- [7] R.D. 30 dicembre 1923 n.3267 “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”
- [8] Norme di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (D.G.R. n.54/33 del 30 dicembre 2004 e s.m.i.)
- [9] Legge Regionale 25 Novembre 2004, N°8, Piano Paesaggistico Regionale
- [10] Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale ai sensi dell'art. 3 comma 3 lettera g) della LR 27 aprile 2016, n. 8 "Legge Forestale della Sardegna"
- [11] DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2018, n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali
- [12] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio
- [13] Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale ai sensi dell'art. 3 comma 3 lettera g) della LR 27 aprile 2016, n. 8 "Legge Forestale della Sardegna"
- [14] DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2018, n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali
- [15] Manuale di progettazione delle opere civili Parte II – Sezione 2
- [16] Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili RFI DTC SI SP IFS 001 D

2.2 Documenti tecnici

- [17] Indagine geognostica, Dicembre 1987
- [18] Realizzazione di un rilevato ferroviario con EPS (expanded poly-styrol) – Pubblicazione su “La tecnica professionale” n.11 Novembre 2001
- [19] RFI-DMA-DICA\A0011\P\2006\0000190 – Richiesta di monitoraggio 15/02/2006
- [20] RFI-DMA-DICA\A0011\P\2006\0000765 – Nota sul monitoraggio 20/06/2006
- [21] Nota sullo stato dell'opera 13/06/2007
- [22] Attività di indagini in situ, in laboratorio e di rilievo geometrico-strutturale finalizzate all'individuazione dei parametri del sottosuolo, delle caratteristiche geometriche e meccaniche occorrenti per l'esecuzione delle verifiche di vulnerabilità sismica su opere d'arte e fabbricati ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e s.m.i. nella Direzione Territoriale Produzione di Cagliari

3 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L'area interessata dalle opere in progetto è localizzata all'interno del territorio comunale di Cagliari in provincia di Cagliari (Figura 1). Per quanto riguarda la cartografia ufficiale dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGM) l'area ricade nella tavoletta alla scala 1:25.000, N° 557 SEZ. III "Cagliari" (Figura 2).

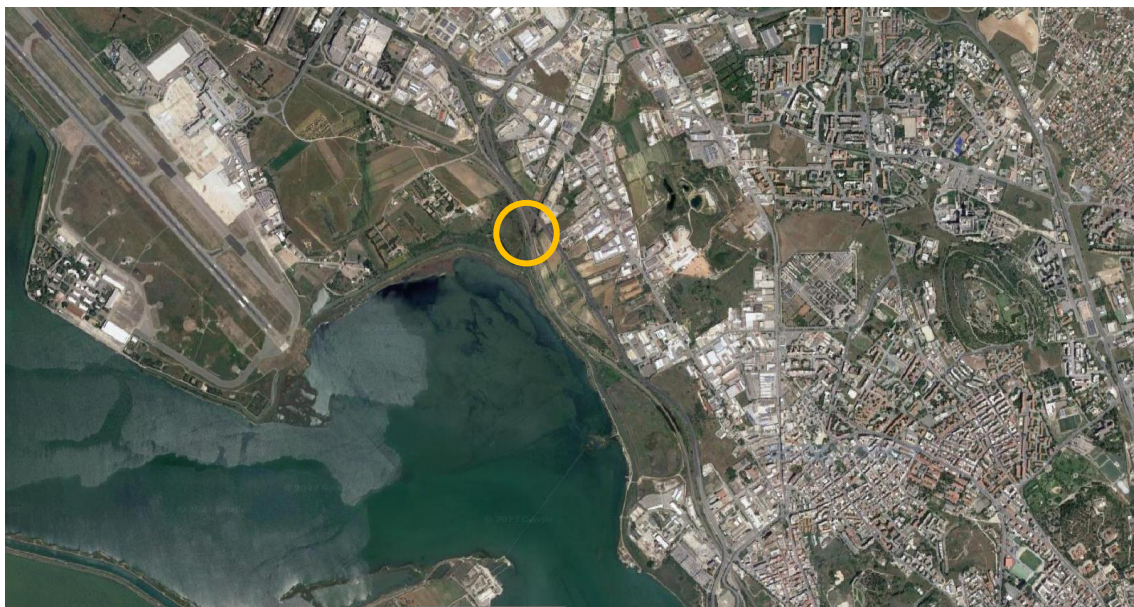


Figura 1 – Individuazione dell'area di intervento



Figura 2 – Stralcio IGM con indicazione dell'area di intervento.

4 ANALISI STORICO CRITICA DELL'OPERA E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Tra le stazioni di Cagliari ed Elmas in occasione del raddoppio della linea ferroviaria Cagliari-Decimomannu, nel 1982 è stato costruito un ponte a tre luci di 2,20m ciascuna e altezza 3,00m. L'opera, realizzata in cemento armato con fondazione a platea, termina alle estremità con muri andatori, costruiti anch'essi in cemento armato, poggianti sulla stessa platea del ponte a formare un unico monolite. L'estremità della struttura, lato Elmas, va ad interessare un terreno di fondazione impostato su un paleo alveo colmato da alluvionali argillo-limosi organici di recente deposizione.



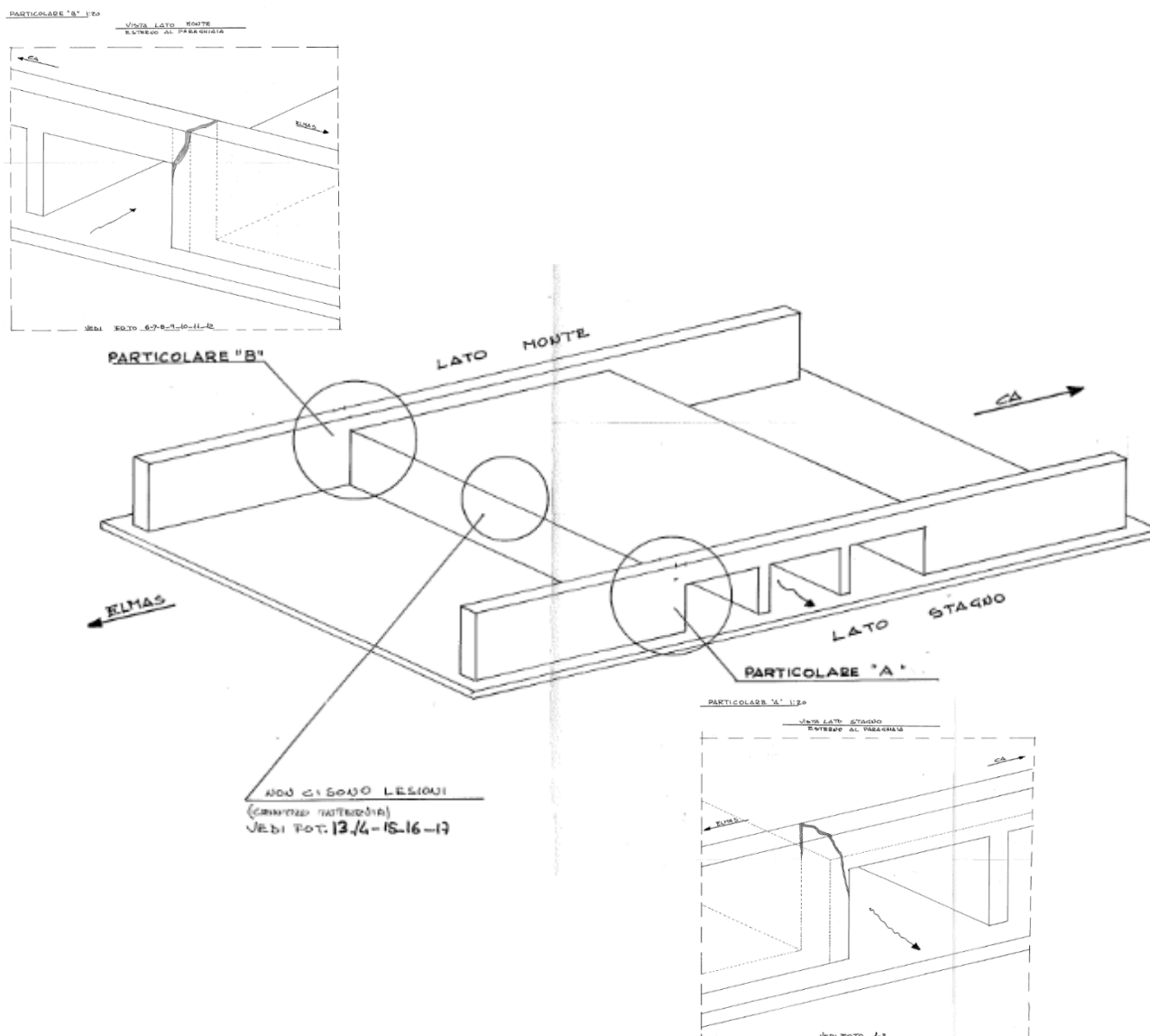
Figura 3 – Vista del ponte lato monte (sx) e lato mare (dx) – sopralluogo del 27/07/2022

La struttura, ha subito un progressivo abbassamento differenziale del piano di appoggio della platea di fondazione nel verso da Cagliari a Elmas e da monte verso mare. Gli spostamenti sono stati periodicamente rilevati dall'ufficio lavori di Cagliari a partire dal mese di ottobre del 1986. Per indagare su tale fenomeno sono stati eseguiti, tra l'altro, n°2 sondaggi geognostici corredati di prove ed analisi di laboratorio. Le conclusioni di tale studio [17] sono che:

“restano confermate le pessime qualità del terreno sottostante la fondazione del manufatto. Il processo di consolidamento è tuttora in atto e pare ben lungi dal suo compimento sotto l'effetto dei carichi indotti.

Fra i suddetti carichi si ritiene abbia particolare influenza quello del rilevato adiacente la spalla indagata; tale rilevato ha infatti larghezza ben maggiore rispetto alla fondazione del manufatto e quindi il relativo bulbo delle pressioni altera le previsioni relative al cedimento del manufatto considerato a sé stante. Si ritiene inoltre sottovalutata l'influenza dei cedimenti per effetto della potenza variabile (da Sud verso Nord e da Est verso Ovest presumibilmente) degli strati compressibili”

Agli inizi degli anni 90 erano già presenti nel manufatto lesioni di distensione conseguenti al movimento di immersione della struttura, lato Elmas, che denunciavano un movimento rotatorio del piano di appoggio della fondazione [18][19][20][21]. Si riporta di seguito una vista assonometrica con dettaglio delle fessure graficizzate su elaborati storici recuperati negli archivi di RFI.



Nell'anno 2000, per contrastare questo fenomeno, il corpo del rilevato di approccio al ponte lato Elmas, per una estesa di 12m, è stato sostituito con polistirene espanso, un materiale ultra leggero, alleggerendo così il carico gravante sul terreno di fondazione sottostante (Figura 4). I muri andatori lato Elmas, che presentavano vistose lesioni sull'attacco alla spalla del ponte, sono stati resi indipendenti tagliando i ferri di collegamento alla spalla stessa, creando così un giunto di dilatazione [18] [20].

Prima e dopo l'intervento di alleggerimento del rilevato sono state fatte misurazioni plano-altimetriche per accertare se, dopo l'intervento, veniva raggiunto l'equilibrio statico. Si è monitorato anche il giunto di dilatazione fra spalla e muro andatore, lato monte mentre non si è ritenuto necessario monitorare il giunto lato mare in quanto, lo si è ritenuto sufficientemente stabile.

Nel rapporto di visita opere d'arte del 08/05/2007 (allegata a [21]) si riportava *"distacco, in continuo aumento, con una luce di circa cinque cm (compreso il polistirolo) e un disallineamento trasversale di circa 7,5 cm tra la spalla lato Elmas e il muro andatore lato dx lasciando così presumere un continuo cedimento della struttura. [...]. Per quanto sopra, si richiede alla S.S. ulteriore visita straordinaria con la partecipazione di personale con maggiore*

specializzazione al fine di accertare le condizioni statiche del manufatto, anche con l'impiego di strumenti diagnostici avanzati [...]".



Figura 4 – Report fotografico intervento di alleggerimento spalla lato Elmas

A seguito della richiesta è stata effettuata una visita all'opera d'arte durante la quale sono state misurate la luce di una giunzione tra muro andatore e spalla lato Elmas e il disallineamento dello stesso muro andatore rispetto alla struttura del ponte dovuto ad un movimento di inclinazione di questo verso il rilevato ferroviario. Le conclusioni di tale campagna di misurazioni sono riportate in [21] e si riportano di seguito:

“Le misure effettuate hanno evidenziato piccoli movimenti il cui massimo valore è stato di mm.10,29 di maggior apertura della luce in cerniera tra il muro andatore e la spalla del ponte e di mm 7 di maggior inclinazione del muro andatore nell'arco di sei anni. Si è potuto riscontrare che i movimenti rilevati e ancora in atto nell'opera d'arte, non riguardano la struttura portante del ponte ma sono esterni a questa. L'impalcato, le pile e le spalle non presentano segni di cedimento o di degrado strutturale e l'opera d'arte è, pertanto, pienamente efficiente e garantisce la massima sicurezza per l'esercizio ferroviario”.

In data 27/07/2022 è stato effettuato un sopralluogo congiunto con i tecnici di RFI per individuare l'intervento di manutenzione straordinaria più appropriato per l'opera in oggetto. Si riporta di seguito report fotografico sullo stato dei luoghi:



Figura 5



Figura 6

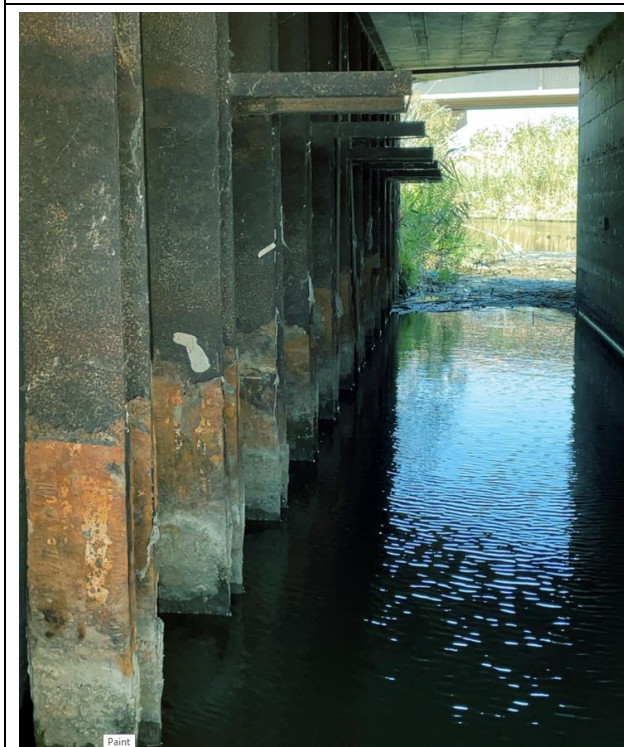


Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11

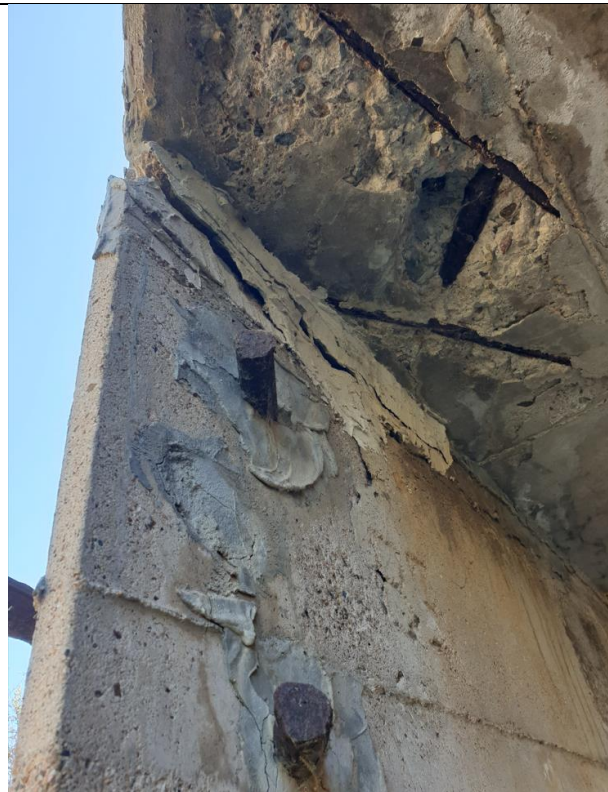


Figura 12



Figura 13

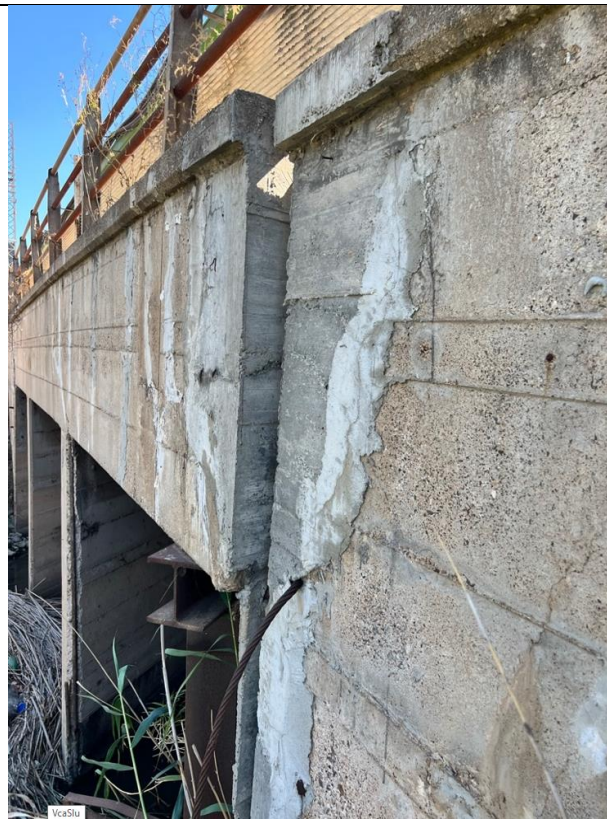


Figura 14

Figura 15 – Sopralluogo del 27/07/2022

Dalla visita dell'opera d'arte risulta che: lato mare (Figura 5 e Figura 6) è visibile il giunto realizzato per disconnettere il muro andatore alla spalla lato Elmas. Sempre sul prospetto lato mare, in prossimità del collegamento tra il muro andatore e la spalla lato Cagliari, sono presenti fessure inclinate. All'interno della prima canna lato Elmas è presente la struttura in profili metallici posta al momento dell'intervento di sostituzione del terreno adiacente alla spalla. Tale struttura presenta visibili e diffusi segni di ossidazione ed esfoliazione (Figura 7 e Figura 8). È da sottolineare inoltre che tale struttura riduce la sezione trasversale di un'opera d'arte che, nel Piano di Assetto Idrogeologico della regione Sardegna risulta indicato a rischio idraulico per luce insufficiente [21].

Analogamente a quanto rilevato lato mare, lato monte (Figura 9 e Figura 10), è visibile il giunto di separazione tra muro andatore e spalla lato Elmas (Figura 13 e Figura 14) e, in corrispondenza del collegamento tra il muro andatore e la spalla lato Cagliari, lesioni con andamento obliquo che si estendono per circa 50cm all'interno dello scatolare. Il quadro fessurativo fa presupporre dunque lo sviluppo, lato Cagliari, di un fenomeno analogo a quanto osservato lato Elmas e quindi di rotazioni, attorno alla soletta di base, dei muri andatori a seguito di cedimenti fondazionali (Figura 11 e Figura 12).

Sulle spalle e sui piedritti, in prossimità delle sezioni di imbocco sono presenti fenomeni di espulsione del copriferro e ossidazione delle armature, all'intradosso della soletta superiore sono visibili ammaloramenti del calcestruzzo dovuti ad infiltrazioni.

Si riscontra infine la presenza di folta vegetazione in prossimità dei muri andatori lato mare e segni di ossidazione sui parapetti metallici.

Si riportano di seguito i prospetti lato monte e lato mare su cui sono stati graficizzati i quadri fessurativi descritti.

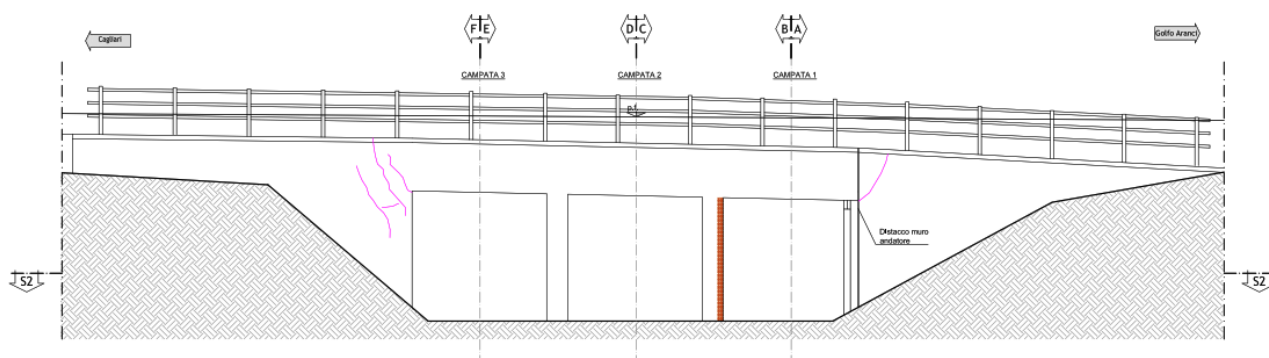


Figura 16 – Rilievo quadro fessurativo lato monte

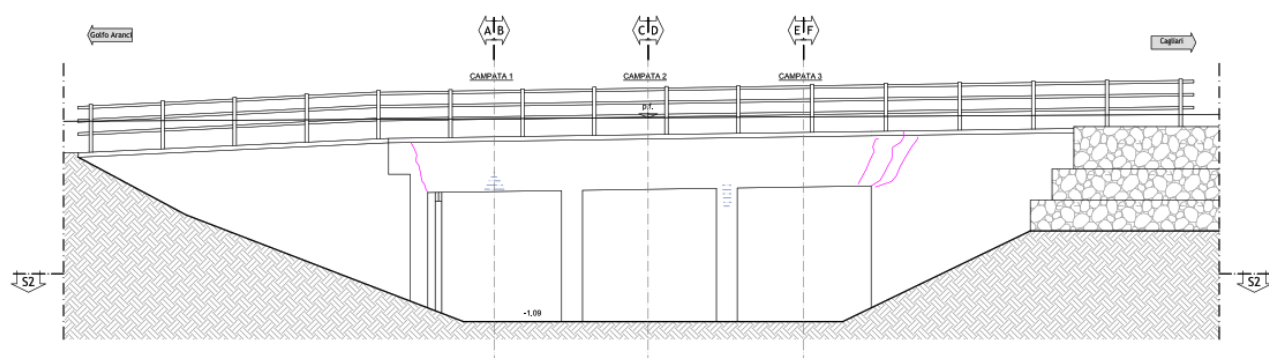


Figura 17 – Rilievo quadro fessurativo lato mare

Dall'analisi degli avvisi dello specialista opere d'arte forniti da RFI (avvisi dal 8/03/2019 fino al 27/04/2022) si apprende l'installazione di tre fessurimetri (vedi avviso 30/06/2020) in data 02 Aprile 2020 di cui uno monitora la luce del giunto tra muro andatore e spalla 2.

Le letture mensili dei fessurimetri mostrano "leggeri movimenti di apertura e chiusura sia in senso longitudinale della luce nella spalla 2 e sia, anche se di minor entità, nella spalla 1" (vedi avviso del 26/10/2021). Tali spostamenti hanno valore massimo pari a 2mm circa e possono essere legati a variazioni stagionali del livello d'acqua.

5 CONCLUSIONI

All'interno della presente relazione è stato descritto lo stato di fatto dell'opera alla pk 4+676 della linea Cagliari-Golfo Aranci. La struttura, ha subito, sin dalla fine degli anni '80 un progressivo abbassamento differenziale del piano di appoggio della platea di fondazione nel verso da Cagliari a Elmas e da monte verso mare. Tali abbassamenti hanno prodotto un tipico quadro fessurativo lato Elmas che denunciavano una rotazione del piano di appoggio della fondazione. Nell'anno 2000, per contrastare questo fenomeno, la struttura è stata soggetta a interventi di manutenzione straordinaria. In data 27/07/2022 è stato effettuato un sopralluogo congiunto con i tecnici di RFI per individuare l'intervento di manutenzione straordinaria più appropriato per l'opera in oggetto. È stato rilevato, lato Cagliari, un quadro fessurativo analogo a quello riscontrato lato Elmas. Con il PFTE degli "Interventi di manutenzione straordinaria al km 4+676 della linea Cagliari-Golfo aranci" è stato deciso di intervenire sull'opera in esame sostituendo l'attuale impalcato in c.a. con due nuovi impalcati del tipo a cassone metallico porta ballast e rinforzando le spalle esistenti con una struttura in calcestruzzo armato posta a tergo delle spalle esistenti stesse. Per migliorare idraulicamente l'opera è stata prevista la demolizione del setto centrale e la struttura metallica di sostegno presente nella prima canna lato Elmas.