



PROVINCIA DI BIELLA

AREA TECNICA AMBIENTALE, SERVIZIO PROGETTAZIONE,
ESECUZIONE INTERVENTI, SUPPORTO TECNICO OPERATIVO

PONTE SUL RIO POALA POSTO LUNGO LA SP 105
"ANDORNO MICCA – MOSSO" KM 12+600 NEI COMUNI DI
VEGLIO E VALDILANA

PERIZIA STATICA STRUTTURALE

REV.	DATA	MOTIVO DELLA REVISIONE
3		
2		
1		

RELAZIONE TECNICA

DATA :
MAGGIO 2021

REDAZIONE:

STUDIO CORONA S.r.l.
Civil Engineering
C.so Re Umberto, 23
10128 TORINO

Ing. Eugenio Marro

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

PROVINCIA DI BIELLA
SETTORE LAVORI PUBBLICI E
PROTEZIONE CIVILE
Via Q. Sella, 12
13900 BIELLA

Ing. Robertino Milani

PROVINCIA DI BIELLA

**AREA TECNICA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE INTERVENTI,
SUPPORTO TECNICO OPERATIVO**

**PONTE SUL RIO POALA POSTO LUNGO LA SP 105 " ANDORNO MICCA
- MOSSO " KM 12+600 NEI COMUNI DI VEGLIO E VALDILANA**

**PERIZIA STATICA STRUTTURALE
RELAZIONE TECNICA**

INDICE

1	PREMESSA	3
2	FASI DI SVOLGIMENTO DELL'INCARICO	3
3	GENERALITÀ E DESCRIZIONE	4
4	ANALISI STORICO-CRITICA, RICERCA DI DATI E INFORMAZIONI DOCUMENTALI DI ARCHIVIO UTILI ALL'ESPLETAMENTO DELL'INCARICO	6
5	SOPRALLUOGHI CONOSCITIVI SULLO STATO DI FATTO DELL'INFRASTRUTTURA	7
6	STUDIO DEL PIANO DI MONITORAGGIO SUGLI SPOSTAMENTI DEL VIADOTTO	7
7	STUDIO DEL PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SULLE FONDAZIONI DELLE PILE	7
8	STUDIO DELLE IMMAGINI SCATTATE DA POSIZIONE FISSA DALL'IMPALCATO	8
9	VALUTAZIONI SULLA SICUREZZA DEL VIADOTTO SULLA SCORTA DELLE RISULTANZE DEL MONITORAGGIO E DELLE INDAGINI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI.	9
9.1	PIANO DI MONITORAGGIO SUGLI SPOSTAMENTI DEL VIADOTTO	9
9.1.1	Schema monitoraggio.....	9
9.1.2	Risultati grafici per ogni clinometro.....	11
9.2	PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SULLE FONDAZIONI DELLE PILE	14
9.2.1	Schema delle indagini geognostiche svolte.....	14
9.2.2	Immagini delle carote estratte	15
9.2.3	Considerazioni sui carotaggi	16
9.2.4	Considerazioni sulle prescrizioni del progetto	17
9.2.5	Considerazioni sulla attività svolta e sulla situazione attuale	20
9.3	IMMAGINI SCATTATE DA POSIZIONE FISSA DALL'IMPALCATO.....	22
10	CONCLUSIONI	23

1 PREMESSA

In seguito all'evento alluvionale del 2-3 Ottobre 2020, il Viadotto sul Rio Poala, lungo la SP 105 " Andorno Micca - Mosso " km 12+600 nei comuni di Veglio e Mosso, è stato interessato da smottamenti in corrispondenza dell'alveo del torrente a causa delle forti piogge, con possibile interessamento delle fondazioni delle pile del viadotto poste in adiacenza del Rio stesso.

Con Ordinanza n. 10/2020 del 06/10/2020, emessa dal Sindaco del Comune di Veglio, il Viadotto sul Rio Poala è stato chiuso al transito veicolare in attesa delle verifiche tecniche sulla staticità dei manufatti; il Viadotto in questione rappresenta un importante collegamento tra i Comuni di Veglio e Mosso e la sua chiusura causa pesanti ripercussioni sulle attività commerciali in loco e sulla viabilità che risulta deviata su strade alternative.

A seguito di sopralluogo dei tecnici della Provincia di Biella, mediante il quale è stato rilevato lo smottamento di terreno in corrispondenza delle fondazioni a bordo alveo e constatata l'entità del suddetto smottamento, è stato determinato di procedere con urgenza ad effettuare una campagna di indagine e una verifica strutturale che potesse appurare la sussistenza delle condizioni di sicurezza necessarie per la riapertura del Viadotto.

Considerata l'esigenza di procedere a un affidamento dell'incarico riguardante la verifica della sicurezza strutturale del Viadotto ad uno studio specializzato nella progettazione di ponti, la Provincia di Biella ha ritenuto quindi di procedere con affidamento diretto e ha individuato lo Studio Corona S.r.l. con sede in Corso Re Umberto 23, Torino, l'operatore economico idoneo a soddisfare le esigenze relative al servizio in oggetto.

L'incarico affidato consiste quindi nella:

"Redazione di perizia statica strutturale del ponte sul Rio Poala posto lungo la SP 105 " Andorno Micca - Mosso " km 12+600 nei comuni di Veglio e Valdilana, precisando che la perizia statica strutturale sarà basata esclusivamente sul piano indagini e/o monitoraggi geognostici ma non comprenderà la valutazione della sicurezza completa della struttura ma solo delle fondazioni delle pile centrali)".

2 FASI DI SVOLGIMENTO DELL'INCARICO

L'incarico è stato svolto procedendo con le seguenti fasi:

- Analisi storico-critica, ricerca di dati e informazioni documentali di archivio utili all'espletamento dell'incarico.
- Sopralluoghi conoscitivi sullo stato di fatto dell'infrastruttura.
- Studio del piano di monitoraggio sugli spostamenti del Viadotto.
- Studio del piano delle indagini geognostiche sulle fondazioni delle pile.
- Studio delle immagini scattate da posizione fissa dall'implacato.
- Valutazioni sulla sicurezza del Viadotto sulla scorta delle risultanze del monitoraggio e delle indagini di cui ai punti precedenti.
- Giudizio motivato sulla possibilità di riapertura del Viadotto e condizioni per la riapertura.

3 GENERALITÀ E DESCRIZIONE

Il viadotto “della Pistolesa” taglia trasversalmente il vallone del rio Poala, un affluente in sinistra idrografica dello Strona di Mosso, e fa parte della provinciale 105 Andorno - Mosso Santa Maria, una strada a singola carreggiata con una sola corsia per senso di marcia. Il nome deriva dal piccolo centro abitato di Pistolesa, un ex comune autonomo che nel 1999 si è unito a Mosso Santa Maria, andando a costituire il comune di Mosso (oggi Valdilana).

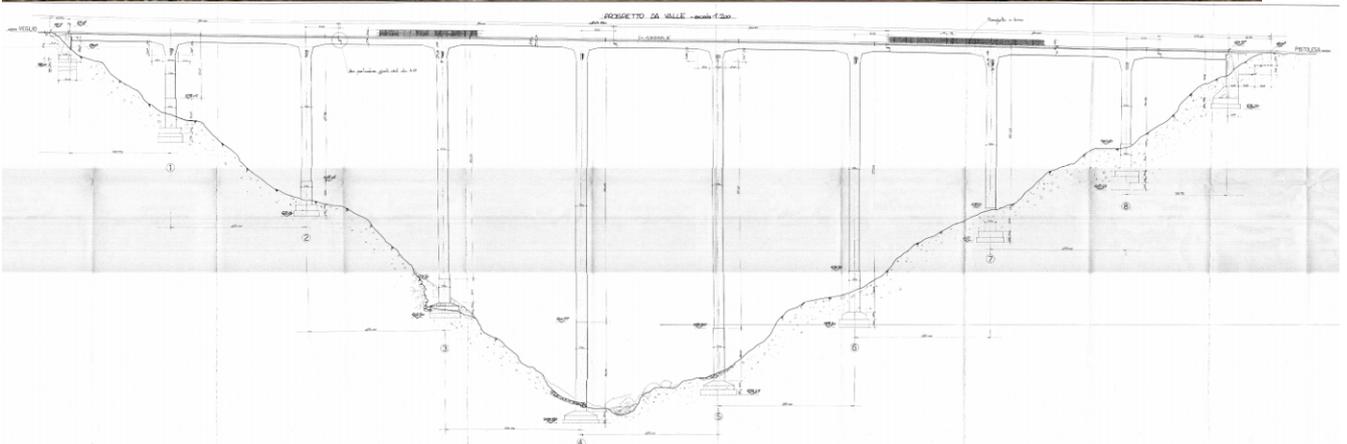
Il Viadotto fu costruito nel 1972 e completato nel 1973, su progetto dello Studio dell'Ing. Silvano Zorzi, uno dei più grandi progettisti di ponti del XX secolo.

La lunghezza dell'impalcato è pari a 382.50 tra gli assi delle spalle, con le 2 campate di estremità di luce $L=33.75$ e le 7 campate interne di luce $L=45.00$ m.

Nelle immagini seguenti, il Viadotto è visto da valle; a sinistra, si procede dalla spalla lato Veglio, con le pile 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 fino ad arrivare, a destra, alla spalla lato Valdilana.

Il torrente Poala scorre tra la pila 4 e la pila 5.

La pila di altezza massima è la pila 4 ($h=126$ m da piano strada a estradosso plinto); la pila presso cui si sono manifestati i dissesti del terreno (frane) è la pila 5 ($h=115.47$ m da piano strada a estradosso plinto).



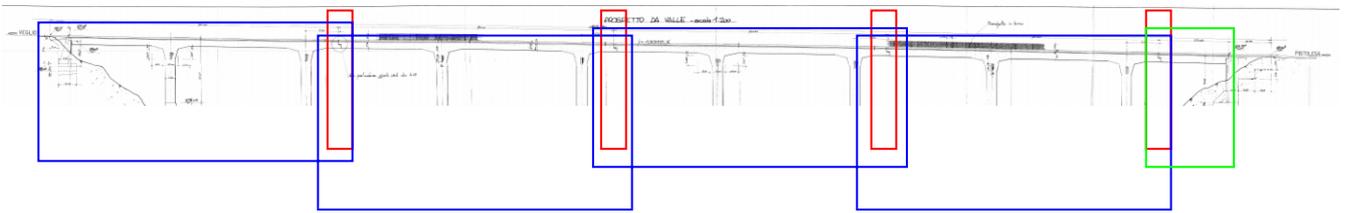
Il Viadotto ha una struttura in conglomerato cementizio, nella quale gli elementi verticali (le pile) sono in cemento armato normale, mentre gli elementi orizzontali (l'impalcato) sono in cemento armato precompresso.

Lo schema statico è configurato, in senso longitudinale, come una serie di telai a due ritti, nei quali la traversa (costituente l'impalcato) è collegata monoliticamente alla testa delle pile e si protende longitudinalmente a sbalzo da queste.

I due sbalzi di ciascun telaio sono di differente lunghezza ($L=11.25$ m o $L=33.75$ m), in modo che lo sbalzo più lungo di ciascun telaio possa trovare appoggio sullo sbalzo più corto del telaio precedente. Tali appoggi realizzano un punto di inversione dei momenti e

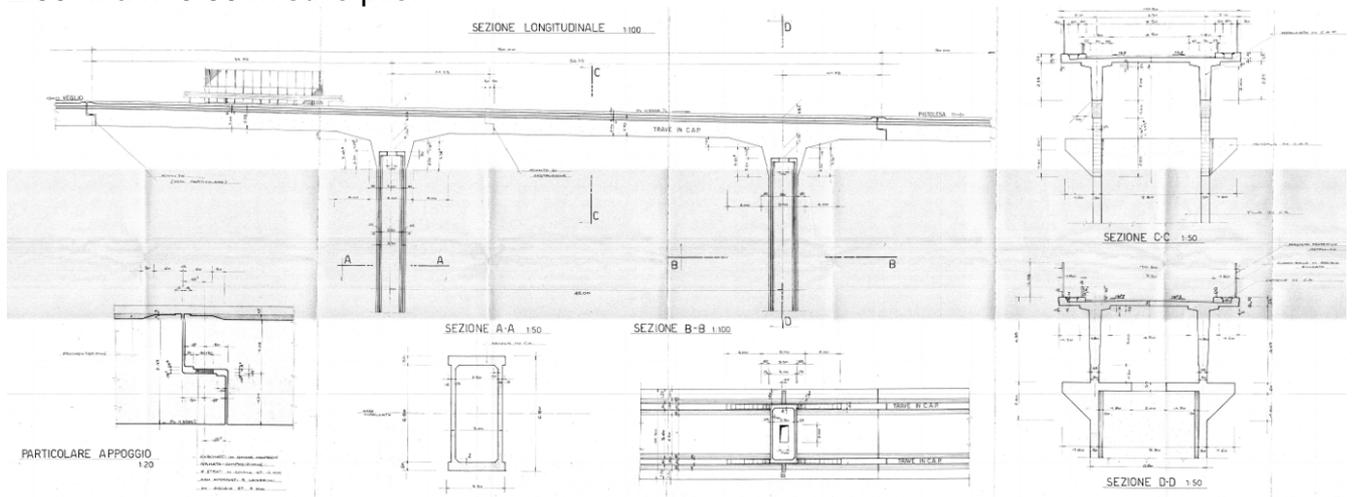
conducono, sotto i carichi permanenti, ad un regime statico di trave continua indefinita a luci uguali.

Nella figura seguente si evidenziano in rosso i giunti e in blu i quattro telai a portale; in verde si evidenzia invece l'ultima campata, lato "Pistolesa" semplicemente appoggiata.

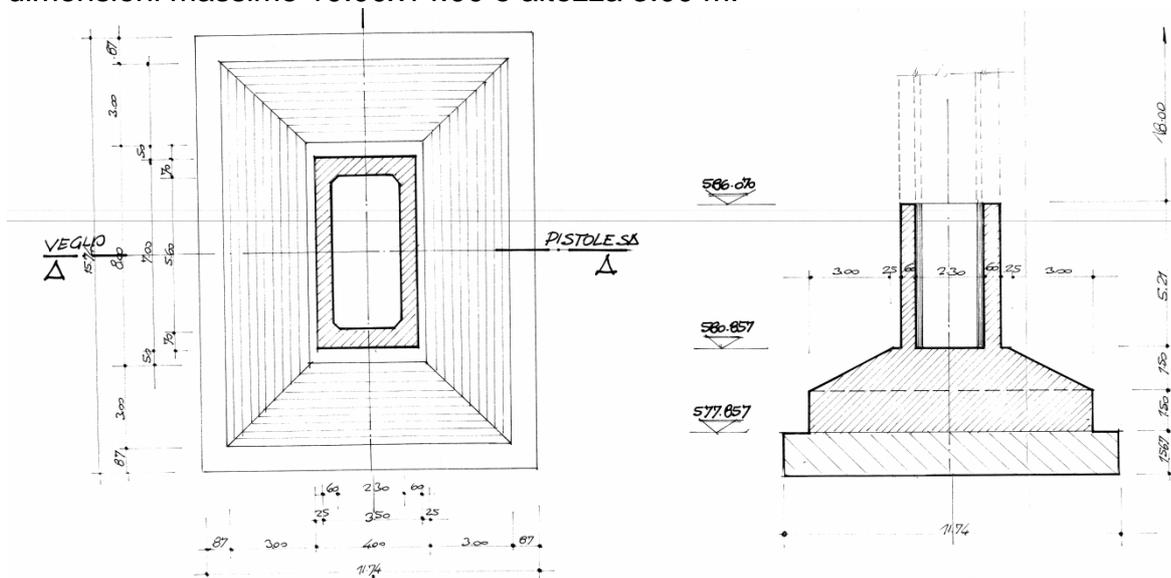


Occorre inoltre rilevare che il progettista, nella relazione tecnica di progetto, dichiarava che "la struttura, pur se iperstatica, per effetto di eventuali cedimenti verticali delle fondazioni, non risulta sollecitata in modo apprezzabile".

Trasversalmente, la sezione dell'impalcato presenta una larghezza complessiva di 10.50 m, di cui 7.50 m adibiti a carreggiata e 1.50+1.50 m a marciapiede. La struttura è costituita da due sole travi a interasse di 6.30 m con altezza totale (trave + soletta) variabile da $h=2.50$ m a $h=3.50$ m sulle pile.



Le pile hanno sezione scatolare di sezione 3.30 m x 6.80 m. Alla base è presente un ringrosso che porta la sezione a 3.50 x 7.00 m. Il plinto della pila 5, oggetto di indagine, ha dimensioni massime 10.00x14.00 e altezza 3.00 m.



4 ANALISI STORICO-CRITICA, RICERCA DI DATI E INFORMAZIONI DOCUMENTALI DI ARCHIVIO UTILI ALL'ESPLETAMENTO DELL'INCARICO.

La provincia di Biella ha messo a disposizione alcuni elaborati strutturali originali del Viadotto. Tali elaborati sono stati assunti come riferimento per la perizia in oggetto.

Elaborati Grafici

0_Elab 2_Profilo Longitudinale_Ubicazione Basi Topografiche
A1_Sezioni d'Alveo
A2_Pianta Impalcato-Pianta Fondazioni
A3_Piante Rampe d'accesso
A30_Planimetria e Sezione Trasversale
A4_Prospetto da valle
A5_Sezione Longitudinale
A6_Spalla Sinistra-Carpenteria
A7_Spalla Destra-Carpenteria
A8_Campata Tipo-Carpenteria
A9_Campata di Chiusura-Carpenteria
A10_Muri accomp Sp lato Pistolesa-Carp Arm
A11_Pila 1_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A12_Pila 2_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A13_Pila 3_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A14_Pila 4_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A14bis_Pila 4_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A15_Pila 5_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A16_Pila 6_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A17_Pila 7_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A18_Pila 8_Carp e Arm Plinto e Ringrosso
A19_Pile 1--8_Armatura Canna
A20_Teste Pile_Armatura
A21_Spalla Destra_Armatura
A22_Spalla Destra_Completamento Armatura in Elevazione
A23_Spalla Sinistra_Armatura
A24_Campata Tipo_Armatura
A25_Campata Tipo_Andamento Barre Dywidag Precompress
A26_Campata di Chiusura_Armatura
A27_Campata di Chiusura_Andamento Barre Dywidag
A28_Particolari_CuscApp-BarreDywFermoGiunto-PosaBarreDywPart4e5ManicGiunz
A29_Dettaglio Giunto

Relazioni

_Scheda Base_Caratteristiche_Foto
B-1_Relazione Geologica- Geotecnica
C-1_Relazione Tecnica
C-2_Calcoli statici
C-3_A_Calcoli statici_H Pile 50m
C-3_B_Calcoli statici_H Pile 50m
C-4_A_Calcoli Statici_H Pile 100m
C-4_B_Calcoli Statici_H Pile 100m
D-85 Scheda Accertamento
E-1_Collaudo_Statico
E-2_Livellazione Impalcato

5 SOPRALLUOGHI CONOSCITIVI SULLO STATO DI FATTO DELL'INFRASTRUTTURA.

Sono stati svolti alcuni sopralluoghi per definire le indagini e i monitoraggi da eseguire. I sopralluoghi hanno avuto nelle seguenti date:

04/11/2020, 09/11/2020, 12/11/2020, 19/01/2021; 30/04/2021

6 STUDIO DEL PIANO DI MONITORAGGIO SUGLI SPOSTAMENTI DEL VIADOTTO.

Con nota del 09/11/2020, inviata alla Provincia di Biella, avente per oggetto: "Ponte della Pistolesa tra Veglio e Valdilana - Indicazioni tecniche per piano di Indagini", lo Studio Corona forniva alcune indicazioni tecniche per richiedere a ditta specializzata un opportuno piano di monitoraggio sulle strutture del Viadotto.

Con tale monitoraggio si richiedeva:

- un'acquisizione dati giornaliera da strumenti (clinometri) che possano evidenziare eventuali deformazioni impreviste in atto sulla struttura.
- un'installazione, oltre ai clinometri, di termometri, per correlare le piccole oscillazioni ($< 0,1^\circ$) registrate all'influenza delle variazioni giornaliere della temperatura atmosferica.
- Una durata del monitoraggio di almeno 2 mesi con report settimanale delle misurazioni.

A seguito della Nota, la provincia di Biella, con Determinazione n. 1643 del 09/12/2020, affidava, alla COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI S.r.l. con sede in Via Donati 14 a TORINO un servizio tecnico di esecuzione di monitoraggi strutturali, della durata di 2 mesi, finalizzato alla verifica della sicurezza strutturale del Viadotto, consistente in:

- acquisizione dati giornaliera da strumenti che possano evidenziare eventuali deformazioni impreviste in atto sulla struttura (mire ottiche, inclinometri);
- installazione di termometri per correlare le piccole oscillazioni ($< 0,1^\circ$) registrate all'influenza delle variazioni giornaliere della temperatura atmosferica.

7 STUDIO DEL PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SULLE FONDAZIONI DELLE PILE.

Con nota del 09/11/2020, inviata alla Provincia di Biella, avente per oggetto: "Ponte della Pistolesa tra Veglio e Valdilana - Indicazioni tecniche per piano di Indagini", lo Studio Corona forniva alcune indicazioni tecniche

- per richiedere indagini di tipo geognostico sulle fondazioni della pila 5, nei pressi della quale, con l'evento meteorico del 03/10/2020 si era infatti formato uno smottamento di terreno;
- per verificare che la frana osservata non pregiudicasse l'appoggio delle fondazioni, da progetto esecutivo su roccia, causando uno scalzamento.

Si proponeva pertanto una campagna di indagini geognostiche costituite da carotaggi verticali di diametro opportuno e di profondità almeno pari a 15 m dal piano campagna, con lo scopo evidente di verificare la stratigrafia del materiale attraversato e in particolare di verificare l'effettivo appoggio su roccia della fondazione in calcestruzzo, come previsto dal progetto esecutivo.

A seguito della Nota, la provincia di Biella, ha svolto numerose indagini di mercato per poter giungere alla definizione di un ordinario piano di indagini geognostiche; tuttavia, non è stato possibile, per la particolare e difficile conformità dei luoghi, arrivare a una soluzione in questo senso, neppure con l'ausilio di sonde portate in volo con elicottero.

Si è quindi optato per una soluzione che garantisse comunque la possibilità di effettuare i carotaggi fin sotto la base delle fondazioni ma con macchinari meno pesanti, che si potevano calare dalla sommità dell'impalcato.

La provincia di Biella, quindi, con Determinazione n. 469 del 23/03/2021, affidava, alla SITI Srl di Napoli, un servizio tecnico per l'attività di indagini geognostiche propedeutiche alla verifica della sicurezza strutturale del Viadotto, con le seguenti specifiche:

- Esecuzione di n° 2 perforazioni alla base delle pile del viadotto in oggetto finalizzate all'accertamento della presenza di roccia al di sotto del plinto e del magrone. Le perforazioni saranno eseguite con "recupero della carota" sino alla profondità massima di 10 ml. L'accesso alla zona di perforazione avverrà con l'ausilio di navicella aerea posizionata in area tecnica da ubicarsi sull'impalcato del Viadotto Pistolesa. L'attrezzatura da perforazione, costituita da carotatrice idraulica e relativa centralina, sarà ancorata alla pila per mezzo di apposite mensole in carpenteria metallica. Nella medesima area tecnica utilizzata per la navicella aerea saranno posizionati un generatore elettrico ed i serbatoi per l'acqua necessari allo svolgimento delle attività.

8 STUDIO DELLE IMMAGINI SCATTATE DA POSIZIONE FISSA DALL'IMPALCATO.

Il Viadotto è sede dei lanci "bungee jumping" della Società Exploring Outdoor S.r.l.

La società, naturalmente interessata alla riapertura del Viadotto, e d'accordo con la provincia di Biella, ha deciso autonomamente e gratuitamente di fornire un servizio di monitoraggio qualitativo, consistente nella ripresa fotografica giornaliera, da posizione fissa sull'impalcato, della zona di dissesto intorno alle pile 4 e 5.

È pertanto iniziata l'operatività di una telecamera installata all'esterno del viadotto con lo scopo di monitorare l'area a valle fra i piloni 4 e 5, con invio, ogni mattina alle 9:05, di un'immagine in alta risoluzione agli indirizzi email della Provincia e degli scriventi.

9 VALUTAZIONI SULLA SICUREZZA DEL VIADOTTO SULLA SCORTA DELLE RISULTANZE DEL MONITORAGGIO E DELLE INDAGINI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI.

In questa parte di relazione si riportano le valutazioni per la redazione di perizia statico-strutturale, atta ad accertare le condizioni di sicurezza statica delle fondazioni delle pile centrali del Viadotto e finalizzata ad accertare la sussistenza delle condizioni di stabilità delle fondazioni esaminate, con lo scopo della riapertura al transito del Viadotto sul rio Poala.

Si precisa che la perizia statica strutturale è basata esclusivamente sui risultati del piano delle indagini e/o monitoraggi geognostici ma non comprende la “valutazione della sicurezza” completa della struttura secondo il capitolo 8 delle NTC 2018, in quanto esclusa dall’incarico affidato.

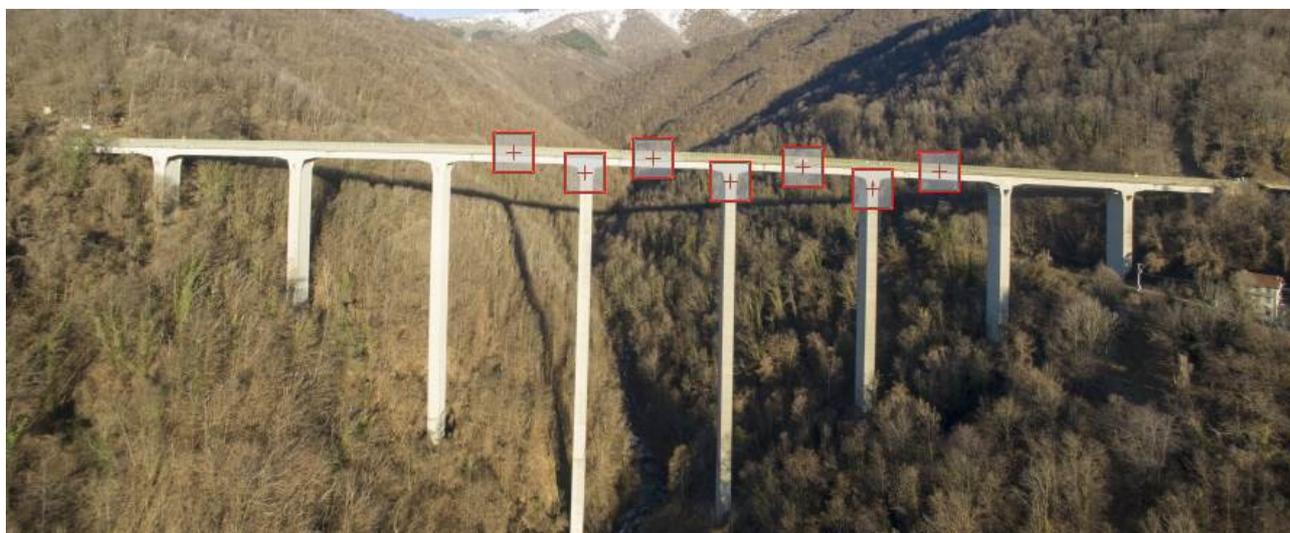
In pratica occorre verificare che, sulla scorta delle indagini e del monitoraggio, risultino garantite le condizioni di sicurezza della struttura riconducibili alle condizioni al momento del progetto e dell’esecuzione dei lavori di costruzione.

Si deve quindi verificare che l’evento alluvionale del 2-3 Ottobre 2020 non abbia causato riduzione evidente della capacità resistente della struttura dovuta al degrado o decadimento delle caratteristiche meccaniche dei terreni alla base dei plinti.

9.1 PIANO DI MONITORAGGIO SUGLI SPOSTAMENTI DEL VIADOTTO

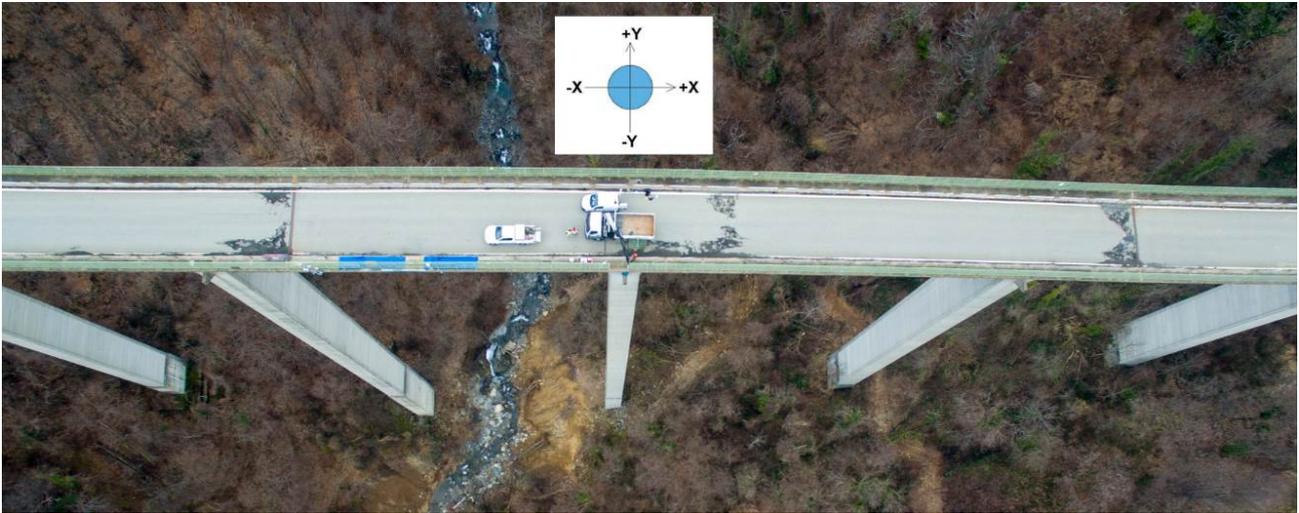
9.1.1 Schema monitoraggio

Si riporta nel seguito lo schema con l’ubicazione dei clinometri.

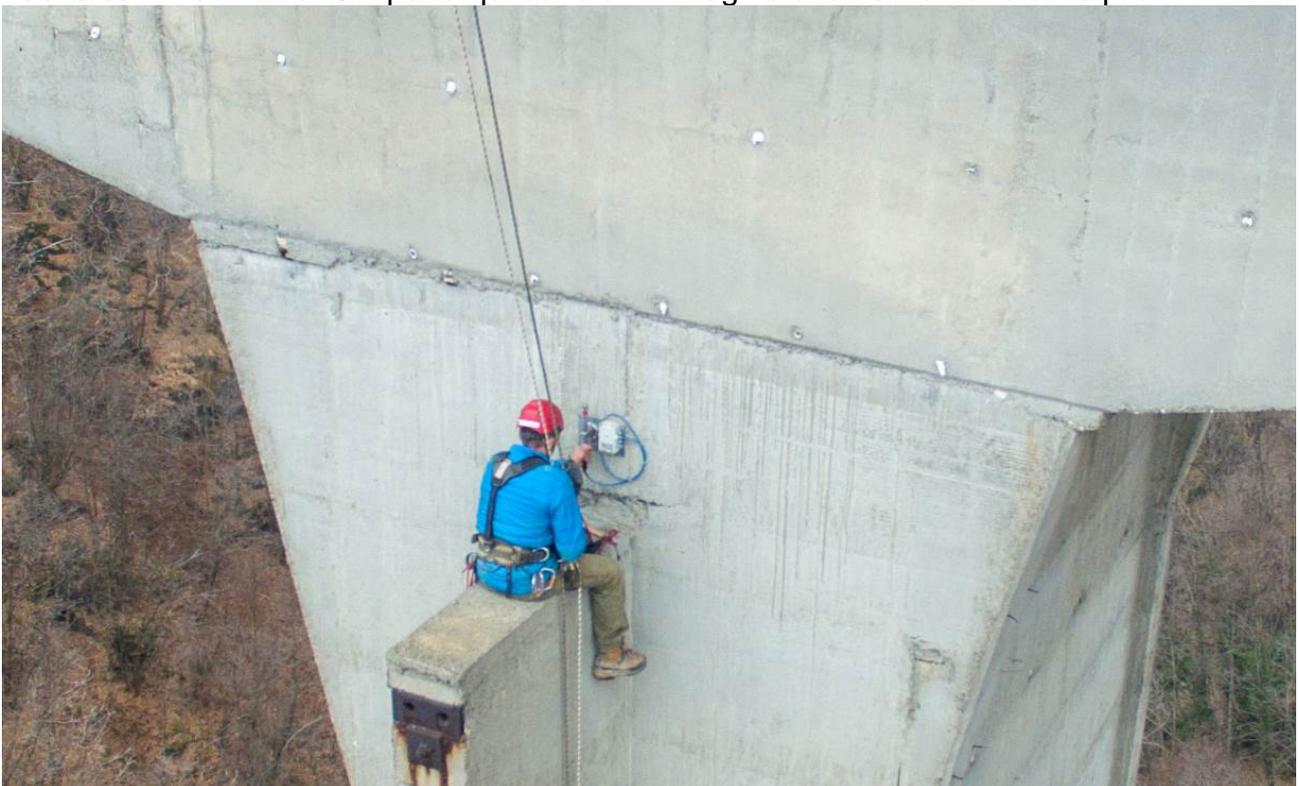


I clinometri sono 7 e sono numerati da 1 (a destra) a 7 (a sinistra)

Nell'immagine seguente si riporta lo schema planimetrico del Viadotto con l'indicazione degli assi di riferimento +X -X e +Y - Y. I clinometri misurano, con la precisione del decimo di grado la variazione angolare in gradi in direzione +- X e +-Y. Oltre alle misurazioni angolari, sono registrate, nel medesimo istante, anche le temperature, in modo da correlare, eventualmente, i dati ottenuti.



I clinometri 1,3,5,7 sono posti sul bordo esterno delle travi in mezzera delle campate; i clinometri 2,4,6 sono invece posti in corrispondenza delle pile, appena sopra alle mensole trasversali in sommità. Si riporta qui sotto un'immagine di un clinometro sulle pile.



9.1.2 Risultati grafici per ogni clinometro

Nei grafici si riportano, dal 19/02/2021 al 19/05/2021, in azzurro le temperature in T°/10, le variazioni angolari +-X in verde e le variazioni angolari +-Y in rosso.

Si nota una correlazione tra l'andamento delle temperature e le variazioni angolari.

Inoltre, è possibile constatare una certa ripetitività, che mostra quindi un comportamento pressoché regolare della struttura.

Il Clinometro 5 ha purtroppo segnato un malfunzionamento in direzione y.

La ditta che ha svolto il servizio, dopo aver riesaminato i dati, ha fornito, con email del 06/05/2021, le seguenti spiegazioni:

- *Le anomalie si riscontrano unicamente sul Canale Y del clinometro n. 5*
- *Gli spikes evidenziati nel grafico sono dovuti all'arrivo dal datalogger di un valore molto prossimo allo 0, che viene elaborato dal software con valori intorno ai 14° che chiaramente escono dalla scala del grafico*
- *Eliminando tali valori anomali (attribuibili a mancata connessione WIFI) dalle letture il grafico del monitoraggio eseguito appare regolare e simile a quelli delle pile contigue*

Sulla base di quanto sopra evidenziato e sulla ns pluriennale esperienza nella validazione di dati di impianti strumentali con gestione automatica delle letture, escludiamo in maniera più assoluta la presenza di fenomeni deformativi in atto.

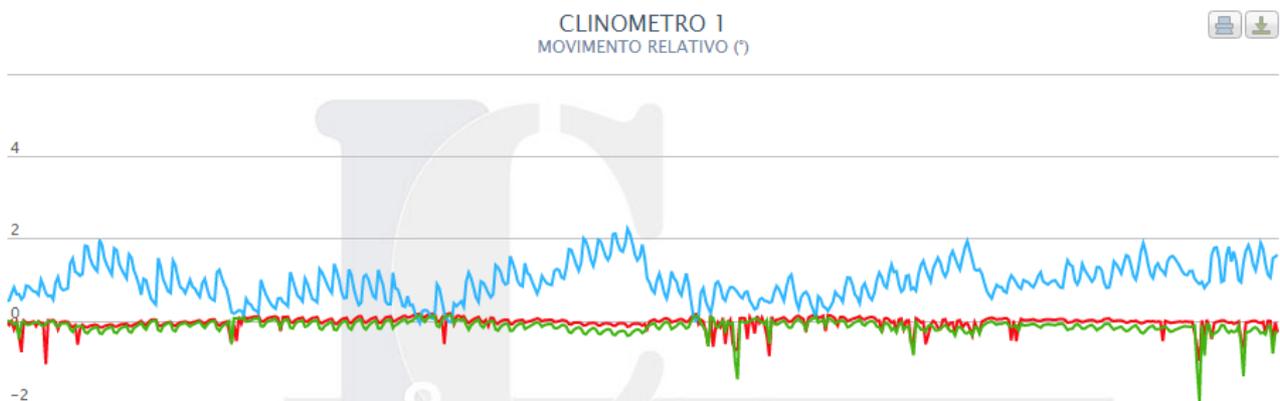
Confermata peraltro dall'impossibilità di un movimento "fisico" registrato dallo strumento in un'unica direzione, vista la mancanza di movimento lungo l'Asse X.

Per quanto concerne i dati riferibili a mancanza di lettura (registrate con valori vicino allo 0), essi possono essere afferibili a malfunzionamento elettrico dello strumento su un unico canale oppure a una difficoltà di comunicazione tra il Datalogger e lo strumento dovuto a mancata comunicazione WIFI, cosa abbastanza comune e riscontrata anche dai numerosi tentativi di trasferimento (plurime trasmissioni ogni ora tentate dal modulo WiFi).

Visto quanto sopra esposto, si deduce che il Viadotto ha manifestato nel periodo di monitoraggio un comportamento sostanzialmente regolare, senza movimenti particolari che possano essere motivo di allarme.

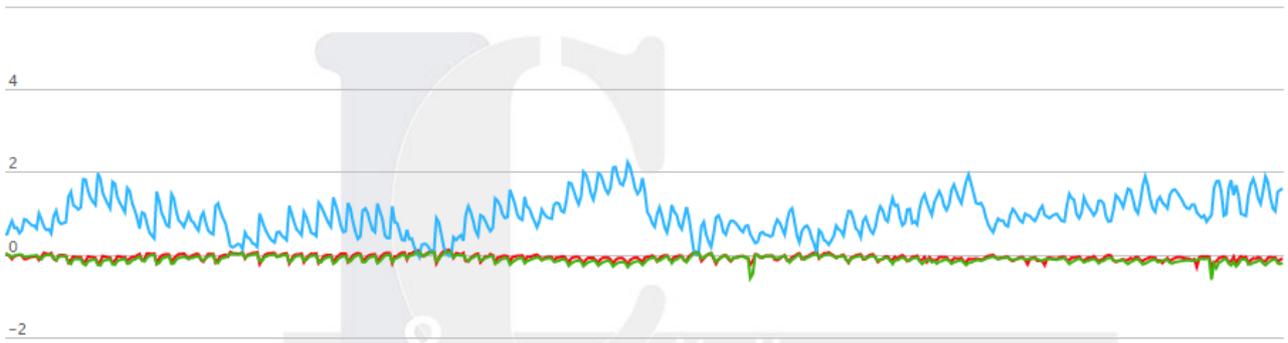
Si allega di seguito uno stralcio del report predisposto dalla ditta esecutrice del monitoraggio.

9.1.2.1 Clinometro 1



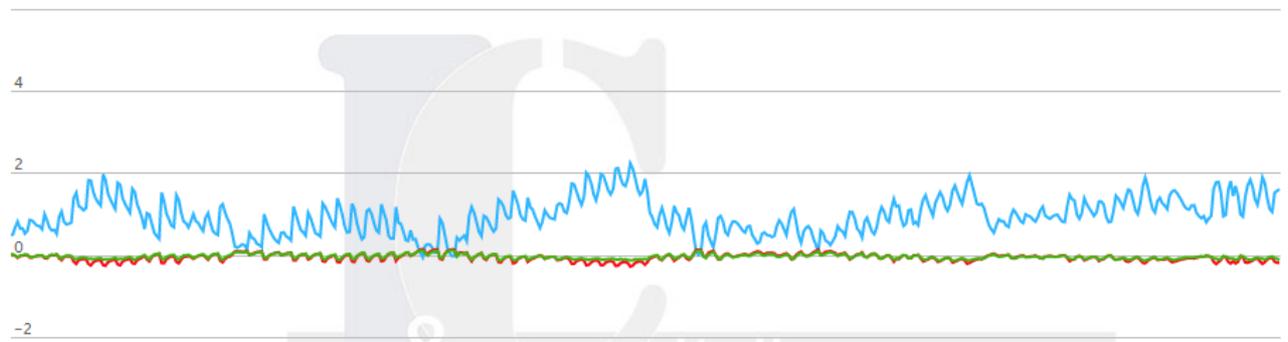
9.1.2.2 Clinometro 2

CLINOMETRO 2
MOVIMENTO RELATIVO (°)



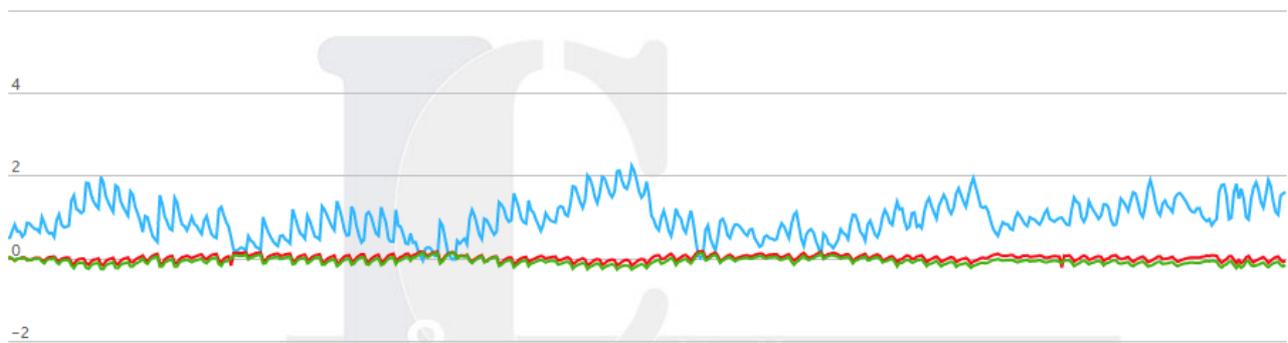
9.1.2.3 Clinometro 3

CLINOMETRO 3
MOVIMENTO RELATIVO (°)



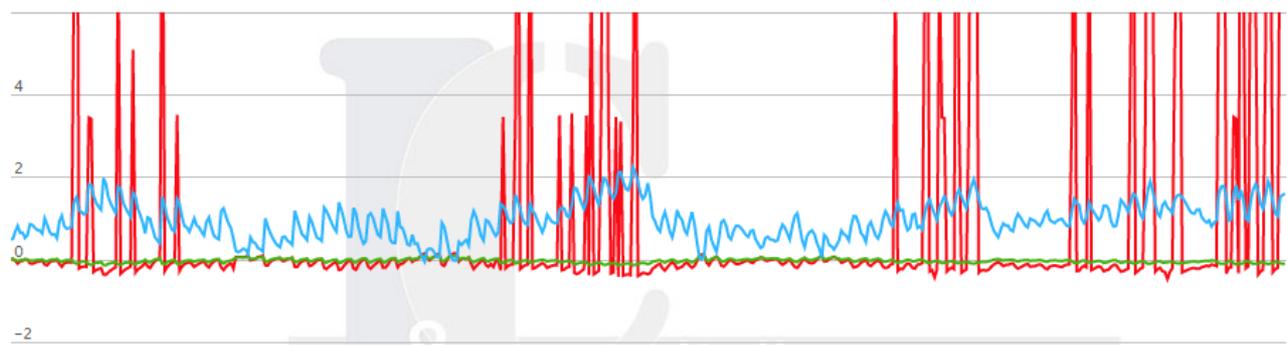
9.1.2.4 Clinometro 4

CLINOMETRO 4
MOVIMENTO RELATIVO (°)



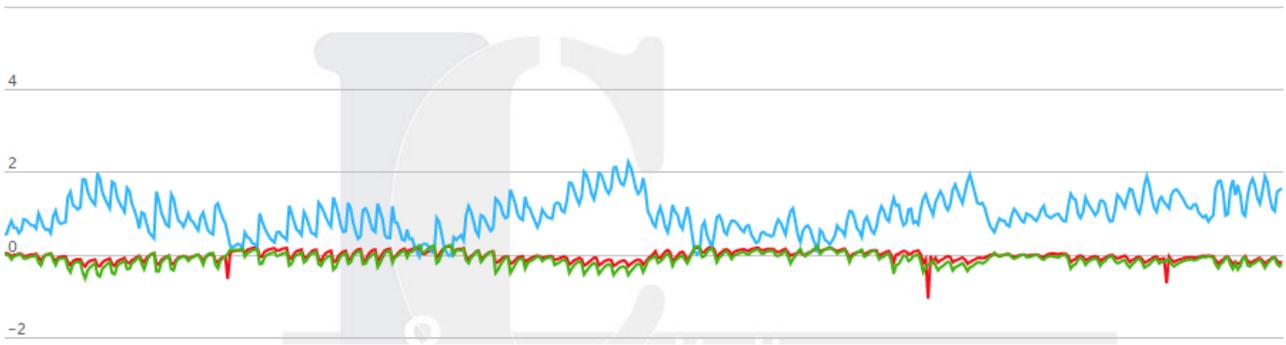
9.1.2.5 Clinometro 5

CLINOMETRO 5
MOVIMENTO RELATIVO (°)



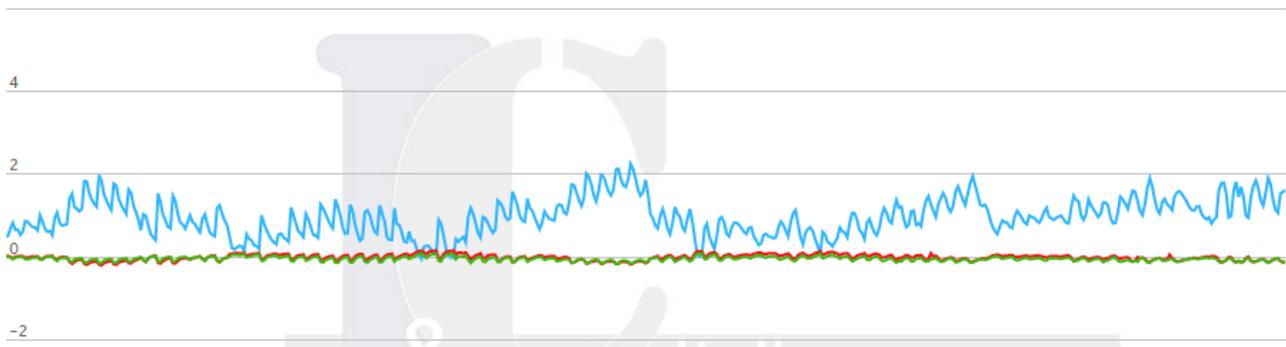
9.1.2.6 Clinometro 6

CLINOMETRO 6
MOVIMENTO RELATIVO (°)



9.1.2.7 Clinometro 7

CLINOMETRO 7
MOVIMENTO RELATIVO (°)



9.2 PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SULLE FONDAZIONI DELLE PILE

9.2.1 Schema delle indagini geognostiche svolte

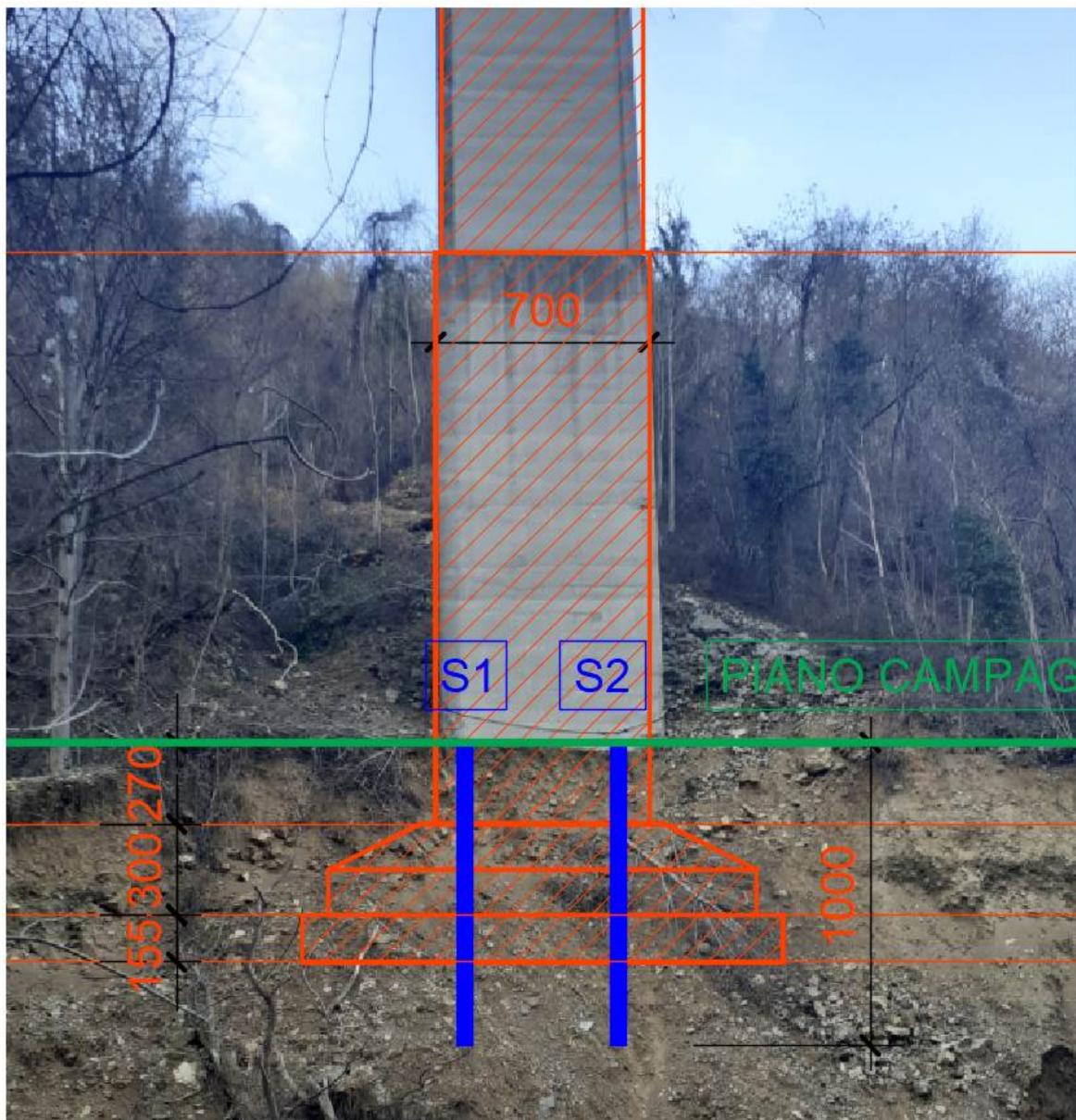
Si riporta nel seguito lo schema delle indagini geognostiche svolte, sovrapposto per chiarezza ad una immagine scattata frontalmente da pila 4 verso pila 5.

A partire dalla "piazzola" alla base della pila 5 (PIANO CAMPAGNA), si sono svolti due carotaggi S1 e S2 di profondità L=10.00 m, fino ad arrivare al terreno di imposta dei plinti.

Entrambi i carotaggi hanno mostrato la seguente stratigrafia:

Da / a	Spessore (m)	Unità geotecnica	Carote
Da 0 a -2.70 m	Sp = 2.70 m	Terreno ricoprimento	di Non è stato possibile recuperare carote indisturbate
Da -2.70 a -5.70 m	Sp = 3.00 m	Calcestruzzo Plinto	Carote recuperate
Da -5.70 a -7.20 m	Sp = 1.50 m	Calcestruzzo SottoPlinto	Carote recuperate
Da -7.20 a -10.00 m	Sp = 2.80 m	Roccia fratturata	Carote recuperate

PROSPETTO FRONTALE PILA 5 DA P4



9.2.2 Immagini delle carote estratte

Le immagini delle carote sono riportate di seguito: In **giallo** sono riportate le carote del sondaggio 1 (a destra i primi 5 m, all'estrema sinistra gli ultimi 2 m). In **blu** sono riportate le carote del sondaggio 2 (al centro i primi 5 m, a sinistra gli ultimi 2 m)

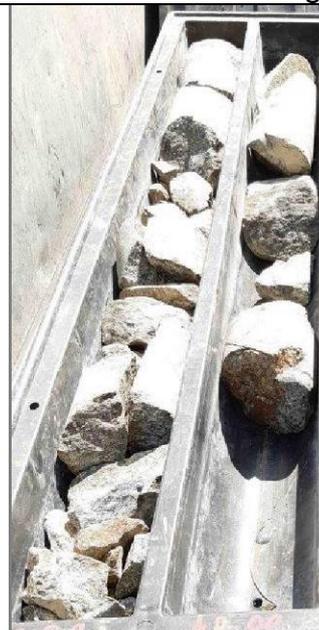


Dettaglio sondaggio 1

Da sinistra a destra: i primi 5 m



Da sinistra a destra: gli ultimi 2m



Dettaglio sondaggio 2

Da sinistra a destra: i primi 5 m

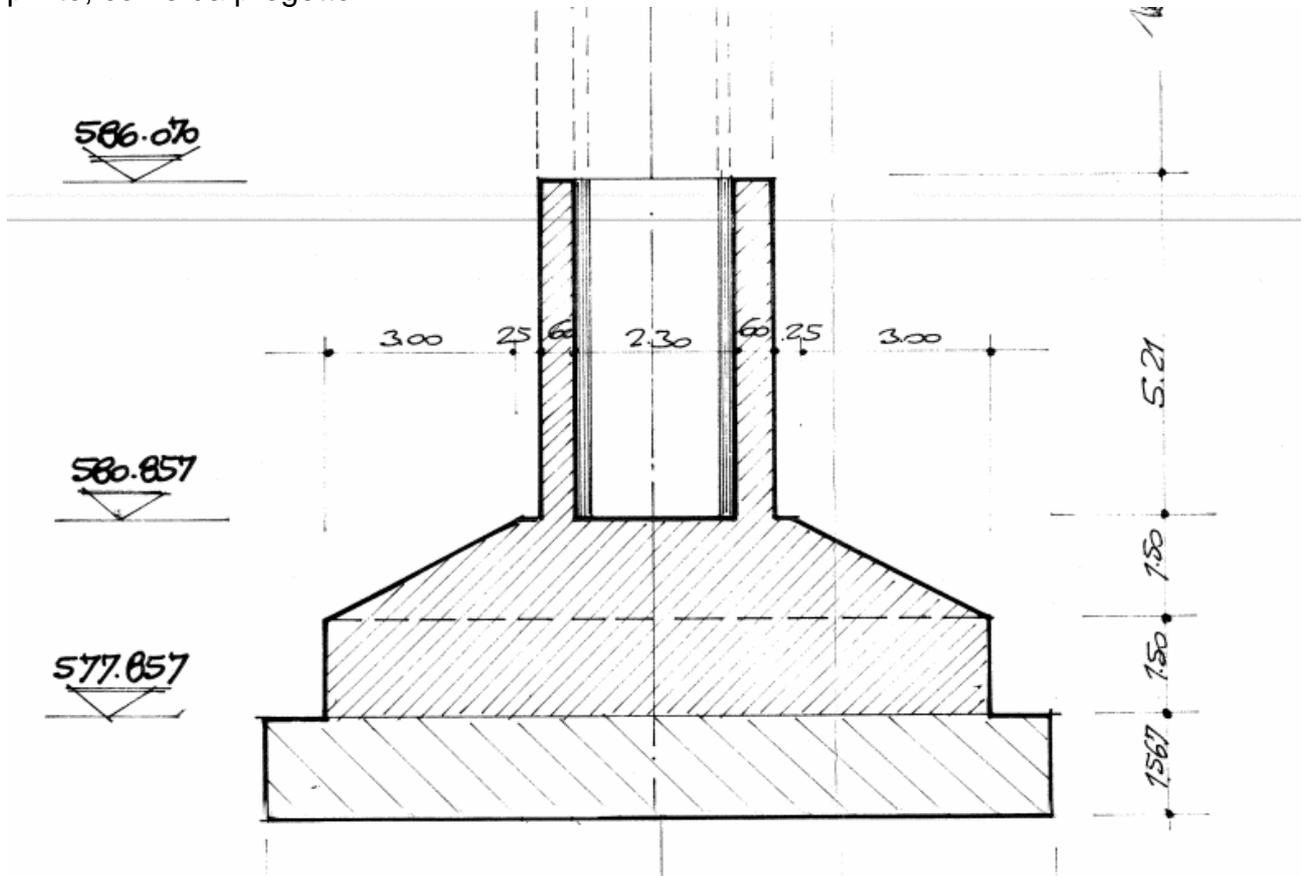


Da sinistra a destra: gli ultimi 2m



9.2.3 Considerazioni sui carotaggi

I carotaggi hanno mostrato la perfetta rispondenza delle strutture in opera rispetto al progetto esecutivo. Lo spessore complessivo del calcestruzzo del plinto e del sottoplinto è pari a 4.50 m, come da progetto. Dalla carota del sondaggio 1, che ha intercettato anche ferri di armatura, si nota che questi sono posti a circa -2.80/-2.90 m dalla sommità del plinto, come da progetto.



Alla base del sottoplinto, le carote estratte hanno mostrato una diffusa fratturazione. Il materiale è ascrivibile a roccia di elevate caratteristiche meccaniche, ma la probabile presenza di fessure all'interno dell'ammasso ha fatto sì che le carote estratte presentino molte discontinuità.

9.2.4 Considerazioni sulle prescrizioni del progetto

La relazione geologica di progetto recitava:

- la pila n. 5 e la pila n. 6 (poco più in basso del sondaggio n. 2): probabilmente roccia a fior di terra o a poca profondità;

e richiedeva, per le fondazioni, l'asportazione della roccia fratturata superiore, in modo da imbasare le stesse su roccia sana.

La sottostante roccia in posto, degradata da fitta fratturazione per uno spessore da 2 a 5 m, sarà pure opportunamente asportata - eccetto che per la pila n. 4, impostata direttamente su roccia fresca -. Le scarpate perimetrali degli scavi in roccia potranno prevedersi temporaneamente stabili con inclinazioni da 50° a 70°, a seconda della fessurazione locale della roccia. Comunque la si stabilisca, caso per caso, nel corso dei lavori, si tratta ancora di escavazioni, pr.p. senza impiego di esplosivi, di relativa ben modesta entità.

Infine, la relazione prescriveva i limiti di compressione da non superare (10 kg/cm^2) ben minori della resistenza a compressione (circa 2000 kg/cm^2) e disponeva, nel caso si rilevassero delle fessure, l'adozione di iniezioni cementanti per chiudere le superfici di discontinuità

La roccia gabbrodioritica in posto, definita praticamente "sana", complessivamente fresca, a rare fessure (< 10 per 1 m lineare di sondaggio, con carotaggio medio del 100 %) è pietra dura, salda, ad elevata resistenza meccanica (carico di rottura a compressione intorno a 2000 Kg/cm^2), di elevati moduli elastici. Può sicuramente reggere senza cedimenti a carichi trasmessi dai plinti di fondazione dell'ordine di 10 Kg/cm^2 o più.

Qualora in taluno degli scavi di fondazione entro la roccia si rilevassero sistemi estesi e continui di diaclasi (o superfici isolate di trascorrimento tettonico) con immersione verso l'interno dal versante e inclinazione minore di 90° , si provvederà con iniezioni cementanti a obliterare le superfici di discontinuità; ma il caso si prevede fortemente improbabile. Al riguard-

La relazione tecnica di progetto riprendeva quanto riportato dalla geologica, affermando che per evitare la franosità superficiale le fondazioni dirette saranno "solidamente imbasate sul terreno roccioso in posto e largamente dimensionate":

ma (la franosità già a lungo superficiale della
zona) si fa notare che si sono adottate fondazioni
di diretto, di pianta circolare, eseguite nel terreno
in posto sul terreno roccioso in posto e largamente
dimensionate.

I calcoli statici, infine, confermavano le precedenti arrivando per la pila di altezza massima a una pressione sul terreno (roccia) $p=5.77 \text{ kg/cm}^2$, valore ritenuto adeguato ai terreni di fondazione, sulla scorta delle indicazioni della relazione geologica.

La sollecitazione massima sul terreno varrà allora:

$$\sigma_{t \text{ max}} \approx 5,18+0,53+0,06 = 5,77 \text{ Kg/cm}^2, \text{ valore che si ritiene adeguato ai terreni di fondazione,}$$

Sulla pila 5 la roccia, al tempo della costruzione, doveva essere praticamente affiorante.

9.2.5 Considerazioni sulla attività svolta e sulla situazione attuale

L'attrezzatura per il sondaggio è una carotatrice per calcestruzzo e, quindi, poco adatta al carotaggio di roccia fratturata, che andrebbe effettuato con doppio carotiere tipo NT2. Come già ribadito, portare una attrezzatura per sondaggi sul posto è impresa ardua se non impossibile.

Le carote estratte al di sotto del plinto, non essendo "campioni indisturbati", per la tipologia di macchina utilizzata, potrebbero anche essere state "spezzate" dal carotiere stesso, fornendo un risultato visivo peggiore di quanto accade in realtà.

La roccia sotto la fondazione appare quindi fratturata, ma non chimicamente alterata, avendo ancora aspetto litoide.

Se si considera la roccia come poco fratturata l'approccio per il calcolo della capacità portante rientra nelle problematiche della meccanica delle rocce, con verifiche allo schiacciamento, al punzonamento, alla stabilità tra giunti rocciosi; in tal caso, vista l'altissima resistenza a compressione (2000 kg/cm²) non si ha nessun problema di stabilità.

Se invece si considera uno stato di fratturazione, con discontinuità ravvicinate e variamente orientate, tali da rendere l'ammasso roccioso come un insieme di blocchi lapidei giustapposti e combacianti, di dimensioni decimetriche o poco più, allora il problema può essere ricondotto a quello che caratterizza la rottura di tipo globale di terreni "ghiaiosi"; in tal caso occorre considerare anche uno schema di capacità portante sbilanciato (vedi immagine 1), in quanto a sinistra del disegno manca l'apporto stabilizzante della tensione litostatica e la lunghezza della superficie di taglio è inferiore a quella della parte a destra, con conseguente riduzione della resistenza totale al taglio disponibile; si potrebbero quindi mobilitare superfici di scivolamento come indicato nell'Immagine 2;

Immagine 1

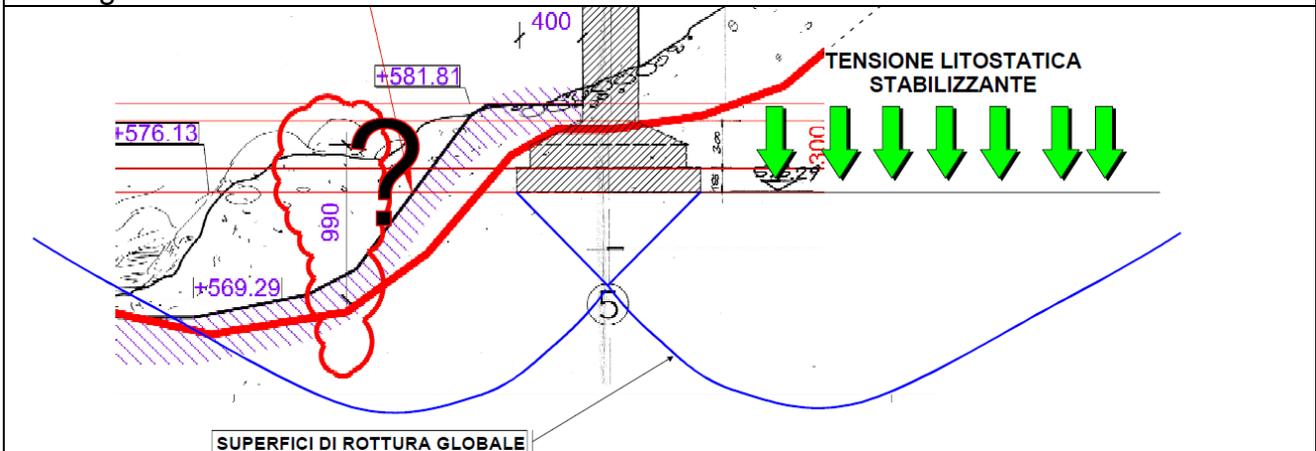
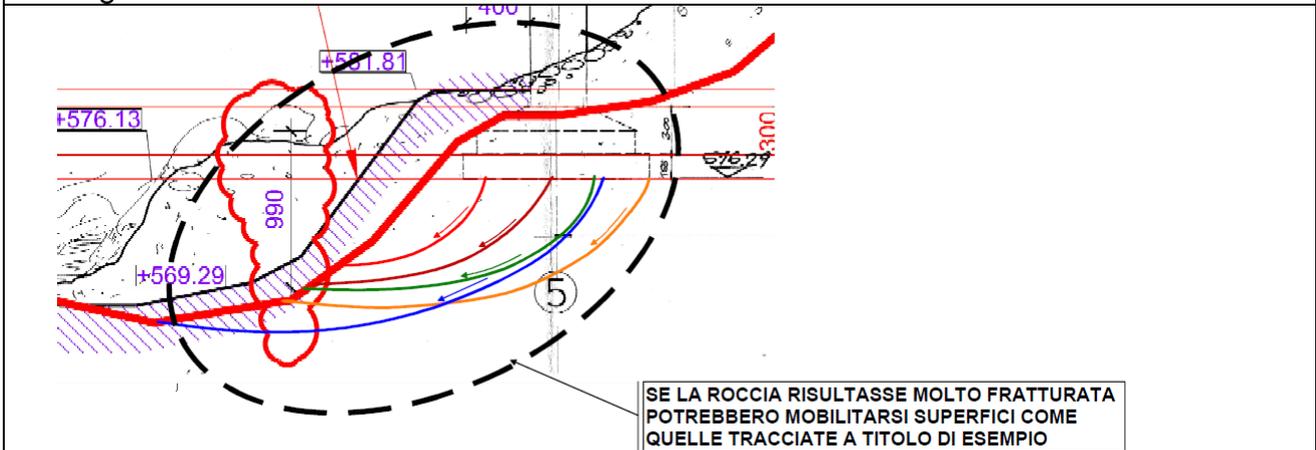


Immagine 2



Per questa ragione si è predisposta una verifica di capacità portante dei terreni secondo Brinch-Hansen, utilizzando parametri cautelativi (angolo di attrito $\phi=37^\circ$, tipico delle ghiaie, e ricoprimento nullo sopra al plinto) e tenendo conto degli aspetti sopra descritti (inclinazione del piano campagna, stimato in 30°).

DATI RELATIVI AL TERRENO DI FONDAZIONE

Peso specifico del terreno	$\gamma_t =$	20.00 kN/m ³
Angolo di attrito del terreno	$\phi =$	37.00 °
Coesione del terreno	$c =$	0.00 kN/m ²
Angolo di inclinazione del piano campagna	$\omega =$	30.00 °

DATI RELATIVI ALLA GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE

Profondità di imposta della fondazione	D=	4.55 m
Larghezza fondazione	B=	11.74 m
Lunghezza fondazione	L=	15.74 m
Eccentricità carico verticale in direzione B	E(B)=	0.00 m
Eccentricità carico verticale in direzione L	E(L)=	2.22 m
Larghezza equivalente fondazione per carichi eccentrici	B(EQ)=	11.74 m
Lunghezza equivalente fondazione per carichi eccentrici	L(EQ)=	11.29 m

DATI RELATIVI AI CARICHI

Carico normale alla fondazione	N=	46285.35 kN
Carico tangenziale alla fondazione	T=	2572.50 kN
Sovraccarico sul piano campagna	Q=	0.00 kN/m ²

VALORI DEI COEFFICIENTI DELLA FORMULA

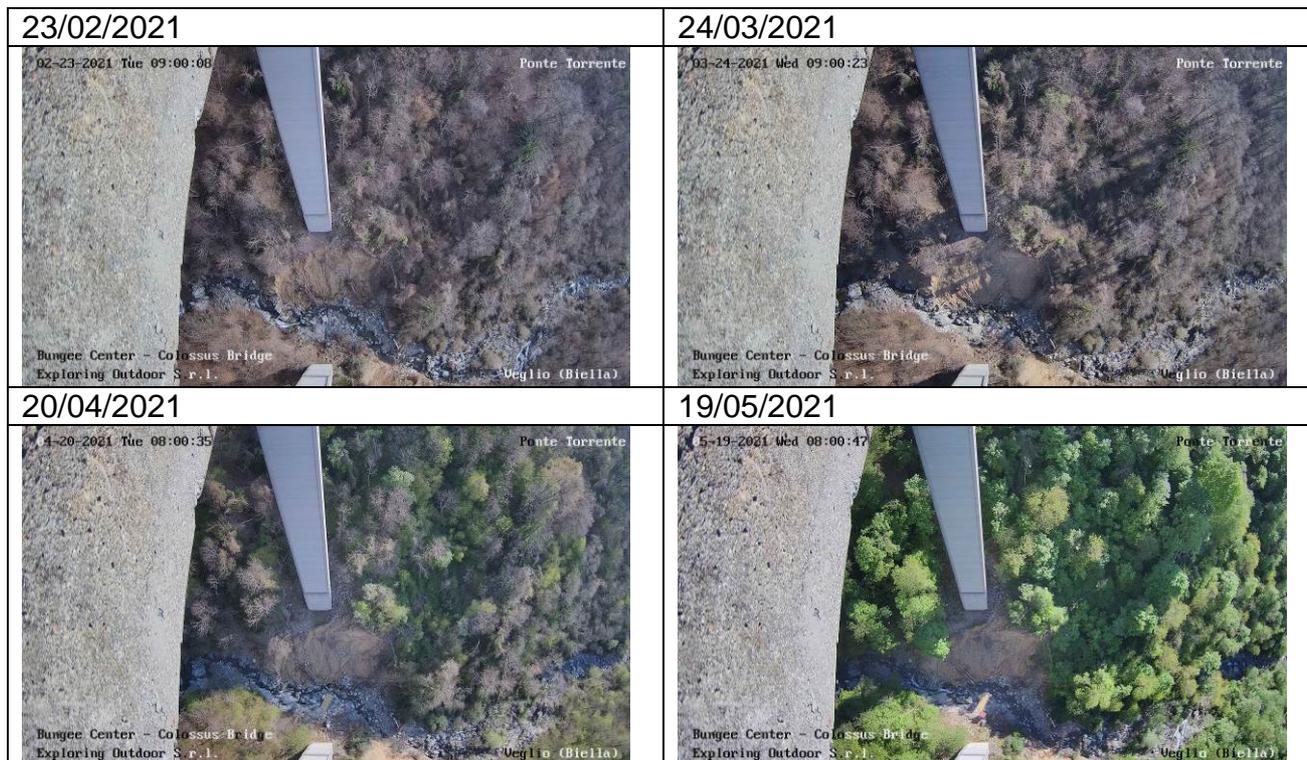
Coefficienti di Brinch-Hansen		γ	q	c
Fattori principali (kN/m ²)	F	117.40	91.00	0.00
Fattori di capacità portante	N	66.19	42.92	55.63
Fattori di forma fondazione	s	0.58	1.78	1.80
Fattori di profondità del piano di fondazione	d	1.00	1.09	1.09
Fattori di inclinaz. del carico	i	0.87	0.92	0.92
Fattori di inclinaz. del piano di fondazione	b	1.00	1.00	1.00
Fattori di inclinaz. del piano di campagna	g	0.18	0.18	0.16
Prodotto totale	F N s d i b q	703.31	1248.38	0.00

Pressione limite totale normale al piano di fondazione	qlim=	1951.69 kN/m ²
Pressione agente normale al piano di fondazione	q, agente	577.00 kN/m ²
Coefficiente di sicurezza	Fs=	3.38

La verifica porta ad un coefficiente di sicurezza pari a $3.36 > 3.00$.

9.3 IMMAGINI SCATTATE DA POSIZIONE FISSA DALL'IMPALCATO.

Si riportano a titolo di esempio quattro immagini da posizione fissa sull'impalcato, della zona di dissesto intorno alle pile 4 e 5.



Si sono esaminate le foto dal 22/02/2021 al 20/05/2021.

Pur considerando il fatto che si tratta di un monitoraggio qualitativo, senza rilevamenti di misure di alcun tipo, la visione in sequenza delle immagini fornisce la rappresentazione chiara che non si apprezzano movimenti o variazioni del terreno significative.

Le fotografie, quindi, non hanno mostrato alcun segno di movimenti del terreno in atto, pur essendo stati registrati nel periodo diversi fenomeni meteorologici di modesta entità.

10 CONCLUSIONI

- Nella presente relazione si è svolta una perizia statica strutturale del Viadotto sul Rio Poala, basata esclusivamente sul piano indagini e/o monitoraggi geognostici effettuati dopo il fenomeno franoso del 02/03 ottobre 2020.
- Per lo svolgimento dell'incarico, ci si è avvalsi delle seguenti indagini:
 - analisi storico-critica, ricerca di dati e informazioni documentali di archivio utili all'espletamento dell'incarico;
 - sopralluoghi conoscitivi sullo stato di fatto dell'infrastruttura;
 - studio del piano di monitoraggio sugli spostamenti del Viadotto;
 - studio del piano delle indagini geognostiche sulle fondazioni delle pile;
 - studio delle immagini scattate da posizione fissa dall'impalcato.
- Sulla base dei risultati delle indagini si può concludere che:
 - nelle relazioni di progetto era più volte ribadita l'esigenza di imbasare le fondazioni in roccia "sana";
 - un esame degli elaborati originali costituenti il progetto strutturale e un'ispezione accurata delle strutture delle fondazioni interessate dagli smottamenti ha portato alle seguenti considerazioni:
 - le fondazioni delle pile indagate del Viadotto corrispondono, per quanto possibile constatare, con quanto riportato sui disegni di progetto recuperati in archivio;
 - per quanto visibile, si è potuta inoltre riscontrare la regolare esecuzione delle opere e l'assenza di significative lesioni od altre anomalie; non appaiono segnali visibili di dissesto sull'impalcato, sulle pile o sulle fondazioni, nelle zone oggetto di ispezione;
 - gli smottamenti di terreno appaiono interessare la coltre superficiale, come già previsto in sede di progetto del 1968, nel quale, proprio a causa di questa incertezza, si prescriveva la realizzazione delle fondazioni su roccia.
 - nonostante il dissesto originato dall'evento meteorico del 2 e 3 ottobre 2020, non si evidenziano problemi alla struttura causati da cedimenti e movimenti delle fondazioni, in particolare delle pile 4 e 5;
 - i carotaggi hanno mostrato la presenza, al di sotto del plinto della pila 5, di roccia "fratturata";
 - calcoli prudenziali della stabilità delle fondazioni, considerando come terreno di base "roccia fratturata" (anziché roccia "sana" come prescritto in progetto) confermano comunque la stabilità della struttura;
 - il monitoraggio degli spostamenti del Viadotto e lo studio delle immagini da postazione fissa garantiscono, al momento, l'assenza di movimenti significativi della struttura;
 - non si denunciano, in definitiva, situazioni d'immediato pericolo;
- Per quanto sopra esposto, si ritiene:
 - che sia possibile la riapertura del Viadotto al traffico viabile, mantenendo tuttavia una limitazione a 35 q.li, ed escludendo pertanto la possibilità di transito di mezzi di massa superiore;
 - che sia tuttavia obbligatorio mantenere la sorveglianza quotidiana, basata su "immagini scattate da posizione fissa dall'impalcato", del terreno a ridosso delle fondazioni delle pile 4 e 5 in modo da controllare l'evoluzione dei fenomeni, in particolar modo l'erosione ai piedi della fondazione a seguito di significativi eventi meteorologici;
 - che sia necessario procedere alla chiusura totale del viadotto qualora il bollettino di allerta meteorologica, emesso dal centro funzionale Arpa del Piemonte tutti i giorni entro le ore 13, con validità 36 ore e rivolto al sistema di

protezione civile, segnali condizioni di criticità idrogeologica di secondo livello (moderata criticità).

- La riapertura completa e definitiva dell'infrastruttura a qualsiasi tipo di traffico (anche oltre i 35 q.li) potrà essere effettuata solo dopo l'esecuzione di lavori di protezione dallo scalzamento del plinto della pila 5, mediante la regimentazione adeguata dell'alveo del Rio Poala in corrispondenza dell'attraversamento del viadotto e la realizzazione di un'opera geotecnica di protezione del plinto da fenomeni franosi (paratia di micropali tirantata).
- Uno studio di prefattibilità di queste opere, destinato alla sola individuazione di una stima sommaria del costo dell'intervento, porta al computo metrico estimativo e al relativo quadro economico seguenti:

Descrizione	P.s.1	P.s.2	Sup (m ²)	Lungh (m)	Largh. (m)	Altezza (m)	Massa (kg)	U.m.	Quantità	Prezzo (€)	Importo (€)
Impianto Cantiere e Sicurezza								cad	1.00	25'000.00	25'000.00
Pista per accesso all'area				435.00	5.00	3.00		m3	6'525.00	12.00	78'300.00
Scogliera			1'600			3.00		m3	4'800.00	20.00	96'000.00
Paratia di protezione: Micropali int 0.50 m L=20 m fi240mm con tubo L=12.00 m fi193.7 mm sp. 12.5mm (p= 56.2 kg/m)		88		20.00				m	1'760.00	135.00	237'600.00
Paratia di protezione: Casseri cordolo		2		44.00		1.00		m2	88.00	28.00	2'464.00
Paratia di protezione: Calcestruzzo cordolo C32/40				44.00	1.00	1.00		m3	44.00	140.00	6'160.00
Paratia di protezione: Acciaio B450C				44.00	1.00	1.00	100.00	kg	4'400.00	1.70	7'480.00
Paratia di protezione: Tiranti da 4 trefoli (Af= 5.56cmq; Ø= 15cm Ltot=20 m (Llib=6 m; Lbulbo=16 m) int.= 2 m; inc.= 15°		22		22.00				m	484.00	110.00	53'240.00
Imprevisti 5%											25'312.20
Totale											531'556.20

QUADRO ECONOMICO	Prefattibilità
	Importo
	(€)
A Lavori	531'556.20
A Totale lavori	<u>531'556.20</u>
B1 I.V.A. sui lavori (22% di A)	116'942.36
B2 Spese tecniche - modello idraulico (I.V.A. ed oneri IN.AR.CASSA inclusi)	7'600.00
B3 Spese tecniche - strutturale (I.V.A. ed oneri IN.AR.CASSA inclusi)	50'800.00
B4 Spese tecniche - geologo (I.V.A. ed oneri IN.AR.CASSA inclusi)	5'100.00
B5 Spese tecniche - sicurezza (I.V.A. ed oneri IN.AR.CASSA inclusi)	20'300.00
B6 Rilievi, accertamenti e indagini (I.V.A. compresa)	7'000.00
B7 Acquisizione aree o immobili (I.V.A. compresa)	1'000.00
B8 Fondo - incentivi per la progettazione (2% di A)	10'631.12
B9 Per imprevisti, lavori puntuali di sistemazione: % sui lavori circa 9.2%	49'070.32
B Totale spese tecniche ed IVA	<u>268'443.80</u>
TOTALE FINANZIAMENTO NECESSARIO (A+B)	<u>800'000.00</u>