

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

SERVIZIO INFRASTRUTTURE, MOBILITA' SOSTENIBILE E PATRIMONIO



INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE SUL "TORRENTE DOLO", LUNGO LA SP486R AL KM 47+300 IN COMUNE DI TOANO (RE)

DIRIGENTE DEL SERVIZIO

Ing. VALERIO BUSSEI
Servizio Infrastrutture, Mobilità sostenibile e Patrimonio

FUNZIONARI DEL SERVIZIO INFRASTRUTTURE
MOBILITA' SOSTENIBILE E PATRIMONIO

Ing. GIUSEPPE TUMMINO
Responsabile unico del Procedimento Accordo Quadro
Lavori
Arch. RAFFAELLA PANCIROLI
Responsabile unico del Procedimento Accordo Quadro
Servizi Tecnici
Ing. GIUSEPPE TUMMINO
Direttore dell'Esecuzione Servizi Tecnici

PROGETTISTA MANDATARIO

Prof. Ing. RAFFAELE POLUZZI
Ordine degli ingegneri della Provincia di Bologna n. 1991/A
Via Cristoni, 14 - 40033 Casalecchio di Reno (BO)
Tel. 051/572737
Email: studio@poluzzi.com - Pec: raffaele.poluzzi@ingpec.eu

PROGETTISTI MANDANTI

SP INGEGNERIA S.R.L.
Via Prima Traversa Spianà, 1 - 37138 Verona (VR)

MBE S.R.L.
Via Filippo Corridoni, 2 - 45100 Rovigo (RO)

Dott. Geol. PIERLUIGI DALLARI
Via A. Costa, 178 - 41100 Modena (MO)

DEFINITIVO / ESECUTIVO

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE GENERALE

0A	APR.2026	EMISSIONE	TURATTI	BELLESIA	POLUZZI
EM./REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
IDENTIFICAZIONE ELABORATO				DATA	APRILE 2026
				SCALA	/
CARICA FILES					

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA	3
3. STATO DI FATTO.....	5
4. PROVE IN SITU.....	5
4.1 INDAGINI ENDOSCOPICHE	6
4.2 PROVE TOMOGRAFICHE SONICHE	9
4.3 PROVE CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO	12
4.4 PROVE CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO.....	16
4.5 PROVE DI TAGLIO DIRETTO (SHOVE TEST)	19
4.6 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MALTA.....	22
5. ULTERIORI PROVE	25
6. INTERVENTI PREVISTI	28
7. CONSIDERAZIONI DI NATURA GEOLOGICA/GEOTECNICA.....	30
8. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	31
8.1 OPERE IN C.A. E ACCIAIO	31
8.2 PRINCIPALI NORME UNI	31
9. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	33

1. PREMESSA

Il presente progetto ha come scopo la messa in sicurezza del ponte ubicato lungo la Strada Provinciale SP486R al km 47+300, presso il Comune di Toano (RE).

L'intervento fa parte dell'Accordo Quadro per l'affidamento di servizi tecnici di architettura ed ingegneria per interventi su manufatti della rete viaria della Provincia di Reggio Emilia.

Il programma Triennale 2021/2023 approvato dal Consiglio Provinciale in data 27/05/2021 prevede per il ponte in oggetto: consolidamento delle murature, cerchiatura delle pile e messa in sicurezza delle fondazioni



Ubicazione del Ponte

Coordinate: Latitudine: 44.3739, Longitudine: 10.6133

Il complesso degli interventi previsti, ai sensi dell'art. 8.4 del D.M. 17.01.2018, è riconducibile alla **Categoria degli interventi di riparazione, o locali**. Infatti non viene alterato il comportamento sismico del manufatto e il peso complessivo dell'opera rimane sostanzialmente invariato.

Ai sensi dell'art. 2.4 del citato D.M. 17.01.2018 risulta:

- Vita Nominale di progetto: $V_N = 50$ anni
- Classe d'uso: III (Costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi)
- Coefficiente d'uso conseguente: $C_U = 1.5$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il ponte sul torrente Dolo, situato in località Ponte Dolo, nei pressi di Toano (RE), è costituito da sette archi in muratura con luce media pari a circa 11,80m, freccia di circa 3,80m e spessore di circa 0,75m. Le pile, anch'esse in muratura, presentano un'altezza variabile da 2,25m a 4,50m fuori terra; il loro spessore varia da circa 2,25m per le pile centrali (allineamenti n.3, 4, 5 e 6) a circa 3,30m per quelle esterne (allineamenti n.2 e 7).

La sezione trasversale, di larghezza complessiva pari a 8.35m, ospita una carreggiata a doppio senso di marcia di 5.65m e due marciapiedi laterali di 1.35m ciascuno.

Le prime sei campate a partire da Reggio Emilia presentano un nucleo centrale in muratura e due archi di bordo pure in muratura. Si segnala che l'ultimo arco, in corrispondenza della spalla lato Modena e riferito al prospetto di valle, è stato ricostruito in cemento armato. Per il resto anche questa campata presenta il nucleo centrale e l'arco di monte in muratura.

Al di sotto del ponte, scorre il Torrente Dolo, il cui andamento serpeggiante ha visto nel tempo lo spostamento del corso d'acqua principalmente al di sotto dell'ultimo arco sul prospetto di monte (il primo in destra idraulica, lato Modena); lo stesso risulta maggiormente ammalorato rispetto ai restanti archi.

In alcune stagioni con abbondanza di precipitazioni, può capitare che lo scorrere dell'acqua emigri parzialmente al di sotto del penultimo arco e meno sovente nel terz'ultimo.

Al di sotto delle altre volte sono presenti ciottoli di diversa pezzatura, qualche arbusto e tronchi dovuti dal trasporto del fiume durante gli anni passati.



Vista del ponte lato di monte (prospetto Ovest)



Settimo arco, dove si concentra la quasi totalità della portata del Torrente Dolo



Carreggiata esistente

3. STATO DI FATTO

Allo stato attuale sono emerse le seguenti criticità:

- Alcuni archi risultano più ammalorati rispetto ad altri; globalmente gli archi presentano alcune lesioni, distacco di mattoni, fessurazioni e rappezzamenti vari della superficie muraria al di sotto della volta muraria;
- Al di sotto degli archi, sono evidenti fenomeni di dilavamento diffuso;
- Nell'ultimo arco, il prospetto Est presenta un allargamento/rifacimento di cui non è presente nessuna documentazione a riguardo. Su questo lato risulta utilizzato del calcestruzzo a più riprese e di qualità scadente; mentre per la volta esterna si è utilizzata una gabbia in acciaio, la quale presenta ferri esposti ed arrugginiti;
- Come già riportato nel capitolo precedente, al di sotto del settimo arco, è concentrata la quasi totalità della portata del Torrente. In questo punto la forte corrente ha scavato un percorso tra la pila 6 e la spalla S2. La pila suddetta è interessata da un iniziale fenomeno di scalzamento alla base dovuto alla corrente del corso d'acqua;
- Sono presenti tronchi di notevoli dimensioni sull'alveo del torrente;
- Nel piano stradale la pavimentazione presenta fessurazioni longitudinali e trasversali per la totalità della lunghezza del ponte.



Quadro difettologico rilevato

4. PROVE IN SITU

La Provincia di Reggio Emilia ha avuto modo di reperire prove approfondite sul ponte in oggetto eseguite in data 26/06/2020 a firma del Prof. Dott. Giancarlo Maselli.

In particolare sono state eseguite:

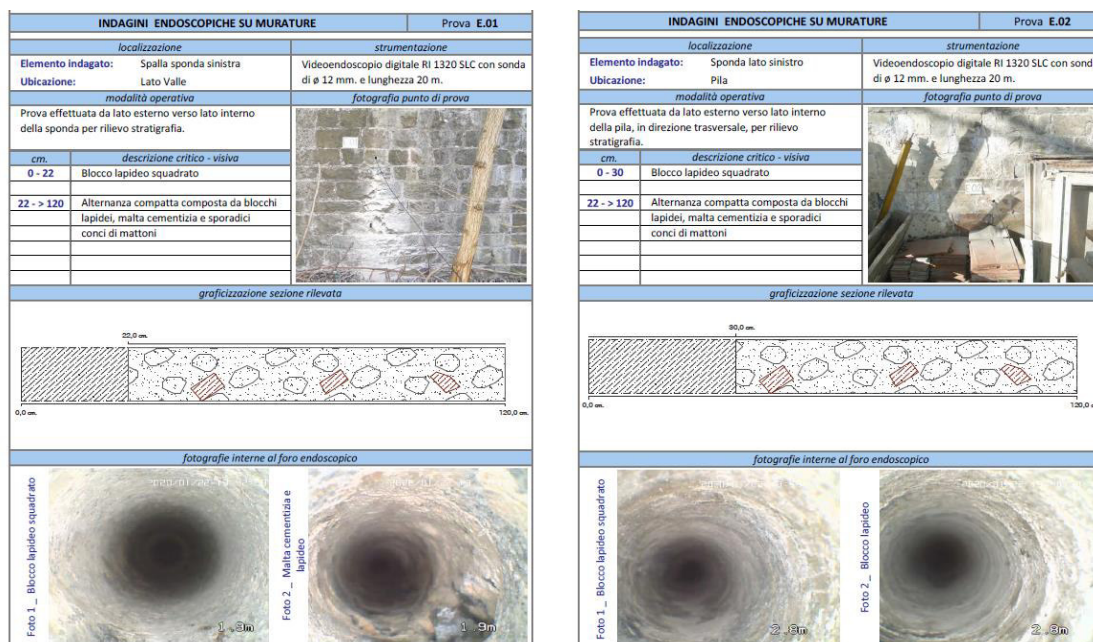
- n°16 accertamenti endoscopici (n°10 ad asse orizzontale sulle pile, n°1 ad asse orizzontale sul timpano, n°5 ad asse verticale sulle volte da intradosso);
- n°3 prove tomografiche soniche;
- n°6 prove con martinetto piatto singolo e n°2 prove con martinetto piatto doppio;

- n°5 prove di taglio diretto con metodo Shove Test;
- n°10 prove su giunti di malta mediante penetrometro.

4.1 INDAGINI ENDOSCOPICHE

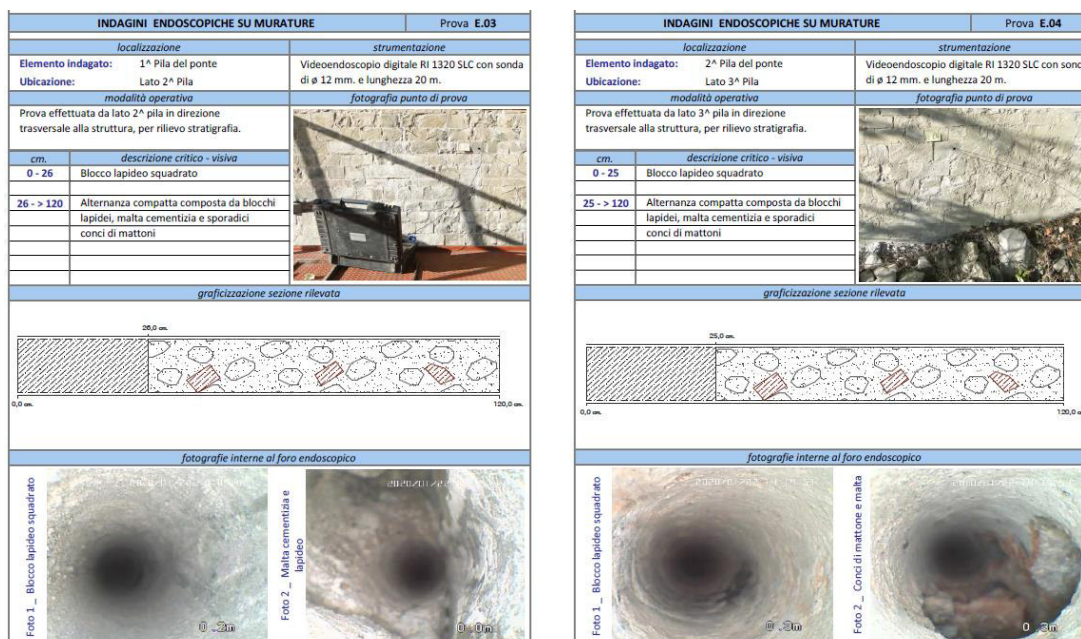
Questa metodologia di prova, di tipo non distruttivo, consiste nell'eseguire un foro di piccole dimensioni ed inserire all'interno una telecamera ottica munita di luce, la quale permette di conoscere la stratigrafia della sezione di elementi strutturali.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti:



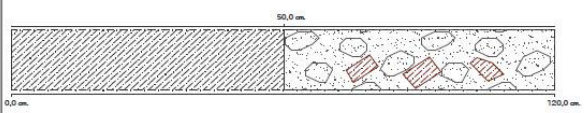
Prova endoscopica n°1 – Spalla sponda sinistra lato valle

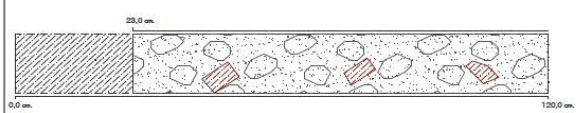
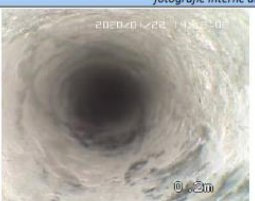
Prova endoscopica n°2 – Spalla sponda sinistra pila



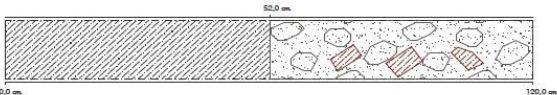
Prova endoscopica n°3 – Prima pila del ponte lato seconda pila

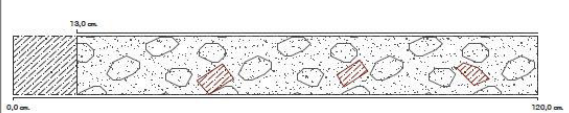
Prova endoscopica n°4 – Seconda pila del ponte lato terza pila

INDAGINI ENDOSCOPICHE SU MURATURE		Prova E.05
<i>localizzazione</i>		<i>strumentazione</i>
Elemento indagato:	2 ^a Pila del ponte	Videoendoscopio digitale RI 1320 SLC con sonda di ϕ 12 mm. e lunghezza 20 m.
Ubicazione:	Testa lato monte	
<i>modalità operativa</i>		<i>fotografia punto di prova</i>
Prova effettuata da lato monte della pila in direzione longitudinale alla struttura, per rilievo stratigrafia.		
cm.	<i>descrizione critico - visiva</i>	
0 - 50	Blocco lapideo squadrato	
50 - > 120	Alternanza compatta composta da blocchi lapidei, malta cementizia e sporadici concii di mattoni	
<i>graficizzazione sezione rilevata</i>		
		
<i>fotografie interne al foro endoscopico</i>		
Foto 1 _ Blocco lapideo squadrato		Foto 2 _ Concii di mattone e malta
		

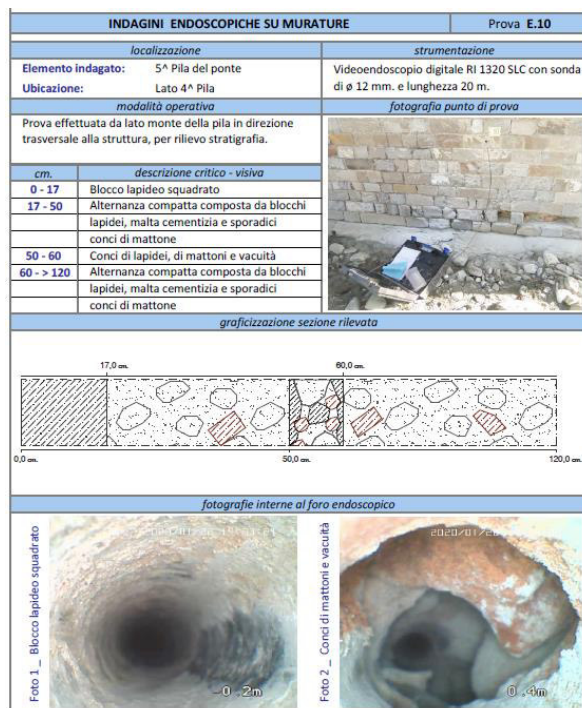
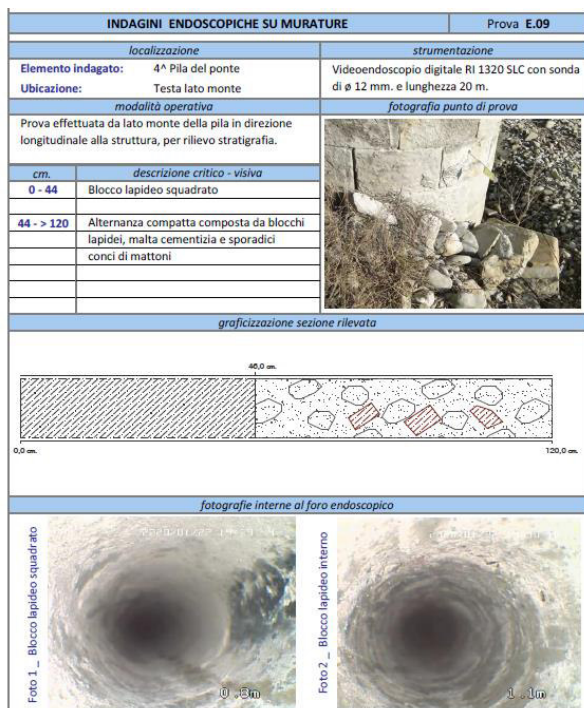
INDAGINI ENDOSCOPICHE SU MURATURE		Prova E.06
<i>localizzazione</i>		<i>strumentazione</i>
Elemento indagato:	3 ^a Pila del ponte	Videoendoscopio digitale RI 1320 SLC con sonda di ϕ 12 mm. e lunghezza 20 m.
Ubicazione:	Lato 2 ^a Pila	
<i>modalità operativa</i>		<i>fotografia punto di prova</i>
Prova effettuata da lato 2 ^a pila in direzione trasversale alla struttura, per rilievo stratigrafia.		
cm.	<i>descrizione critico - visiva</i>	
0 - 23	Blocco lapideo squadrato	
23 - > 120	Alternanza compatta composta da blocchi lapidei, malta cementizia e sporadici concii di mattoni	
<i>graficizzazione sezione rilevata</i>		
		
<i>fotografie interne al foro endoscopico</i>		
Foto 1 _ Blocco lapideo squadrato		Foto 2 _ Blocco lapideo interno
		

Prova endoscopica n°5 – Seconda pila del ponte testa lato di monte
 Prova endoscopica n°6 – Terza pila del ponte lato seconda pila

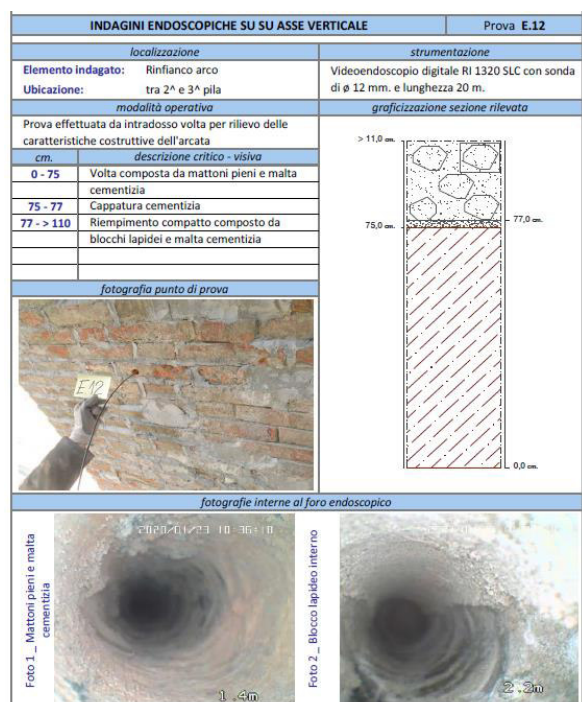
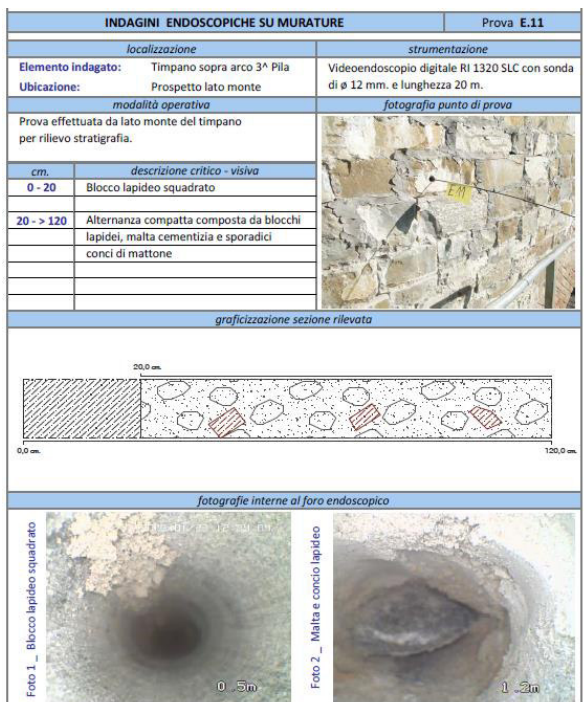
INDAGINI ENDOSCOPICHE SU MURATURE		Prova E.07
<i>localizzazione</i>		<i>strumentazione</i>
Elemento indagato:	3ª Pila del ponte	Videoendoscopio digitale RI 1320 SLC con sonda di ϕ 12 mm. e lunghezza 20 m.
Ubicazione:	Testa lato monte	
<i>modalità operativa</i>		<i>fotografia punto di prova</i>
Prova effettuata da lato monte della pila in direzione longitudinale alla struttura, per rilievo stratigrafia.		
cm.	<i>descrizione critico - visiva</i>	
0 - 52	Blocco lapideo squadrato	
52 - > 120	Alternanza compatta composta da blocchi lapidei, malta cementizia e sporadici concii di mattoni	
<i>graficizzazione sezione rilevata</i>		
		
<i>fotografie interne al foro endoscopico</i>		
Foto 1 _ Blocco lapideo squadrato		Foto 2 _ Malta e blocco lapideo 

INDAGINI ENDOSCOPICHE SU MURATURE		Prova E.08
localizzazione		strumentazione
Elemento indagato:	4ª Pila del ponte	Videoendoscopio digitale RI 1320 SLC con sonda di ϕ 12 mm. e lunghezza 20 m.
Ubicazione:	Lato 3ª Pila	
modalità operativa		fotografia punto di prova
Prova effettuata da lato 3ª pila in direzione trasversale alla struttura, per rilievo stratigrafia.		
cm.	descrizione critico - visiva	
0 - 13	Blocco lapideo squadrato	
13 - > 120	Alternanza compatta composta da blocchi lapidei, malta cementizia e sporadici concii di mattoni	
graficizzazione sezione rilevata		
		
fotografie interne al foro endoscopico		
Foto 1 _ Blocco lapideo squadrato		Foto 2 _ Malta, lapideo e concio di mattone
		

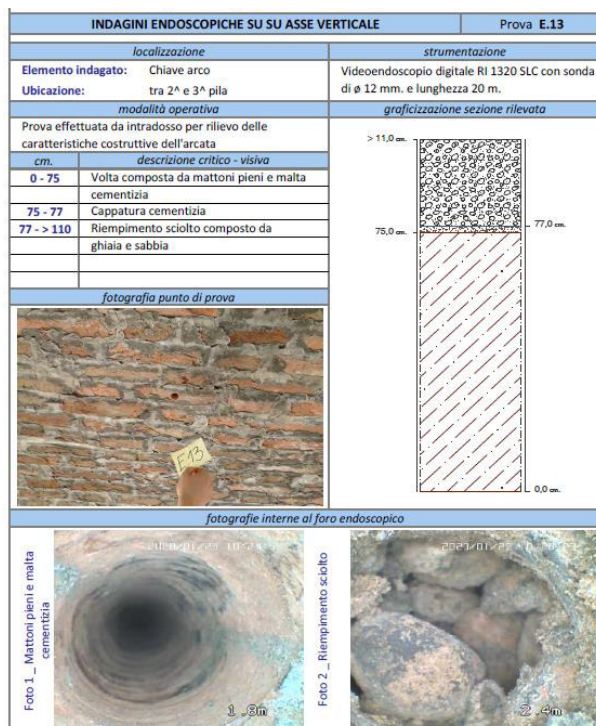
Prova endoscopica n°7 – Terza pila del ponte testa lato monte
 Prova endoscopica n°8 – Quarta pila del ponte lato terza pila



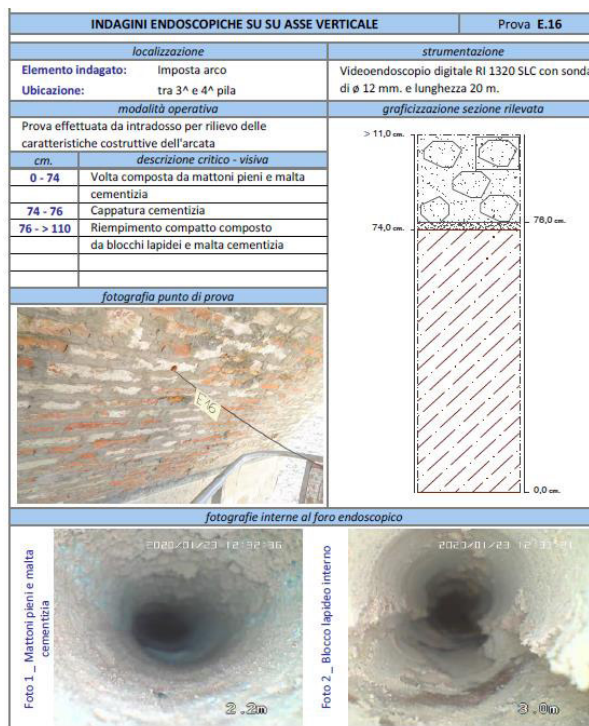
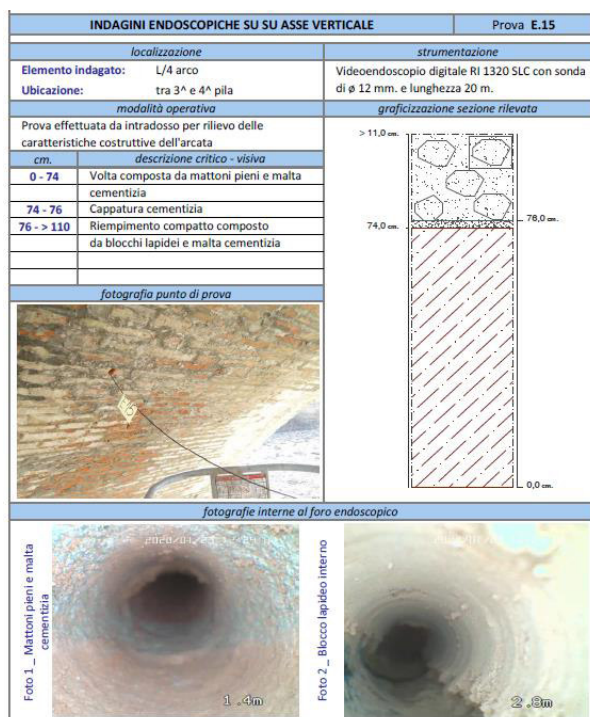
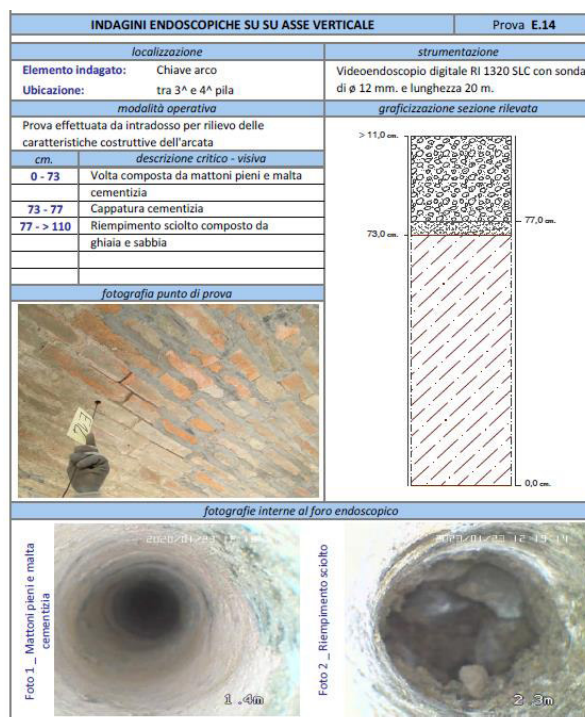
Prova endoscopica n°9 – Quarta pila del ponte testa lato di monte
Prova endoscopica n°10 – Quinta pila del ponte lato quarta pila



Prova endoscopica n°11 – Timpano sopra arco terza pila prospetto lato di monte
Prova endoscopica n°12 – Rinfranco arco tra la seconda e la terza pila



Prova endoscopica n°13 – Chiave arco tra la seconda e la terza pila
Prova endoscopica n°14 – Chiave arco tra la terza e la quarta pila



Prova endoscopica n°15 – L/4 arco tra la terza e la quarta pila
Prova endoscopica n°16 – Imposta arco tra la terza e la quarta pila

4.2 PROVE TOMOGRAFICHE SONICHE

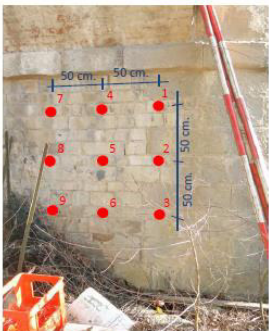
Le prove di tipo tomografico sonico sono anch'esse di tipo non distruttivo, consistono nel valutare la velocità di propagazione delle onde sonore attraverso la sezione da indagare. Questa tipologia di prova permette di caratterizzare qualitativamente il materiale cui è costituita

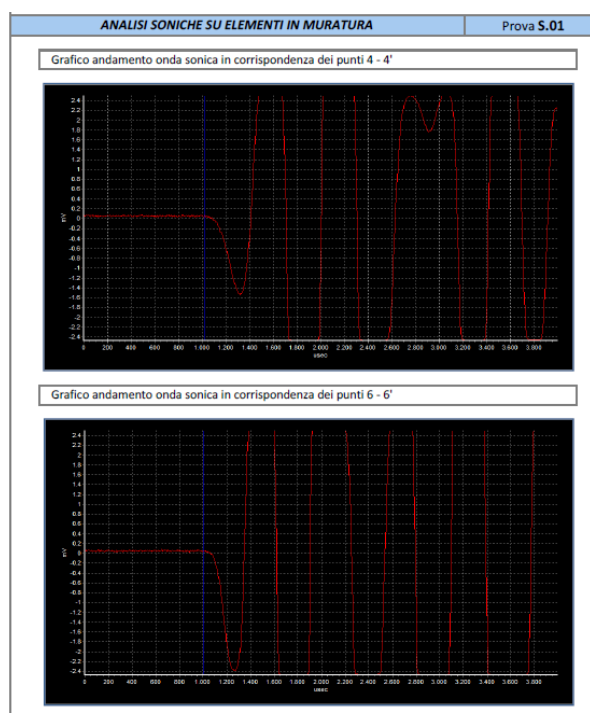
la sezione da indagare e permette di ottenere informazioni circa la densità, la presenza di fessure od eterogeneità, consistenza ecc...

Sono state eseguite n°3 prove tomografiche; per ognuna di esse si è determinata la velocità dell'onda sonora e calibrata tra 3 range di velocità, al fine di dedurre informazioni sulla qualità della muratura:

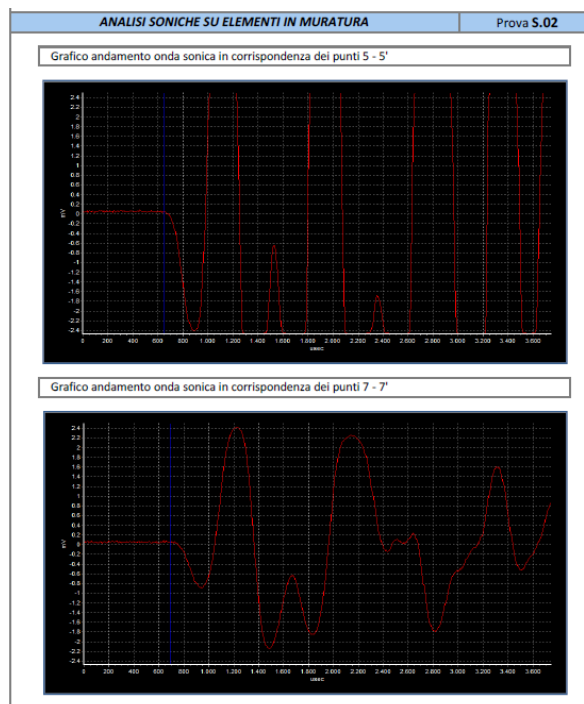
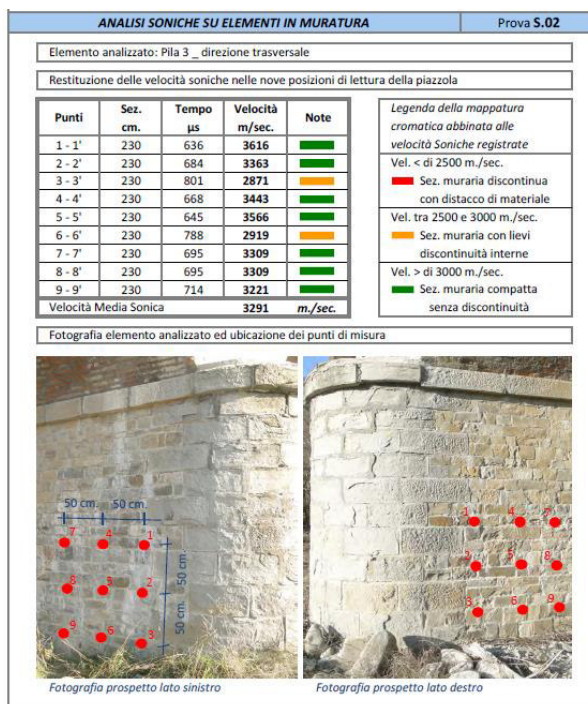
Sezione continua – $V > 3.000 \text{ m/s}$
Sezione con alcune discontinuità – $V = 2.500 \div 3.000 \text{ m/s}$
Sezione discontinua – $V < 2.500 \text{ m/s}$

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle prove:

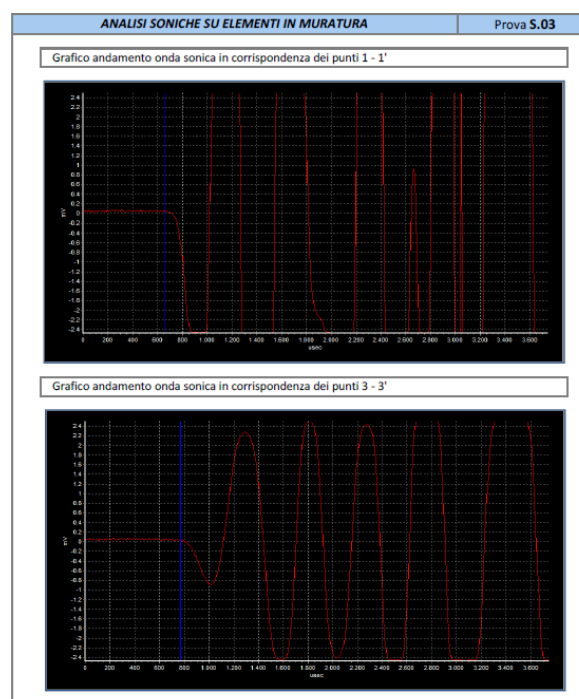
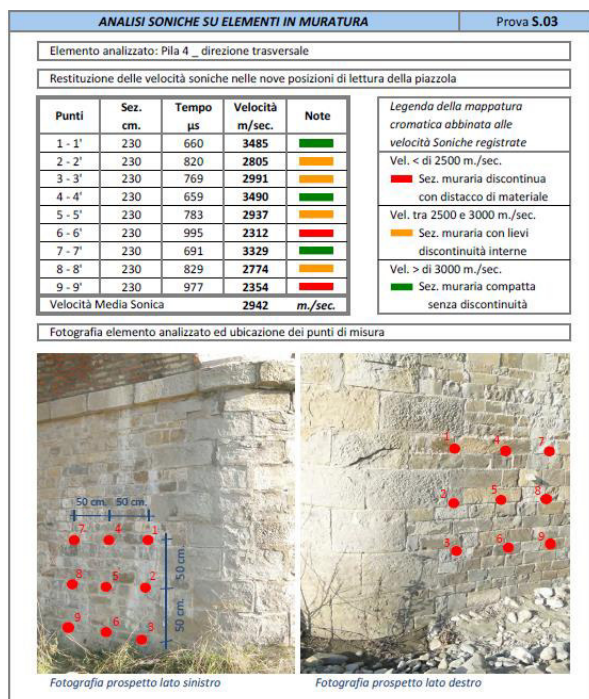
ANALISI SONICHE SU ELEMENTI IN MURATURA					Prova S.01
Elemento analizzato: Pila 1 _ direzione trasversale					
Restituzione delle velocità soniche nelle nove posizioni di lettura della piazzola					
Punti	Sez. cm.	Tempo μs	Velocità m/sec.	Note	
1 - 1'	330	1017	3245		
2 - 2'	330	1022	3229		
3 - 3'	330	1037	3182		
4 - 4'	330	1017	3245		
5 - 5'	330	1002	3293		
6 - 6'	330	1007	3277		
7 - 7'	330	1022	3229		
8 - 8'	330	1027	3213		
9 - 9'	330	954	3459		
Velocità Media Sonica			3264	m./sec.	
Fotografia elemento analizzato ed ubicazione dei punti di misura					
					
Fotografia prospetto lato sinistro			Fotografia prospetto lato destro		



Prova tomografica sonica n°1



Prova tomografica sonica n°2



Prova tomografica sonica n°3

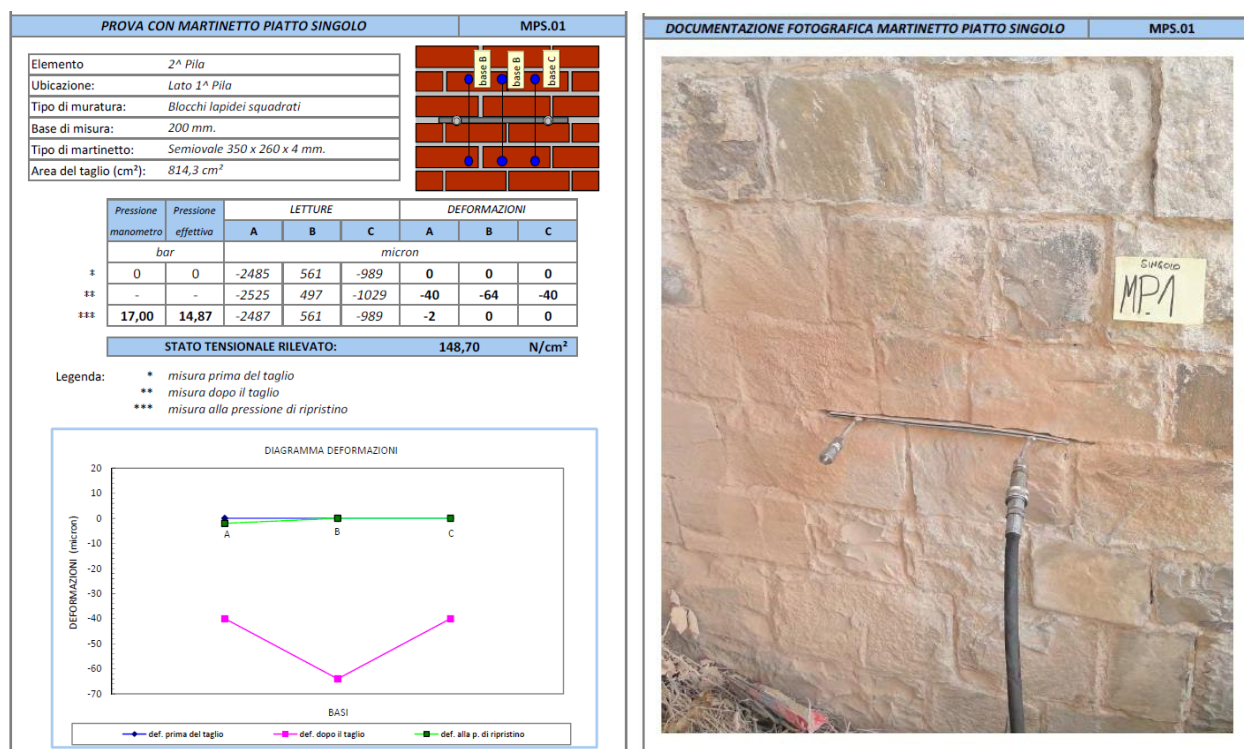
4.3 PROVE CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO

La prova con singolo martinetto piatto permette di determinare la sollecitazione a compressione in un tratto murario; la prova sulla muratura si basa sulla variazione dello stato tensionale in un punto del manufatto, provocato da un taglio orizzontale, in modo da poter inserire il martinetto.

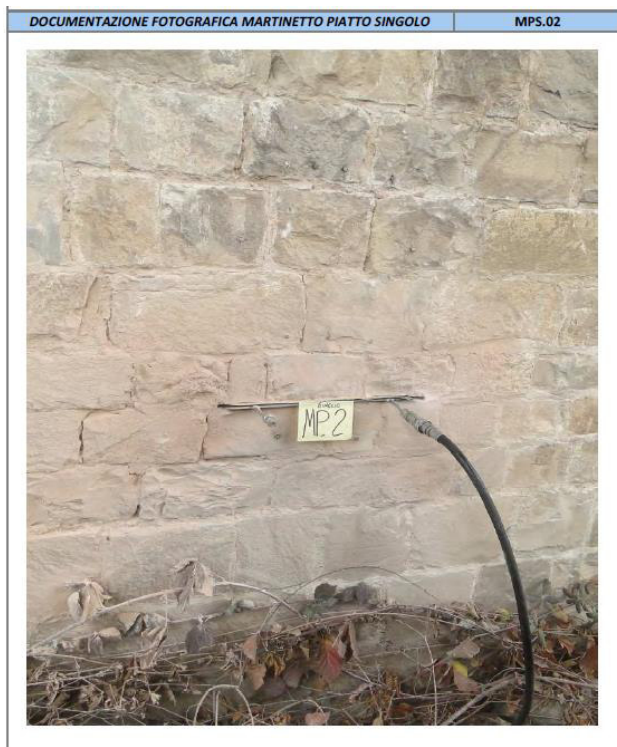
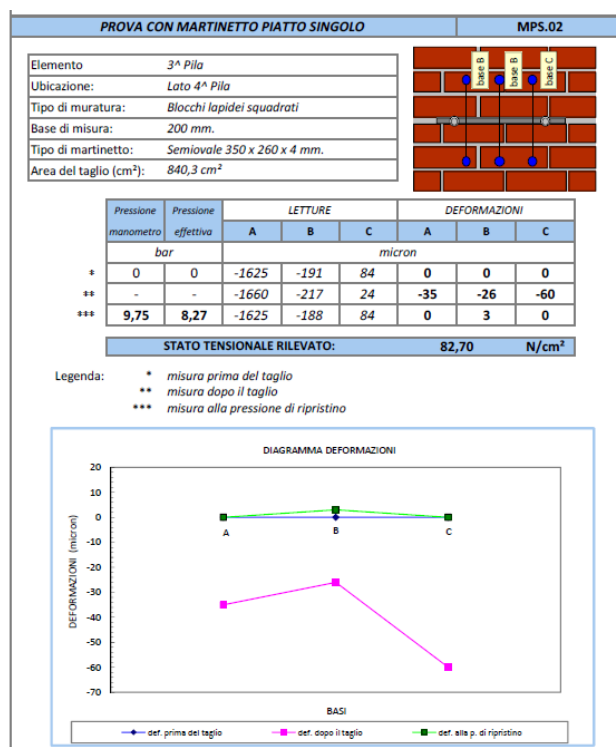
Il taglio del muro provoca il rilascio delle tensioni e la conseguente chiusura del taglio; questa misura deve essere registrata tra una coppia di punti (da 2 in su).

La prova si conclude quando l'aumento di volume del martinetto provoca l'annullamento della deformazione misurata successivamente all'esecuzione del taglio: infatti la pressione all'interno del martinetto è uguale, alla sollecitazione preesistente nella muratura.

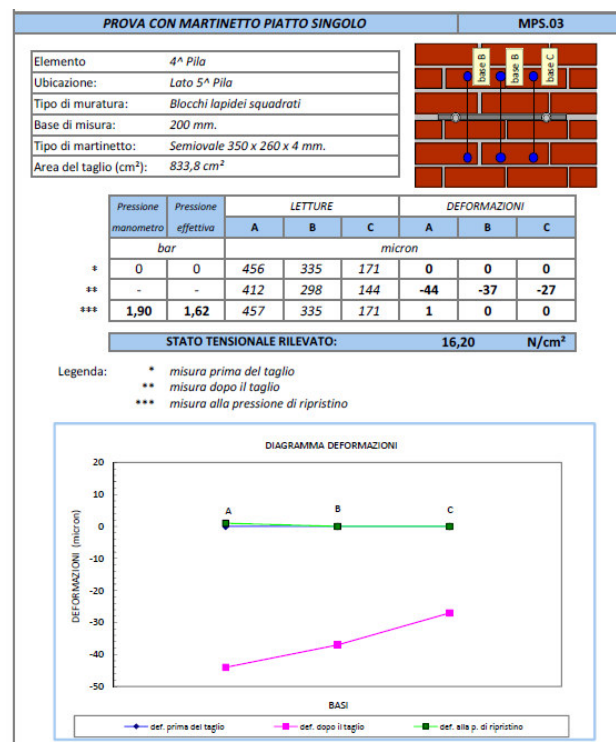
La prova con martinetto piatto singolo, viene classificata come semi-distruttiva; si è scelto di indagare le sei pile del ponte mediante l'esecuzione di n°6 prove, i cui risultati sono di seguito riportati:



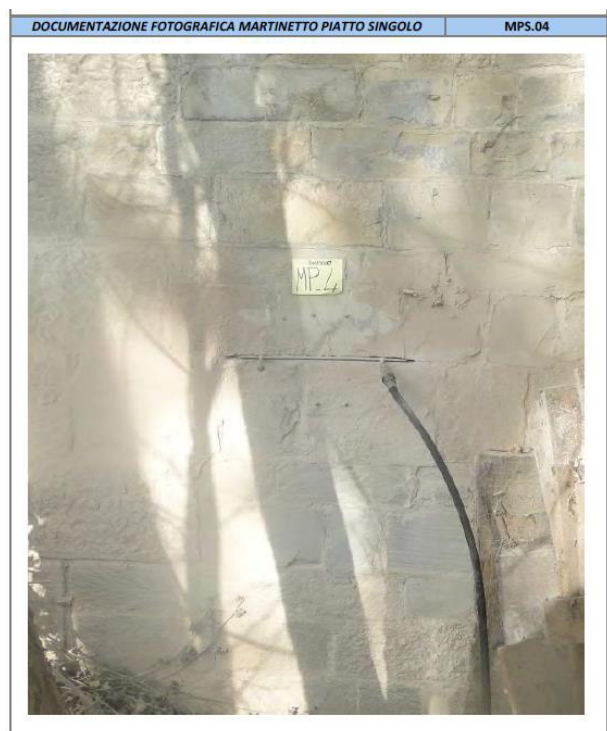
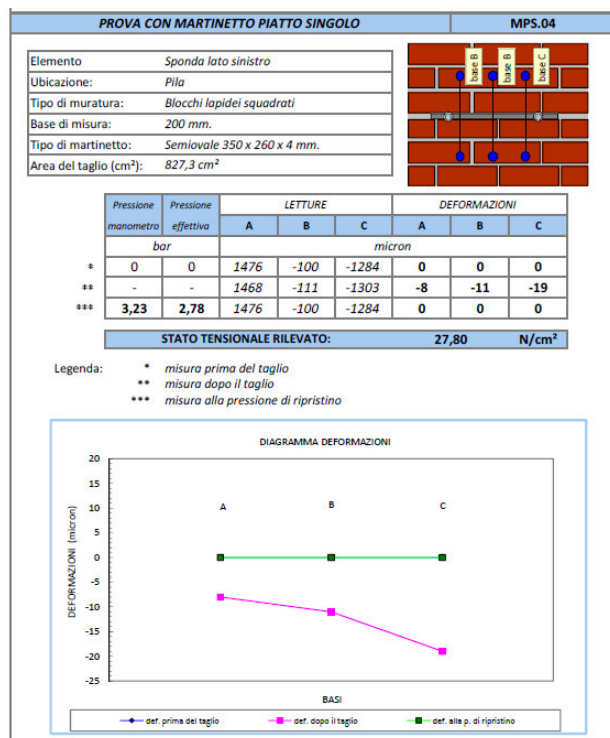
Risultati prova n°1 con singolo martinetto piatto



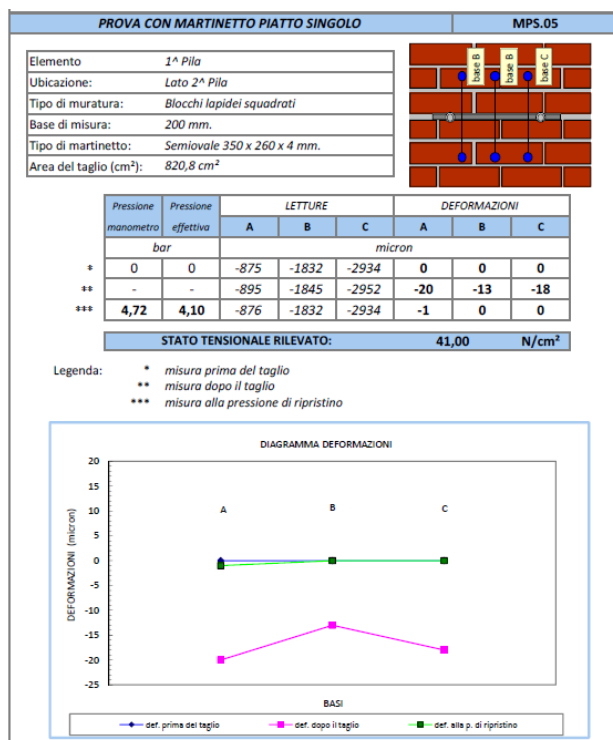
Risultati prova n°2 con singolo martinetto piatto



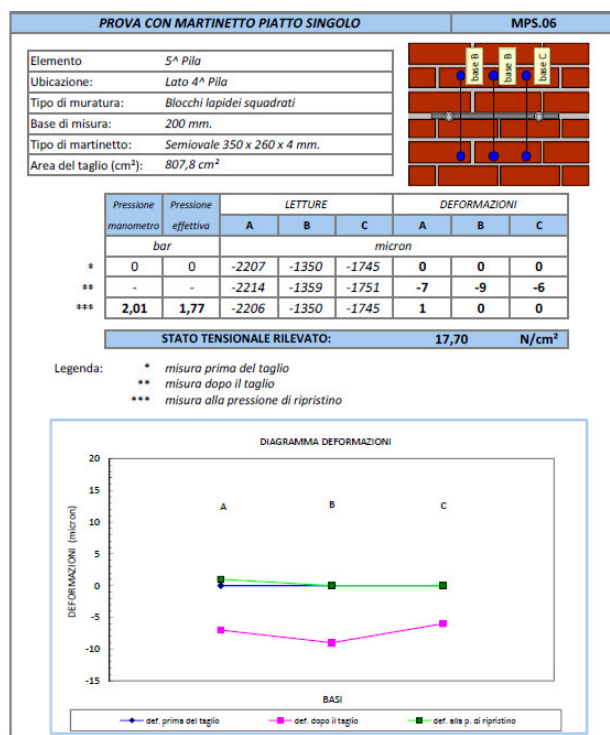
Risultati prova n°3 con singolo martinetto piatto



Risultati prova n°4 con singolo martinetto piatto



Risultati prova n°5 con singolo martinetto piatto



Risultati prova n°6 con singolo martinetto piatto

4.4 PROVE CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO

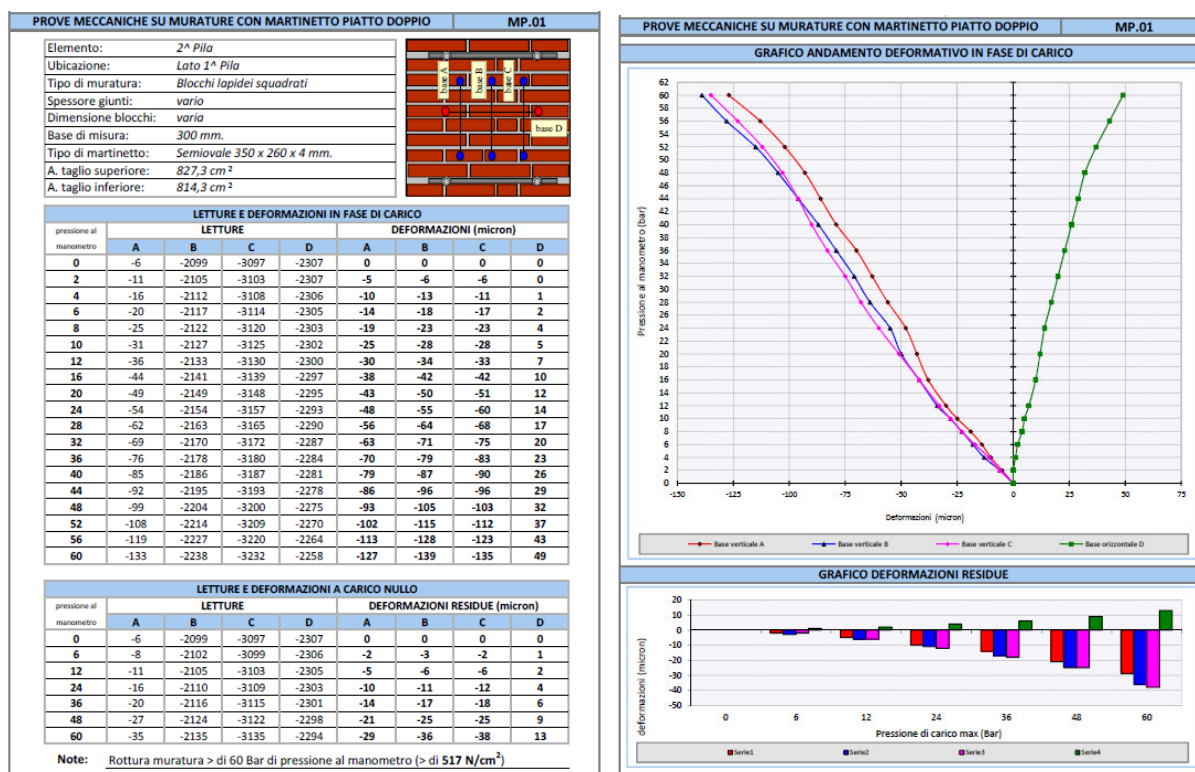
La prova con doppio martinetto piatto invece, permette di determinare le caratteristiche di deformabilità della muratura e stimare la resistenza muraria al limite elastico.

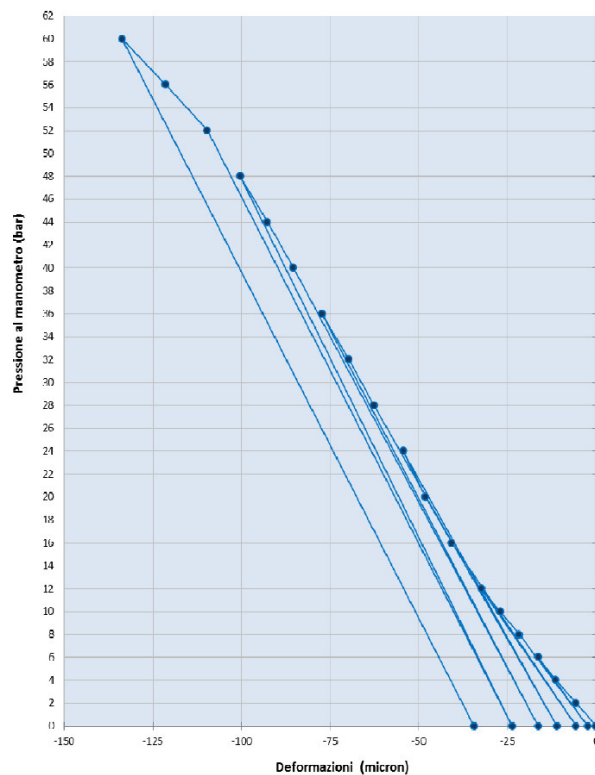
La prova si effettua eseguendo due tagli paralleli tra loro sulla muratura e inserendo dentro a questi ultimi due martinetti. Gli stessi aumentano di volume grazie all'olio pompato al loro interno fintantoché si ottiene una pressione superiore allo stato di compressione locale (limitando la tensione massima ad un valore al disotto del valore di rottura del materiale).

I risultati della prova con doppio martinetto si rappresentano in un diagramma di sforzo/deformazione dove:

- In ascissa si leggono le deformazioni registrate;
- In ordinata si leggono le tensioni applicate alla muratura compresa tra i due martinetti.

Per questa tipologia di prove, classificate come semi-distruttive, sono state prese in esame le sei pile del ponte, n°2 prove con martinetto piatto doppio, i cui risultati si riportano di seguito:





Risultati prova n°1 con doppio martinetto piatto

PROVE MECCANICHE SU MURATURE CON MARTINETTO PIATTO DOPPIO

MP.02

Elemento:	3 ^a Pila
Ubicazione:	Lato 4 ^a Pila
Tipo di muratura:	Blocchi lapidei squadri
Spessore giunti:	vario
Dimensione blocchi:	varia
Base di misura:	300 mm.
Tipo di martinetto:	Semiovale 350 x 260 x 4 mm.
A. taglio superiore:	840,3 cm ²
A. taglio inferiore:	840,3 cm ²

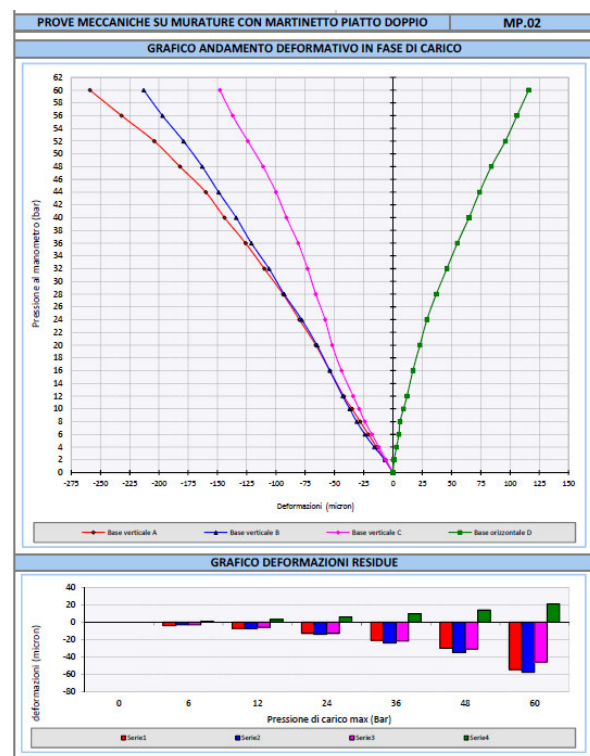
LETTURE E DEFORMAZIONI IN FASE DI CARICO

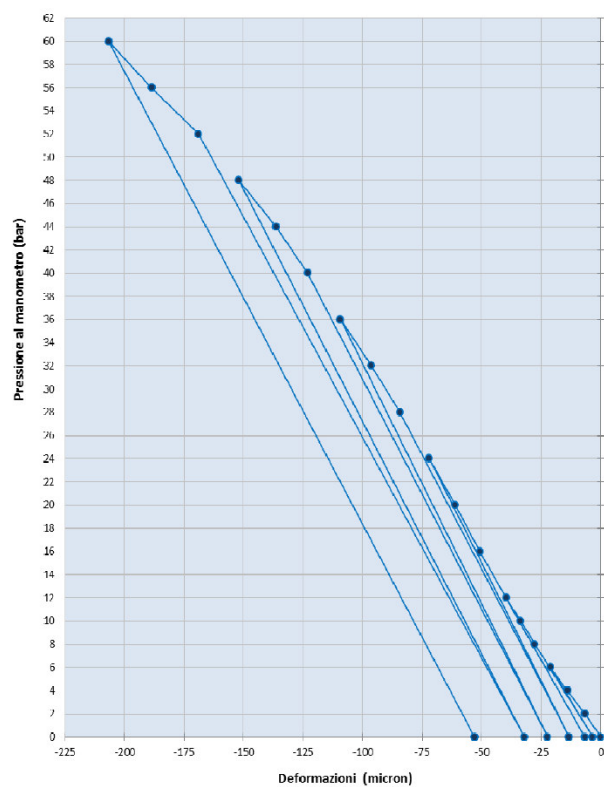
pressione al manometro	LETTURE				DEFORMAZIONI (micron)				
	A	B	C	D	A	B	C	D	
0	396	925	-596	-530	0	0	0	0	
2	389	918	-602	-529	-7	-7	-6	1	
4	382	909	-608	-527	-14	-16	-12	3	
6	375	901	-614	-525	-21	-24	-18	5	
8	368	894	-620	-524	-28	-31	-24	6	
10	361	888	-625	-521	-35	-37	-29	9	
12	354	882	-630	-518	-42	-43	-34	12	
16	342	871	-640	-513	-54	-54	-44	17	
20	330	860	-648	-507	-66	-65	-52	23	
24	316	847	-654	-501	-80	-78	-58	29	
28	302	832	-662	-493	-94	-93	-66	37	
32	286	819	-669	-484	-110	-106	-73	46	
36	270	804	-677	-475	-126	-121	-81	55	
40	252	791	-687	-465	-144	-134	-91	65	
44	236	776	-696	-456	-160	-149	-100	74	
48	214	762	-707	-446	-182	-163	-111	84	
52	192	746	-720	-434	-204	-179	-124	96	
56	164	728	-733	-424	-232	-197	-137	106	
60	137	712	-744	-414	-259	-213	-148	116	

LETTURE E DEFORMAZIONI A CARICO NULLO

pressione al manometro	LETTURE				DEFORMAZIONI RESIDUE (micron)				
	A	B	C	D	A	B	C	D	
0	396	925	-596	-530	0	0	0	0	
6	392	922	-599	-529	-4	-3	-3	1	
12	389	918	-602	-527	-7	-7	-6	3	
24	383	911	-609	-524	-13	-14	-13	6	
36	375	901	-618	-520	-21	-24	-22	10	
48	366	890	-627	-516	-30	-35	-31	14	
60	341	867	-642	-509	-55	-58	-46	21	

Note: Rottura muratura > di 60 Bar di pressione al manometro (> di 509 N/cm²)



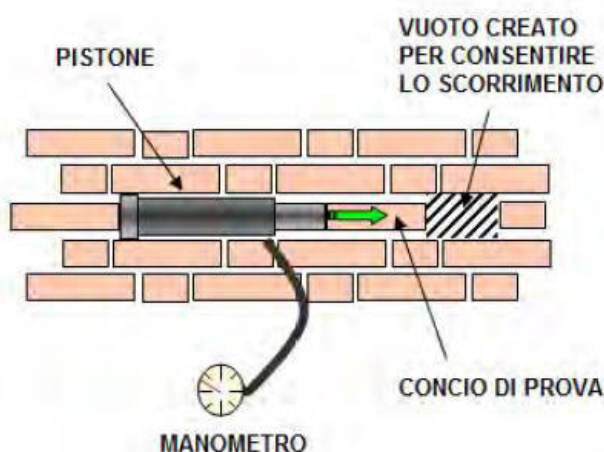


Risultati prova n°2 con doppio martinetto piatto

4.5 PROVE DI TAGLIO DIRETTO (SHOVE TEST)

Questa prova permette di determinare il valore medio di resistenza al taglio sull'interfaccia malta-mattone. Si procede togliendo il mattone precedente a quello da indagare, sullo spazio così ricavato si inserisce un martinetto cilindrico il quale trasmette una forza orizzontale in modo che il mattone indagato scorra orizzontalmente.

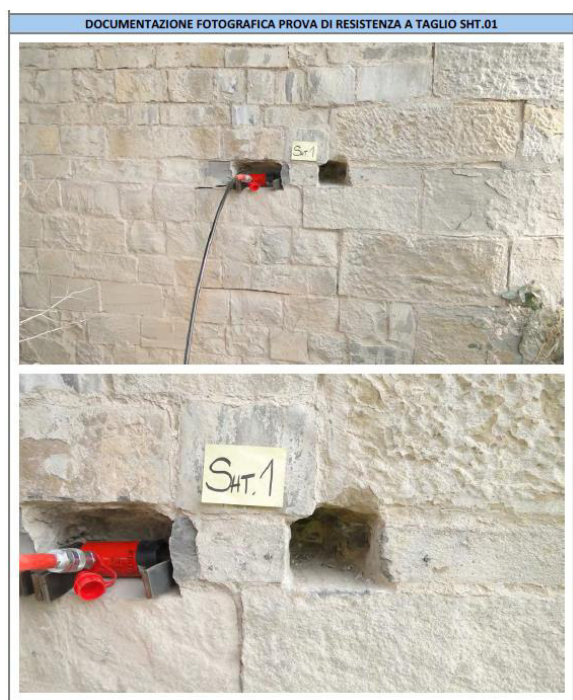
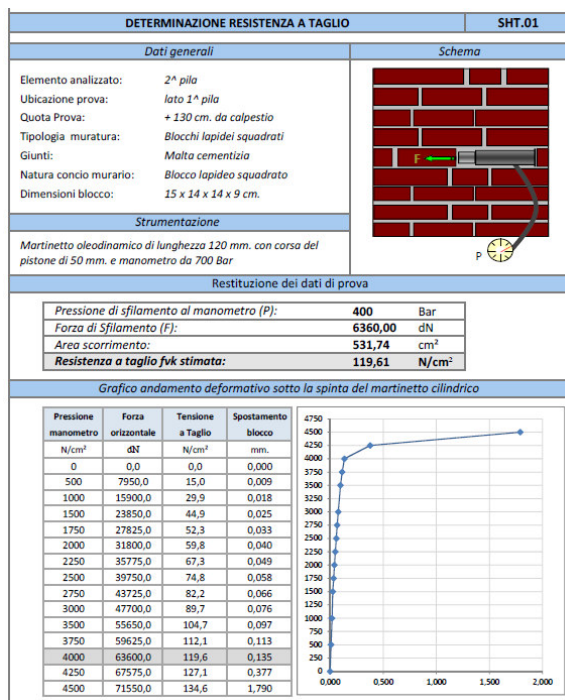
La forza necessaria affinché il mattone scorra è direttamente proporzionale allo stato di compressione presente sull'elemento al momento della prova. Il test si conclude al raggiungimento della rottura per taglio dovuto allo scorrimento del campione lungo i giunti di malta.



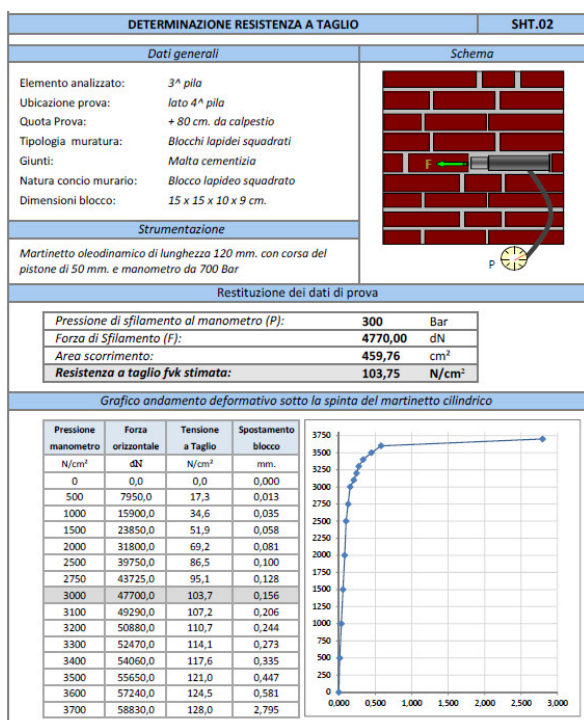
Schema di installazione del test di taglio diretto

Sono state eseguite n°5 prove di taglio diretto, i cui risultati sono di seguito riportati:

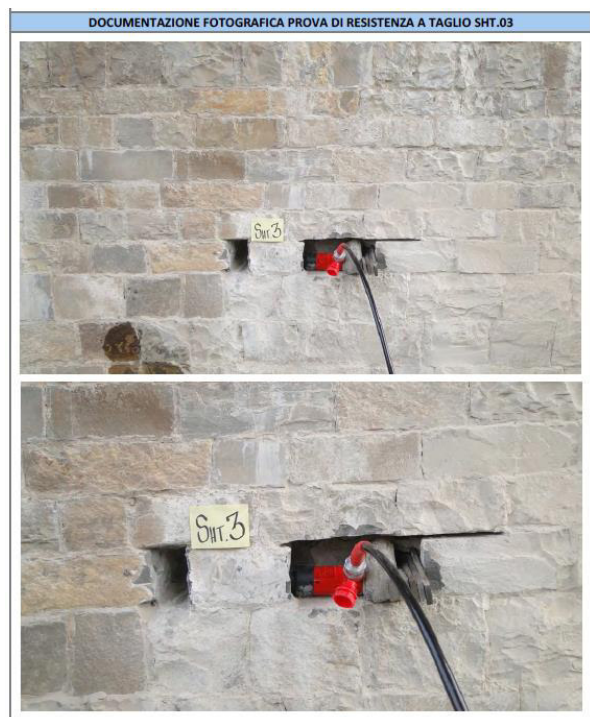
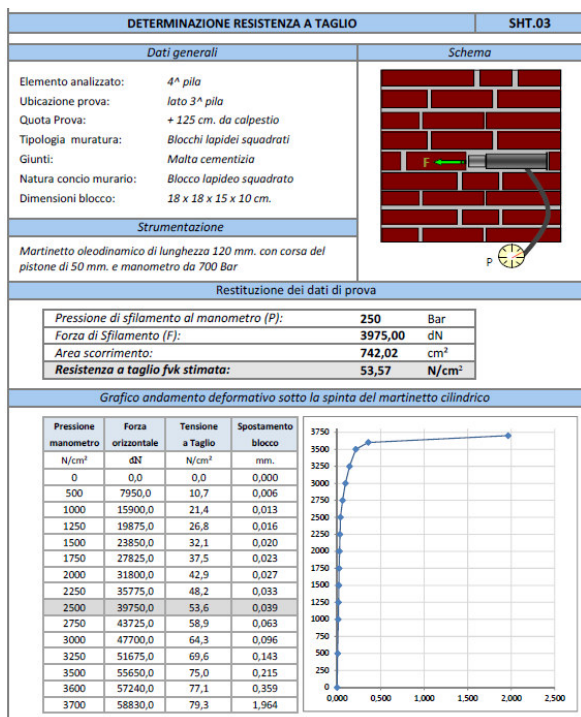
Id prova	Tipologia muraria	Pressione al manometro [Bar]	Forza di sfilamento [dN]	Resistenza a taglio lorda f_{vk} [N/cm ²]	Stato Tensionale σ [N/cm ²]
SHT.01	Blocchi lapidei squadriati	400	6.360,0	119,61	148,70
SHT.02	Blocchi lapidei squadriati	300	4.770,0	103,75	82,70
SHT.03	Blocchi lapidei squadriati	250	3.975,0	53,57	16,20
SHT.04	Blocchi lapidei squadriati	300	4.770,0	68,87	17,70
SHT.05	Blocchi lapidei squadriati	350	5.565,0	70,66	41,00



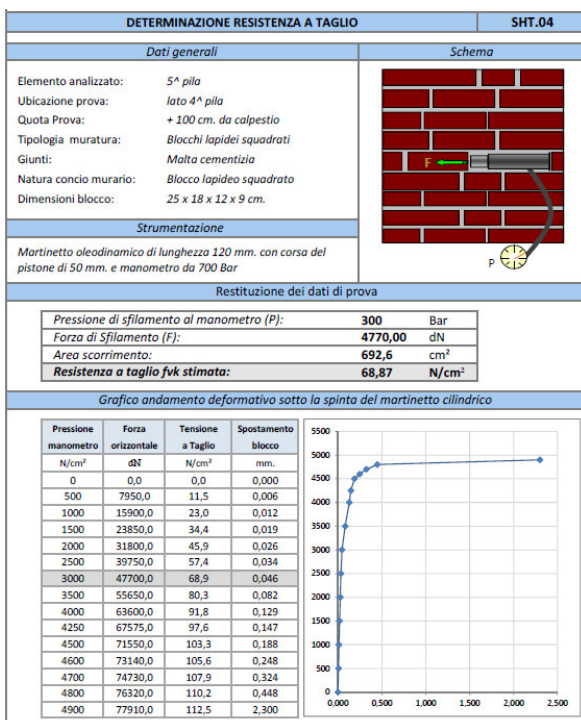
Risultati prova di taglio diretto n°1



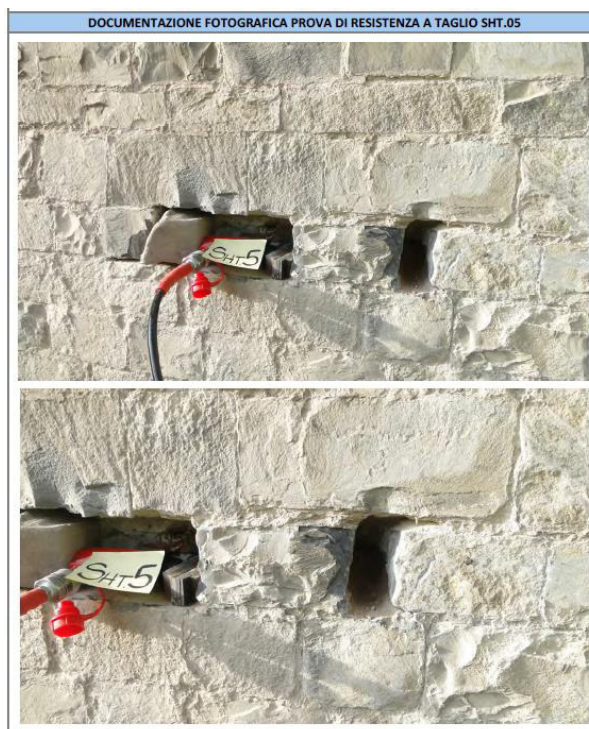
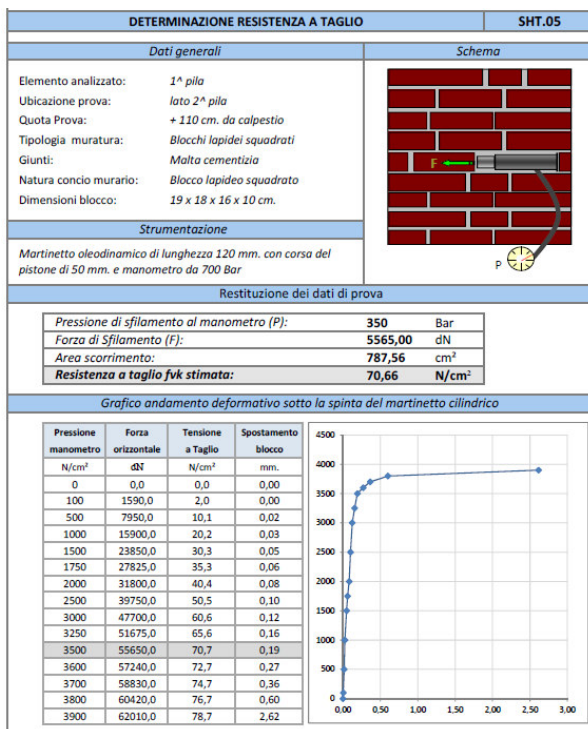
Risultati prova di taglio diretto n°2



Risultati prova di taglio diretto n°3



Risultati prova di taglio diretto n°4



Risultati prova di taglio diretto n°5

4.6 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MALTA

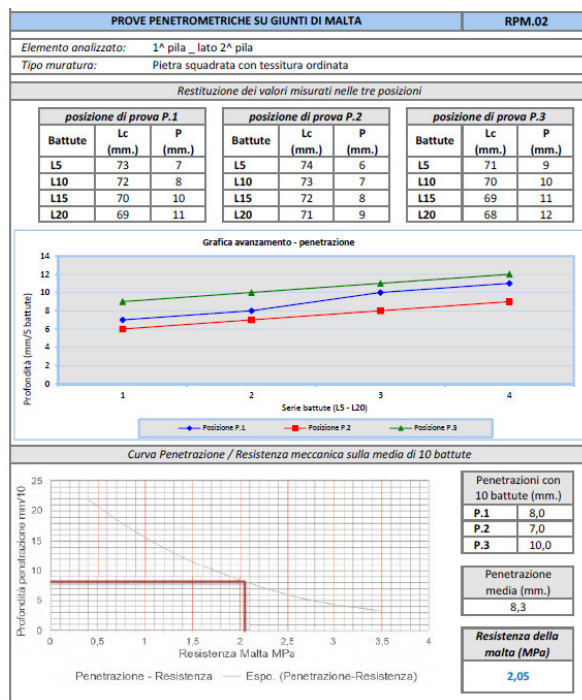
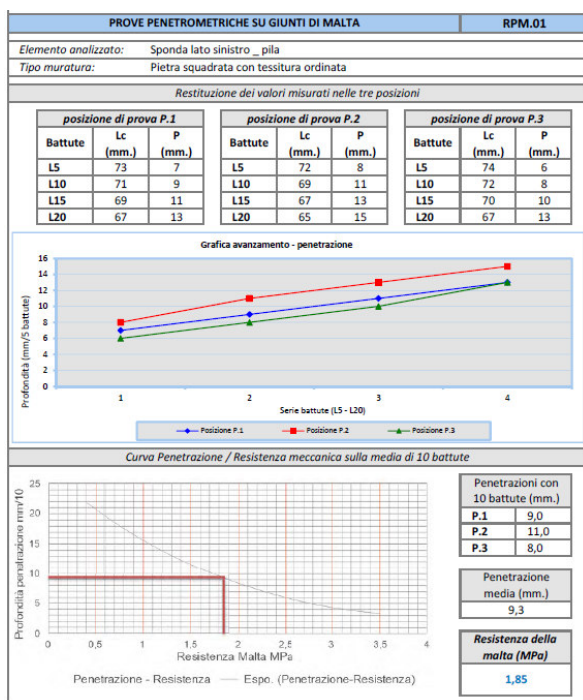
Infine, si è testata anche la malta mediante una prova di tipo non distruttivo attraverso n°10 prove penetrometriche. Questa prova consiste nel misurare la profondità di penetrazione di un ago infisso da una massa battente nota. La prova in oggetto permette di fornire indicazioni sulla qualità ed omogeneità della malta in diversi punti della struttura, grazie alla resistenza che la malta offre all'avanzamento dell'ago.

Questo tipo di prova è classificabile come non distruttiva.

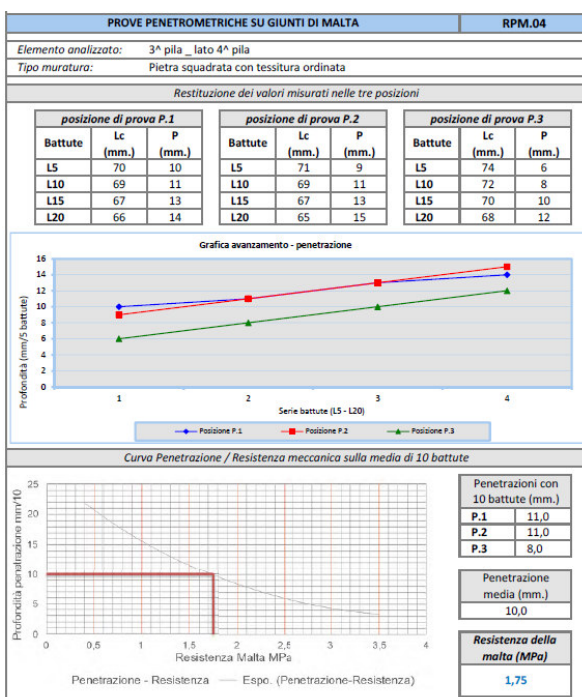
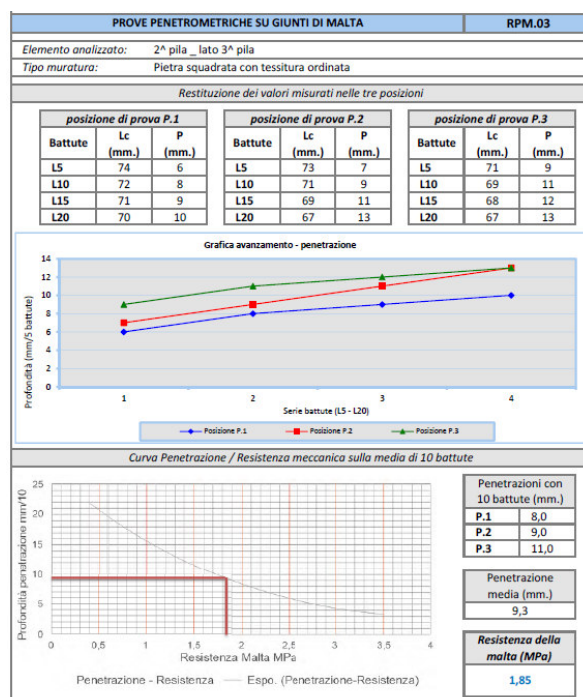
Si è proceduto infiggendo l'ago mediante 5, 10, 15, 20 percussioni, annotando progressivamente l'infissione dello stesso.



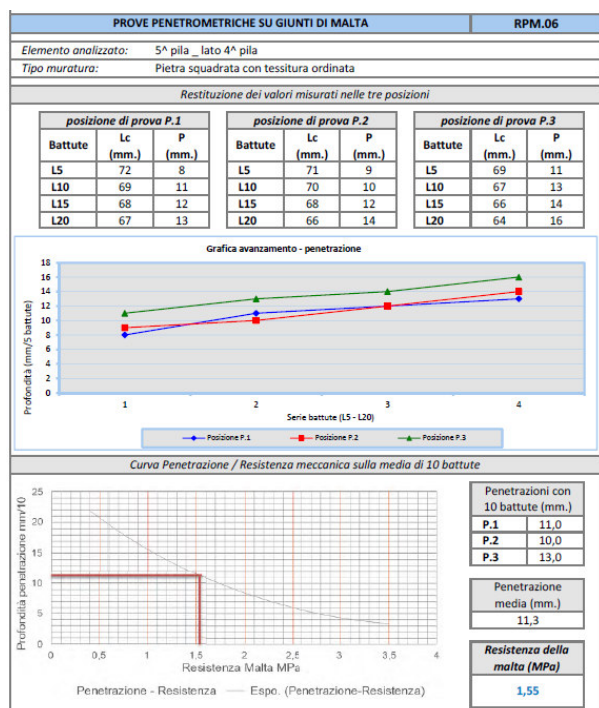
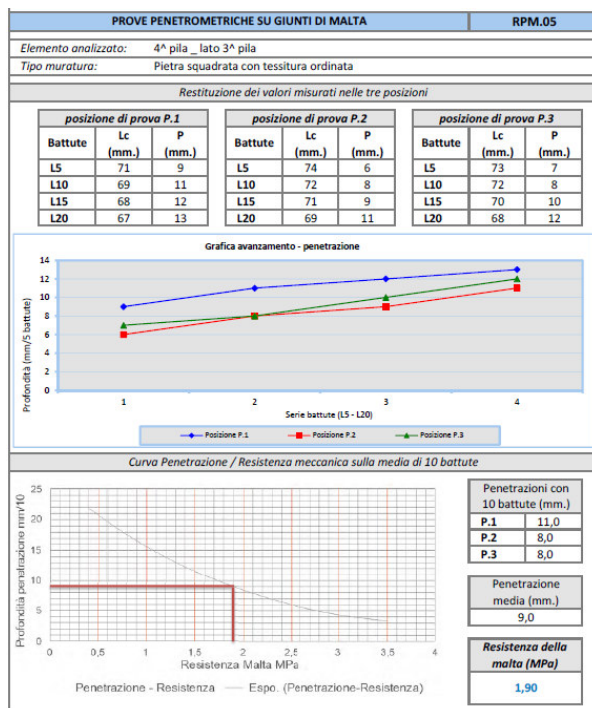
Di seguito si riportano i valori ottenuti dalle prove penetrometriche:



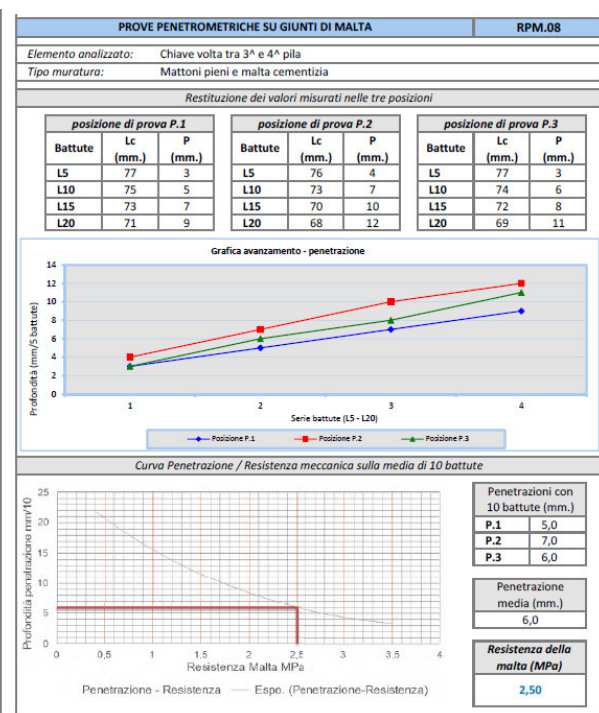
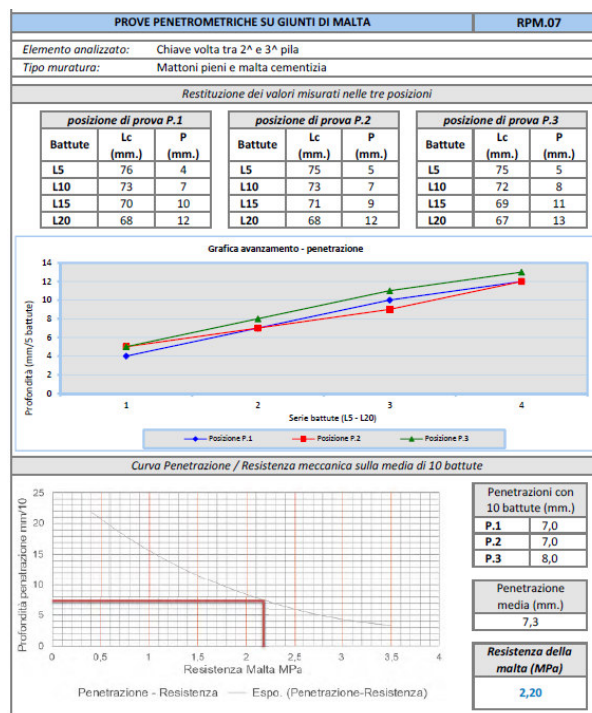
Risultati prova penetrometrica n°1 e n°2



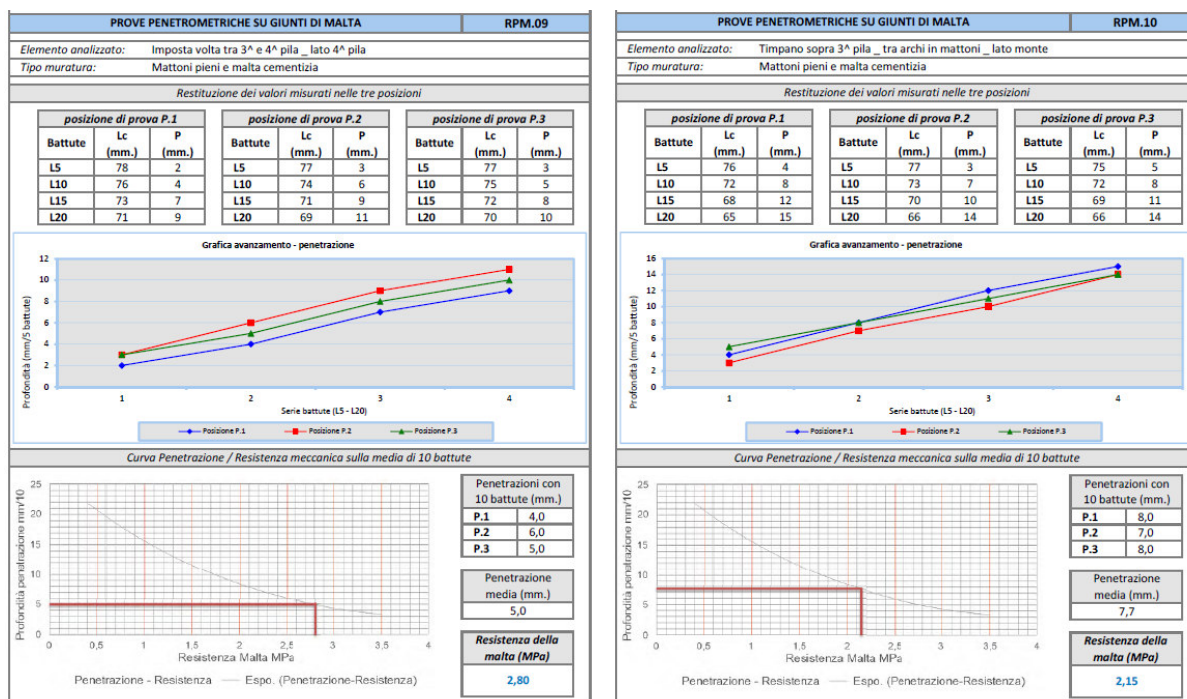
Risultati prova penetrometrica n°3 e n°4



Risultati prova penetrometrica n°5 e n°6



Risultati prova penetrometrica n°7 e n°8

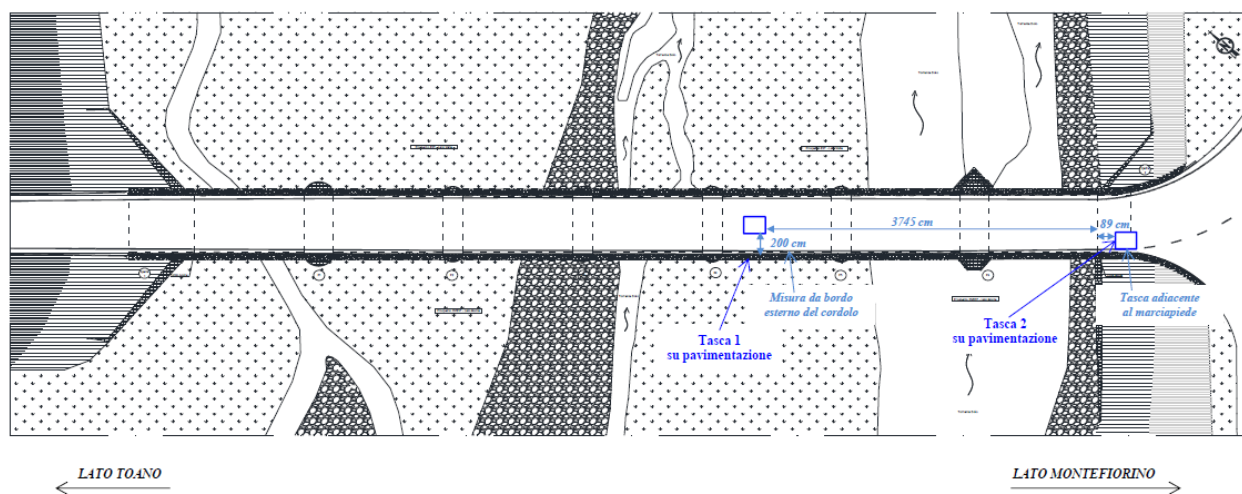


Risultati prova penetrometrica n°9 e n°10

5. ULTERIORI PROVE

Le nutrite prove eseguite negli anni passati hanno permesso di caratterizzare univocamente l'assetto murario del ponte identificando le caratteristiche meccaniche e fisiche dei blocchi lapidei; tuttavia, non sono presenti prove che riguardino i calcestruzzi utilizzati. Sono dunque state eseguite ulteriori prove di caratterizzazione incentrate a conoscere le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo utilizzato per realizzare la soletta del ponte.

In particolare si è provveduto ad eseguire 2 tasche; la prima in mezzzeria tra la quarta e quinta pila, la seconda in direzione della spalla destra rispetto al prospetto Ovest.



Ubicazione delle tasche

Prima di eseguire l'estrazione delle carote, si è proceduto a valutare mediante indagini magnetometriche la presenza di ferri ed a stimare il loro diametro.

Per entrambe le carote la presenza di ferri è stata confermata; questo indica che la soletta del ponte risulta armata da ferri trasversali Ø16 di passo 25cm e copriferro di 6cm circa e ferri longitudinali Ø12 con passo 25/30cm e copriferro di circa 7.5cm. Per la tasca di bordo è stato riscontrato un ulteriore ferro trasversale Ø10. L'impermeabilizzazione non è stata rilevata in nessuno dei due punti indagati, il che fa supporre, considerando anche le macchie di dilavamento al di sotto degli archi, che l'impermeabilizzazione non è stata messa in opera per tutta la lunghezza del ponte.

Individuati i ferri della soletta si è proceduto ad estrarre n°2 carote cilindriche, le quali sono state intinte da fenolftaleina per riscontrare l'evidenza o meno di fenomeni di carbonatazione.

Entrambe le carote si sono tinte di viola, evidenziando quindi la non presenza di carbonatazione.

Come ulteriore test, le 2 carote sono state rifilate lungo il profilo delle teste e sottoposte a prove di schiacciamento in laboratorio, per determinare il valore della resistenza a compressione.

La prima carota, estratta lungo la mezzeria dell'arco tra la quarta e la quinta pila, ha evidenziato un valore di resistenza alla compressione pari a:

$$f_c = 44.1 N/mm^2$$

Questo dato fa propendere per un calcestruzzo di classe C40/50.

La seconda carota estratta invece, ha fornito un valore di resistenza alla compressione pari a:

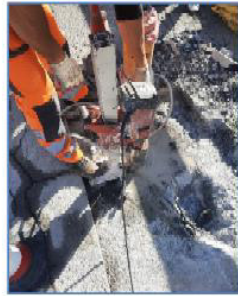
$$f_c = 65.3 N/mm^2$$

Questo dato fa propendere per un calcestruzzo di classe C60/75.

Complessivamente, entrambe le carote risultano di resistenza idonea, considerando gli alti valori di resistenza raggiunti; dalle carote estratte inoltre, è possibile dedurre come gli inerti posseggano diversa pezzatura, che ha reso possibile una miscela di calcestruzzo con pasta omogenea.

Di seguito si riportano i report delle indagini:

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
TASCA 1 SU PAVIMENTAZIONE
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E INDAGINI MAGNETOMETRICHE

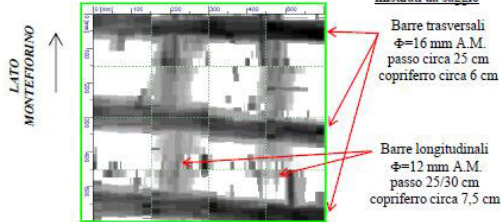


Spessore conglomerato bituminoso ≈ 8 cm
(non è presente la guaina sottostante)



Spessore soletta circa ≈ 40 cm

NOTA: diametri barre
misurati da saggio



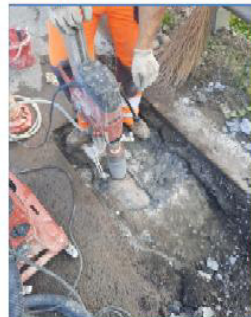
MISURA DELLA PROFONDITÀ DI CARBONATAZIONE SU C1

Carota C1: provenienza	Tipologia di carbonatazione: -	Allineamento del carotaggio: -		
Estradosso Soletta in c.a.	-	Estremo di entrata	$d_{0.5}$	0 mm
			$d_{1.0}$	mm

PROVA DI RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE - C1

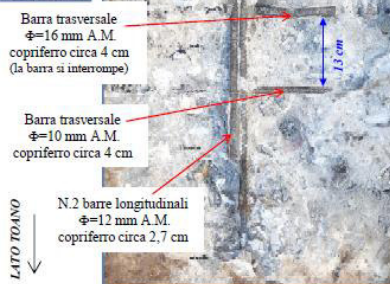
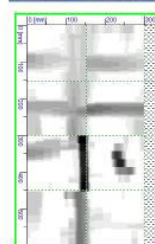
Contrassegno	Massa volumica [kg/m ³]	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Altezza/ Diametro	f_c [N/mm ²]	Velocità ultrasonica [m/s]
C1	2358	94,1	178,6	1,9	44,1	3106

INDAGINI SPERIMENTALI SU MATERIALI E STRUTTURE
TASCA 2 SU PAVIMENTAZIONE
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E INDAGINI MAGNETOMETRICHE



Spessore conglomerato bituminoso ≈ 12 cm
(non è presente la guaina sottostante)

Spessore soletta circa ≈ 40 cm



MISURA DELLA PROFONDITÀ DI CARBONATAZIONE SU C2

Carota C2: provenienza	Tipologia di carbonatazione: -	Allineamento del carotaggio: -		
Estradosso Soletta in c.a.	-	Estremo di entrata	$d_{0.5}$	0 mm
			$d_{1.0}$	mm

PROVA DI RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE - C2

Contrassegno	Massa volumica [kg/m ³]	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Altezza/ Diametro	f_c [N/mm ²]	Velocità ultrasonica [m/s]
C2	2413	94,1	95,0	1,0	65,3	3800

RISULTATI DELLE PROVE:

Norme: UNI EN 12390-3; UNI EN 12390-7; UNI EN 12504-1; UNI EN 12504-4

Macchina di prova: Pressa Controls LAB A131 - Matricola 08010589

DATI DICHIARATI ALL'ACCETTAZIONE				DATA PROVA	MASSA VOLUMICA			RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE				ULTRASUONI DIRETTI
N.	Contrassegno	Data prelievo	Provenienza		D kg/m ³	Ø mm	h mm	F kN	f _c N/mm ²	R	P	Velocità m/s
1	C1 SP486R	06/11/2023	SOLETTA IN C.A. ESTRADOSSO	15/12/2023	2358	94,1	178,6	306,8	44,1	S	TR	3106
2	C2 SP486R	06/11/2023	SOLETTA IN C.A. ESTRADOSSO	15/12/2023	2413	94,1	95,0	454,4	65,3	S	TR	3800

6. INTERVENTI PREVISTI

In seguito ai sopralluoghi ed alle indagini effettuate sulla struttura, sono stati previsti una serie di interventi che garantiranno un incremento di resistenza globale e durabilità nel tempo. Questi interventi riguarderanno la parte in muratura ed in pietra, la parte in calcestruzzo, la risistemazione dell'alveo con protezione delle fondazioni di pila e spalla in destra idraulica (lato Modena), il piano viario al di sopra del ponte.

INTERVENTO N. 1

INTERVENTI IN ALVEO A PROTEZIONE DI PILE E SPALLE

- Messa all'asciutto delle aree oggetto di intervento con ture protettive e deviazione dell'alveo.
- Bonifica bellica.
- Posa di scogliere di protezione sigillate con conglomerato cementizio.
- Rimozione delle ture protettive e ripristino dell'alveo.

INTERVENTO N. 2

RIPRISTINO DELL'ARCATA IN C.A. CON PASSIVAZIONE DEI FERRI E RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO

- Pulizia delle superfici con l'utilizzo di idropulitrice per rimuovere tutti i depositi superficiali aderenti allo strato esterno del calcestruzzo, eventuali efflorescenze, parti friabili, incrostazioni o macchie solubili in modo da ottenere una superficie pulita, regolare ed uniforme.
- Idrodemolizione localizzata delle parti incoerenti o in fase di distacco per la profondità necessaria a reperire lo strato di materiale sano e coerente.
- Pulitura di tutti i ferri scoperti, per renderli visibili e liberarli da porzioni di calcestruzzo a contatto, e sabbiatura meccanica atta ad erodere le porzioni ossidate dalle barre di armatura, al fine di rimuovere tutta la ruggine, grasso e/o sporco in generale.
- Sistemazione e passivazione dei ferri di armatura esistenti mediante applicazione di malta cementizia monocomponente penetrabile a base di leganti idraulici, polveri silicee, inibitori di corrosione e dispersione di polimeri acrilici oppure bicomponente a base di polimeri in dispersione

acquosa, leganti cementizi ed inibitori di corrosione. Le lavorazioni di protezione dei ferri dovranno essere eseguite su tutte le armature visibili a seguito delle lavorazioni di demolizione e pulizia.

- Ripristino del calcestruzzo mediante l'impiego di idonea malta cementizia tixotropica fibrorinforzata da applicare a mano o a spruzzo, in modo da garantire un adeguato spessore di copriferro;
- Protezione finale della superficie mediante applicazione di uno strato protettivo del calcestruzzo atto a prevenire la penetrazione di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera. Il materiale utilizzato potrà essere una malta cementizia premiscelata bicomponente, con fibre sintetiche e resine polimeriche. La scelta dovrà essere effettuata in funzione della classe di esposizione dell'elemento oggetto di intervento.

INTERVENTO N. 3

RIPRISTINO DELLE ARCADE IN MURATURA E DELLE PILE, INTERVENTO DI CUCI/SCUCI

- Pulizia di tutte le superfici mediante l'utilizzo di idropulitrice a bassa pressione per rimuovere tutte le parti incoerenti presenti sul manufatto. Rimozione meccanica nei punti in cui siano presenti depositi organici, al fine di ottenere una superficie muraria omogenea e uniforme.
- Cuci/scuci di tutte le pietre e i mattoni danneggiati o ammalorati, principalmente al di sotto dell'arco e lungo il prospetto di Monte (lato Est) in cui alcune pietre risultano ammalorate.
- Consolidamento con iniezione a bassa pressione di malta iperfluida certificata a base di calce idraulica naturale nelle parti dove la pietra non è ben ammorsata con il resto del paramento murario.
- Applicazione su pietra e mattoni di impregnante idrorepellente incolore a base di silani e silossani a solvente.

INTERVENTO N. 4

RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE STRADALE E IMPERMEABILIZZAZIONE IMPALCATO

Rifacimento del pacchetto stradale con regolarizzazione dei giunti di sottopavimentazione e inserimento di uno strato impermeabilizzante.

Sull'impalcato si prevede la seguente stratigrafia:

- Applicazione di impermeabilizzazione costituita da cappa asphaltica;
- Strato di binder di spessore minimo 7 cm;
- Tappeto d'usura di spessore minimo 5 cm.

INTERVENTO N. 5

RIFACIMENTO DEI GIUNTI TERMINALI

- Idrodemolizione di 10 cm di spessore delle due spallette del giunto;
- Mantenimento dei ferri esistenti e integrazione 20% nuovi ferri con inserimento di resina;
- Getto delle due spallette del giunto.

7. CONSIDERAZIONI DI NATURA GEOLOGICA/GEOTECNICA

Si riportano di seguito alcune considerazioni di natura geologico-geotecnica; per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica e Geotecnica facente parte degli elaborati di progetto.

L'analisi di inquadramento generale, eseguita con l'ausilio di cartografie regionali e provinciali, ha permesso di identificare le caratteristiche geologiche generali dell'area di interesse congiuntamente alla verifica di particolari criticità relative al quadro del dissesto.

In relazione allo stato di fatto rilevato, sul profilo geologico/geomorfologico non è possibile evidenziare particolari criticità o condizioni particolari: si segnala che la sede dell'alveo attuale risulta decentrato rispetto all'asse del ponte, spostato principalmente in direzione della sponda in destra idraulica quasi a ridosso della base dell'arco. In sede di progettazione occorrerà prevedere modesti movimenti terra per regolarizzare il corso dell'alveo.

L'elaborato è corredato da modello geologico e geotecnico derivante dall'analisi dei dati raccolti attraverso l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo in corrispondenza dell'appoggio posto in sinistra idraulica. Tale modellazione potrà essere di indirizzo alla progettazione di eventuali future opere di fondazione e rinforzo geotecnico, escluse comunque dal presente intervento in quanto le fondazioni non manifestano segni di criticità.

Le unità litostratigrafiche individuate mostrano caratteristiche meccaniche adeguate, con valori di resistenza e deformabilità coerenti con la tipologia strutturale dell'opera esistente. L'assenza di una falda permanente e la presenza di un regime idrico esclusivamente stagionale riducono ulteriormente le potenziali criticità di natura geotecnica.

In conclusione, vista l'assenza di controindicazioni e criticità di natura geologica è possibile esprimere un giudizio positivo in riferimento agli interventi previsti per progetto di messa in sicurezza.

8. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

8.1 OPERE IN C.A. E ACCIAIO

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086;

Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

D. M. 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni;

Circolare 2 febbraio 2019, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

D.M. n.204 1 luglio 2022 – Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti;

Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

8.2 PRINCIPALI NORME UNI

UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;

UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;

UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Azione del vento”;

UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;

UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;

UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;

UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

UNI EN 1993-1-8 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti”;

UNI EN 1993-1-9 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica”;

UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) –Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti in acciaio”;

UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;

UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;

UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti";

UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

UNI EN 197-1 giugno 2001 – "Cemento: composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni;

UNI EN 11104 marzo 2004 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

UNI EN 206-1 ottobre 2006 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

9. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Il presente intervento consta dei seguenti elaborati

STUDIO PROF. ING. POLUZZI		 SP INGEGNERIA s.r.l.		 M.B.E. s.r.l.		GEOL. PIERLUIGI DALLARI	
				PROVINCIA DI REGGIO EMILIA			
INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE SUL "TORRENTE DOLO", LUNGO LA SP486R AL KM 47+300 IN COMUNE DI TOANO (RE)							
PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO							
ELENCO ELABORATI							
TIPOLOGIA DOCUMENTO	N° PROGRESSIVO	REVISIONE	DATA REVISIONE	TITOLO ELABORATO		SCALA	
	P11-00	0A	Apr.2026	Elenco Elaborati			
A				RELAZIONI			
	P11-A.01	0A	Apr.2026	Relazione Generale			
	P11-A.02	0A	Apr.2026	Relazione di Calcolo			
	P11-A.03	0A	Apr.2026	Piano di Manutenzione dell'Opera			
	P11-A.04	0A	Apr.2026	Cronoprogramma dei Lavori			
	P11-A.05	0A	Apr.2026	Relazione Geologica e Geotecnica			
	P11-A.06	0A	Apr.2026	Indagini Conoscitive e di Diagnostica			
	P11-A.07	0A	Apr.2026	Relazione CAM			
B				ELABORATI ECONOMICI			
	P11-B.01	0A	Apr.2026	Elenco Prezzi Unitari e Analisi Prezzi			
	P11-B.02	0A	Apr.2026	Computo Metrico Estimativo			
	P11-B.03	0A	Apr.2026	Quadro Economico			
	P11-B.04	0A	Apr.2026	Capitolato Speciale d'Appalto			
	P11-B.05	0A	Apr.2026	Quadro Incidenza Manodopera			
C				ELABORATI GRAFICI			
	P11-C.01	0A	Apr.2026	Inquadramento Territoriale e Verifica Vincoli		varie	
	P11-C.02	0A	Apr.2026	Corografia		1:10.000	
	P11-C.03	0A	Apr.2026	Stato di Fatto. Piano quotato, Planimetrie e Prospetti		1:200	
	P11-C.04	0A	Apr.2026	Stato di Fatto. Sezioni		1:100	
	P11-C.05	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Inquadramento generale interventi		1:200	
	P11-C.06	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Intervento in alveo		1:500 - 1:250 - 1:100	
	P11-C.07	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Intervento su arcata in c.a.		1:20 - 1:10	
	P11-C.08	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Intervento su arcate in muratura		1:200	
	P11-C.09	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Intervento su impalcato		1:50 - 1:20 - 1:10	
	P11-C.10	0A	Apr.2026	Stato di Progetto. Caratteristiche Materiali		varie	
D				PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO			
	P11-D.01	0A	Apr.2026	Relazione Tecnica			
	P11-D.02	0A	Apr.2026	Allegati			
	P11-D.03	0A	Apr.2026	Fascicolo dell'Opera			
	P11-D.04	0A	Apr.2026	Computo Metrico Estimativo - Costi della Sicurezza			
	P11-D.05	0A	Apr.2026	Elenco Prezzi Unitari - Costi della Sicurezza			
	P11-D.06	0A	Apr.2026	Cantierizzazione - Area di cantiere		varie	
	P11-D.07	0A	Apr.2026	Cantierizzazione - Interventi in alveo		varie	
	P11-D.08	0A	Apr.2026	Cantierizzazione - Interventi sulle arcate		varie	
	P11-D.09	0A	Apr.2026	Cantierizzazione - Interventi su impalcato		varie	