



PROVINCIA DI PRATO

AREA TECNICA
SERVIZIO ASSETTO E GESTIONE DEL TERRITORIO

VIA RICASOLI N.25 59100 - PRATO

Protocollo d'intesa del 28.08.2018 "Verifica dei ponti prioritari"

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEL PONTE LUNGO LA SR325 AL KM 48+800 NEL COMUNE DI VERNIO (PO)

**Progetto definitivo-esecutivo CIG Z7330F83FF
CUP I57H20004330003**

Responsabile Unico del Procedimento:
ING. ELISA GORGAI - Provincia Prato

Progettista:

ING. GALILEO INNOCENTI
via Case Basse 25
51037 - Montale (PT)
cel. 320.8442245
tel. fax 0573.764654
e.mail: galileo.innocenti@gmail.com
pec: galileo.innocenti@ingpec.eu



RELAZIONE SULLE INDAGINI CONOSCITIVE

RIC

elaborato

DATA: Novembre 2021

EMIS.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	NOV/2021	Emissione progetto DEFINITIVO-ESECUTIVO	G.I	G.I	G.I

1	PREMESSA	1
2	INDAGINI DI TIPO VISIVO E GEOMETRICO.....	1
3	INDAGINI DI TIPO MECCANICO	10

1 PREMESSA

Il ponte in esame è stato oggetto di una campagna di indagini conoscitive che è così articolata:

- esecuzione di un rilievo strumentale di dettaglio del manufatto e delle zone limitrofe;
- campagna di saggi strutturali, di prove sui materiali in situ e di prelievo di campioni di materiali da sottoporre a prove di laboratorio nelle giornate del 16 e del 17 giugno 2021. La campagna ha visto la partecipazione attiva del laboratorio di prove sui materiali Sigma di Campi Bisenzio oltre che di una impresa edile per le assistenze murarie, per gli apprestamenti e per la realizzazione dei saggi e dei relativi ripristini;
- campagna geognostica nei giorni dal 29 giugno al primo luglio 2021 caratterizzata dall'esecuzione di 4 sondaggi a carotaggio continuo con prove in foro SPT per le cui risultanze si rimanda alla relazione geologica a firma del Geol. Gaddo Mannori. La natura dei terreni presenti al di sopra del substrato roccioso ha impedito il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio. Per quanto concerne le indagini di tipo sismico si è fatto riferimento alla tomografia sismica a rifrazione in onde P e S realizzata nel 2020 dalla società So.Ge.T a supporto del progetto denominato "Interventi di messa in sicurezza della sede stradale interessata da cedimenti – Sr325 Km 48+500" e messa a disposizione dalla committenza.

Tutte le sopradette indagini sono state finalizzate al raggiungimento di un livello di conoscenza LC1 del manufatto ai sensi della vigente normativa strutturale.

2 INDAGINI DI TIPO VISIVO E GEOMETRICO

Oltre al sopra citato rilievo topografico di dettaglio sono stati eseguiti i seguenti saggi:

- saggio in fondazione S1 in corrispondenza dello spigolo tra spalla e muro d'ala a valle, lato Vernio (si veda l'esatta posizione sulla planimetria di rilievo). Il saggio, del quale si riportano alcune fotografie alla pagina successiva, ha confermato la presenza di fondazioni dirette per le spalle che si attestano sul substrato roccioso. All'interfaccia tra muratura e substrato roccioso si è rilevata la presenza di una zattera in calcestruzzo, presumibilmente debolmente armato. Per la profondità di rinvenimento del substrato roccioso e le dimensioni geometriche degli elementi osservati si rimanda alle restituzioni grafiche delle tavole T02 e T03. Il saggio ha evidenziato una sufficiente profondità del piano di imposta rispetto al piano di scorrimento dell'alveo, così da poter ritenere il rischio di fenomeni di scalzamento in fondazione molto molto basso.



Saggio in fondazione S1

- saggio in fondazione S2 sul muro d'ala a valle, lato Vernio, in corrispondenza dello sperone al confine tra il paramento in bozze perfettamente squadrate e bocciardate e quello in bozze squadrate bugnate (si veda l'esatta posizione sulla planimetria di rilievo). Anche in questo caso, come nel precedente, il saggio ha evidenziato un buon livello di approfondimento del piano della fondazione. A differenza della spalla la muratura del muro d'ala risulta impostata direttamente sulla roccia senza interposizione di elementi in calcestruzzo. Per la profondità di rinvenimento del substrato roccioso si rimanda alle restituzioni grafiche delle tavole T02 e T03: il saggio è risultato particolarmente utile nella ricostruzione stratigrafica del pendio, alla luce delle risultanze dei sondaggi a carotaggio continuo. Si riportano di seguito alcune immagini del saggio:



Saggio in fondazione S2



Saggio in fondazione S2

- saggio in fondazione S3 sul muro d'ala a monte, lato Montepiano, in corrispondenza dello sperone al confine tra il paramento in bozze perfettamente squadrate e bocciardate e quello in bozze squadrate bugnate (si veda l'esatta posizione sulla planimetria di rilievo). Per tale saggio valgono considerazioni del tutto analoghe rispetto al precedente.



Saggio in fondazione S3

- saggio sulla muratura delle spalle. Il saggio è stato eseguito in particolare sulla spalla lato Vernio, nei pressi dell'estremità di valle ed è stato determinante per appurare che, quella che apparentemente sembra una muratura portante in blocchi di arenaria perfettamente squadrate di elevato spessore è in realtà una muratura disordinata di pietrame, di spessore massivo, con un paramento di rivestimento di spessore 10-15cm in bozze perfettamente squadrate con piano bocciardato. Tra la muratura portante vera e propria ed il paramento di rivestimento è presente una intercapedine saturata con calce di spessore attorno ai 10cm. Una volta rimossa una bozza di rivestimento e messo a nudo il paramento in muratura disordinata di pietrame è stato realizzato un foro con trapano, per la cui lunghezza (90cm, ovvero la massima raggiungibile con gli strumenti a disposizione) è stata rilevata la medesima resistenza alla punta (a conferma dello spessore massivo della muratura).



Saggio sulla muratura delle spalle

- saggio sulla muratura dei timpani eseguito a monte. Il saggio ha consentito di appurare che anche la muratura dei timpani, apparentemente in blocchi squadrati di elevato spessore, è in realtà costituita da muratura in pietrame disordinata di spessore massivo sulla quale è applicato un paramento di rivestimento in bozze perfettamente squadrate con piano bocciardato $s=10-15\text{cm}$.



Saggio sulla muratura di timpano

- saggio sullo spessore della volta in calcestruzzo in corrispondenza della chiave. Tale saggio è stato determinante per appurare che lo spessore della volta in calcestruzzo in mezzeria differisce dall'altezza dei conci della ghiera lapidea di rivestimento, che alla medesima volta si atesta alle estremità. In particolare, a fronte di un'altezza della ghiera di 75cm , si è rilevato uno spessore della volta pari a 40cm circa.



Saggio sullo spessore della volta di cls in chiave

- saggio sullo spessore della volta in calcestruzzo all'imposta. Il saggio è stato eseguito operando un'ampia demolizione di calcestruzzo nella mezzeria della spalla lato Vernio. Tale demolizione, profonda 25cm, ha permesso di appurare che la volta è priva di armatura. Successivamente, sulla porzione caratterizzata dalla maggiore profondità di demolizione è stato praticato un foro. La punta ha incontrato la medesima resistenza fino alla profondità di circa 50cm, per poi penetrare improvvisamente con maggiore facilità. Una volta estratta, la punta ha poi mostrato la presenza di materiale "terroso" oltre i 50cm. Attraverso tale prova si è quindi potuto dedurre che lo spessore della volta all'imposta è pari a $50+25$ cm, ovvero circa 75cm (pari allo spessore della ghiera di rivestimento).



Saggio all'imposta della volta in cls



Saggio all'imposta della volta in cls

- saggi diffusi sulla muratura dei muri d'ala. I saggi hanno consentito di appurare che anche la muratura dei muri a contenimento dei terrapieni, apparentemente in blocchi squadrati di elevato spessore, è in realtà costituita da muratura in pietrame disordinata di spessore massivo con paramento di rivestimento in bozze squadrate con piano bugnato di spessore 15-20cm.



Saggio sui muri d'ala



Saggio sui muri d'ala

Tutte le risultanze derivanti dai saggi sopra descritti, incrociate con i dati derivanti dai sondaggi a carotaggio continuo nel corpo dei terrapieni della campagna geognostica, hanno consentito le restituzioni geometriche delle tavole T02 e T03.

In estrema sintesi il ponte è costituito da una volta a botte a tutto sesto in calcestruzzo non armato di spessore variabile da 75cm all'imposta a 40cm in chiave (luce 5.50m circa).

Tutte le murature portanti, ovvero spalle, muri di timpano e muri d'ala sono strutture massive in muratura di pietrame disordinata con fondazione diretta sul substrato roccioso. Tutte le murature presentano paramenti di rivestimento, di modesto spessore, eseguiti in blocchi da squadri (muri d'ala) a perfettamente squadri (timpani, spalle). La volta, le murature di timpano e le spalle non presentano segni di dissesto, ad eccezione di numerose infiltrazioni di acqua che in zone estremamente localizzate, come ad esempio per la spalla lato Vernio, possono aver causato qualche lieve rigonfiamento del paramento di rivestimento. Sono invece presenti zone (come sui timpani di monte) in cui è mancante parte del paramento di rivestimento in bozze perfettamente squadrate. Diversa è invece la situazione dei muri d'ala, specie a valle, ove questi raggiungono la massima altezza. Per essi si osservano numerosi tratti in cui la muratura caotica si è allentata causando spancamenti o crollo del paramento di rivestimento a testimonianza del fatto che la muratura di sostegno a gravità dei terrapieni, lato valle, non è più in grado di assolvere alla sua funzione con un sufficiente margine di sicurezza.

3 INDAGINI DI TIPO MECCANICO

Dalla volta in calcestruzzo sono state prelevate 3 carote. Queste sono state sottoposte a prova per determinazione della profondità di carbonatazione in situ che è risultata prossima, mediamente, ai 5cm. Successivamente le carote sono state sottoposte a prove di compressione in laboratorio fornendo i risultati di cui al certificato riportato in calce.

E' stata infine condotta una campagna sclerometrica sul calcestruzzo della volta costituita da 10 battute.

In riferimento al paragrafo 6.3.4 delle "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" è possibile, a partire dai risultati delle prove di compressione sulle carote, stimare la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo esistente:

$$f_d = \min \left(\frac{f_m}{F_C \cdot \gamma_M}; \frac{f_k}{F_C} \right)$$

Seguendo il metodo di calcolo suggerito dal documento si ha una resistenza di progetto fcd da poter assumere nelle verifiche pari a 10,03N/mmq.

Rc (N/mmq)	fc (N/mmq)	ln(fc)	[ln(fc)-μ]^2
22.10	18.34	2.91	0.01
25.10	20.83	3.04	0.00
26.20	21.75	3.08	0.01
	μ	3.01	
	σ	0.09	
	μ0.16	2.96	
	fck	16.65 N/mmq	
	fm	20.31 N/mmq	
	F.C.	1.35	
	γm	1.50	
	fk/F.C.	12.33 N/mmq	
	fm/(F.C. γm)	10.03 N/mmq	
	fcd	10.03 N/mmq	

Le risultanze delle battute sclerometriche, con relative correlazioni, forniscono una stima della resistenza a compressione non inferiore a quella sopra riportata.

Sulla base di quanto osservato visivamente, trascurando i paramenti di rivestimento, si può assimilare la muratura in pietrame disordinato delle spalle, dei muri d'ala e dei muri di timpano alla tipologia "muratura in pietrame disordinata" di cui alla tabella C8.5.I della circolare esplicativa al D.M. 17/01/2018.



Operazioni di estrazione delle carote

Il tecnico
Ing. Galileo Innocenti

Si allegano i certificati del laboratorio Sigma di Campi Bisenzio.

**PROVE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO****CERTIFICATO N. 3490 DEL 16/07/2021****RIF. V.A. 1054/1762 DEL 17/06/2021**

Committente	PROVINCIA DI PRATO VIA RICASOLI 25 – 59100 PRATO (PO)
Tecnico incaricato	ING. GALILEO INNOCENTI
Cantiere	PONTE SR 325 KM 48+800 COMUNE DI VERNIO (PO)
Proprietà	PROVINCIA DI PRATO

Esperienze effettuate	Estrazione n. 3 carote da strutture in c.a. da tecnico di Laboratorio con Verbale di prelievo (V.I.E.) n. 13402 del 17/06/2021
Giorno di prelievo	17/06/2021
Persone presenti al prelievo	Ing. Galileo Innocenti, tecnico incaricato
Prove richieste	Determinazione della profondità di carbonatazione e successiva prova di compressione su provini H=Ø

Strumentazione utilizzata	GALDABINI/MATEST
Data prova	17/06/2021 Carbonatazione 14/07/2021 Compressione
Norma riferimento	UNI EN 14630:2007 – UNI EN 12504-1:2021 – UNI EN 12390-3:2019
Numero provini ricavati	Dalle carote è stato ricavato 1 provino di dimensioni H=Ø
Preparazione teste provini	Cappatura con Malta bicomponente Hilti HIT – MM – PLUS

RISULTATI DI PROVA

Sigla	Struttura di prelievo	Dimensioni provino Ø H [mm]	H/Ø	Area provino [mm ²]	Massa Volumica [kg/m ³]	Profondità carbonataz. media [mm]	Carico di Rottura [kN]	Carico unitario Rottura [N/mm ²]
C1	Volta ponte ad arco	103,0 101	1,0	8332	2246	63	184,5	22,1
C2	Volta ponte ad arco	103,0 100	1,0	8332	2208	52	209,5	25,1
C3	Volta ponte ad arco	103,0 99	1,0	8332	2231	46	218,1	26,2



Foto punti di prelievo e carote estratte

C1



C2



C3



Lo Sperimentatore
del Laboratorio
Geom. Enzo Ripellino

Il Direttore Responsabile
del Laboratorio
Ing. Simone Scalamandrè



PROVE SU STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

RAPPORTO DI PROVA N. 01726 DEL 16/07/2021

RIF. V.A. 1054/1762 DEL 17/06/2021

Committente	PROVINCIA DI PRATO VIA RICASOLI 25 – 59100 PRATO (PO)
Tecnico incaricato	ING. GALILEO INNOCENTI
Cantiere	PONTE SR 325 KM 48+800 COMUNE DI VERNIO (PO)
Proprietà	PROVINCIA DI PRATO

Esperienze effettuate	Determinazione Indice Sclerometrico
Verbale intervento esterno	13402 del 17/06/2021
Persone presenti alle prove	Ing. Galileo Innocenti, tecnico incaricato
Strumentazione utilizzata	Sclerometro PROCEQ – SCHMIDT-HAMMER Model N-34 serie 174134.
Data prova	17/06/2021
Norma riferimento	UNI EN 12504-2:2012

Risultati delle indagini

Sigla: 1		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>													Range di validità Battute	
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
40	42	43	42	39	38	42	38	38	40	40,0	1,93	28,0	52,0	
Sigla: 2		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>													Range di validità Battute	
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
38	42	40	41	39	42	40	38	42	39	38,0	1,85	26,6	49,4	



Sigla: 3		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
38	40	36	38	39	40	34	37	39	38	38,0	1,85	26,6	49,4	
Sigla: 4		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
36	39	38	38	37	40	39	38	36	38	38,0	1,29	26,6	49,4	
Sigla: 5		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
40	42	46	40	43	46	42	40	38	43	42,0	2,62	29,4	54,6	
Sigla: 6		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
42	40	44	46	39	40	42	44	45	43	42,5	2,32	29,8	55,3	
Sigla: 7		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
35	38	40	39	36	38	36	38	37	39	38,0	1,58	26,6	49,4	
Sigla: 8		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>												Range di validità Battute		
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
36	33	38	39	36	35	32	33	37	38	36,0	2,41	25,2	46,8	



Sigla: 9		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>											Range di validità Battute			
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
38	40	42	41	39	42	40	38	41	40	40,0	1,45	28,0	52,0	
Sigla: 10		Elemento: Volta ponte ad arco												
<i>indagine sclerometrica</i>											Range di validità Battute			
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / $\alpha=0^\circ$										Mediana su 10 valori	Dev. Standard	Inferiore	superiore	
34	36	38	33	34	37	39	38	38	38	37,5	2,12	26,3	48,8	

NOTA: a seguito dell'errata corrige UNI 1-2020 del 16/07/2020 la "media" è stata sostituita dalla "mediana"



Curva di conversione – Schmidt Hammer Model N

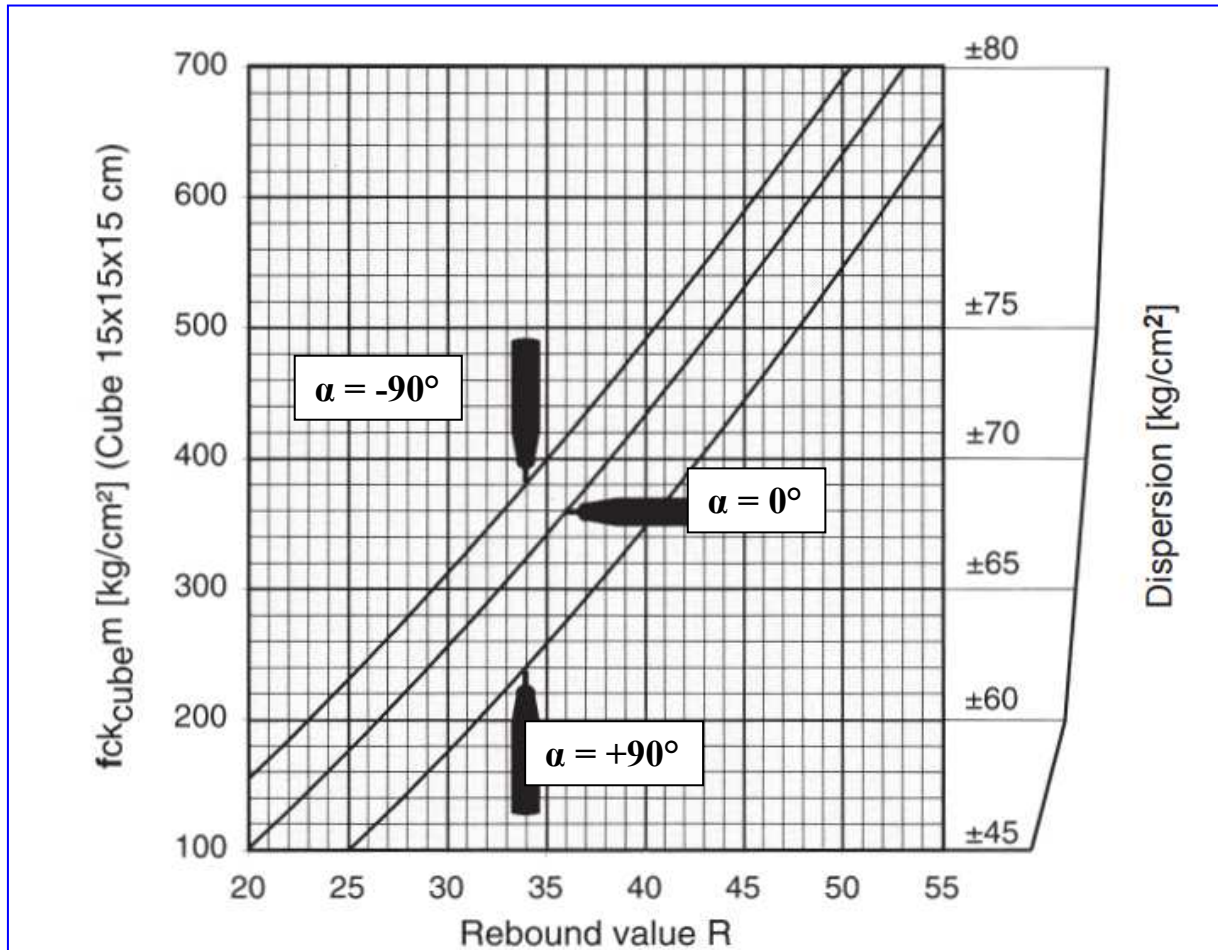




Foto struttura sottoposta a indagine e foto tipo punto di indagine



Lo Sperimentatore
del Laboratorio
Geom. Enzo Ripellino

Il Direttore Responsabile
del Laboratorio
Ing. Simone Scalamandrè

Firmato da:

innocenti galileo

codice fiscale NNCGLL80T23D612V

num.serie: 134616788080758559839945116143828612120

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 19/12/2020 al 20/12/2023