



# Provincia di Prato

Area Tecnica

Servizio assetto e gestione del territorio

## Strada Regionale SR325


*Intervento di consolidamento strutturale del ponte alla  
p.Km 48+300 nel Comune di Vernio (PO)*

### PROGETTO ESECUTIVO

TIPO  
ELABORATO

ELABORATI STRUTTURALI

RELAZIONE SULLE INDAGINI  
CONOSCITIVE DELLE STRUTTURE

RESPONSABILE PROGETTAZIONE:  Tel./Fax 0571/489221 Mob. 338/3274556 E-mail studio@ingep.it Pec: emanuele.pacini@ingpec.eu	RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:  ING. ELISA GORGAI	<hr/> (IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO)
---	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO		DATA DI STAMPA:	RIFERIMENTO INTERNO	
N° Ordine	Codice Elaborato	dicembre 21	Progetto n.	PR-175-21
26	PESTRRT0300	SCALA:	REVISIONE	
		INDICATA	n.	data
			n.	data

REDATTO:	<i>Ing. Emanuele Pacini</i>	VERIFICATO:	<i>Ing. Emanuele Pacini</i>
APPROVATO:	<i>Ing. Emanuele Pacini</i>	NOME FILE:	26-PE.ST.RT.03.00_relazione indagini

### SERVIZIO ASSETTO E GESTIONE DEL TERRITORIO

TAVOLA N.	VISTO DEL COMMITTENTE	IL PROFESSIONISTA



# Provincia di Prato

Area Tecnica

Servizio assetto e gestione del territorio

## Strada Regionale SR325

*Intervento di consolidamento strutturale del ponte alla  
p.Km 48+300 nel Comune di Vernio (PO)*

## PROGETTO ESECUTIVO

### Relazione sulle indagini conoscitive delle strutture

IL PROGETTISTA



D – Elaborati Strutturali



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PRESCRIZIONI NORMATIVE SUI LIVELLI DI CONOSCENZA .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>LIVELLO DI CONOSCENZA DEL MANUFATTO .....</b>	<b>5</b>
	<b>4.1 Analisi storico-critica e del progetto originario .....</b>	<b>5</b>
	4.1.1 Rilievo geometrico-strutturale.....	6
	4.1.2 Caratterizzazione dei dettagli costruttivi e dei materiali.....	6
	4.1.3 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza .....	8
	4.1.4 Livello di valutazione della sicurezza.....	9

◆ ◆ ◆ ◆ ◆



## **1 PREMESSA**

Il presente elaborato è redatto allo scopo di illustrare la campagna di indagini svolta necessaria alla conoscenza del ponte, di supporto conoscitivo per la determinazione dei parametri meccanici dei materiali che compongono le strutture portanti del manufatto.

Tutte le valutazioni sul Livello di Conoscenza del ponte vengono eseguite in attuazione del Capitolo §8 sulle strutture esistenti delle *NTC 2018* nonché con le nuove *“Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”* nell’ottica di definirne il Livello di Conoscenza da cui ricavare il coefficiente di sicurezza da applicare ai materiali nelle verifiche di resistenza.

## **2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Per la definizione delle indagini si è fatto riferimento alle seguenti normative:

✓ LEGGE n°64 del 02/02/1974

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

✓ DECRETO MINISTERIALE del 17/01/2018

“Norme tecniche per le costruzioni”; [nel proseguo “NTC”]

✓ CIRCOLARE MINISTERIALE del 21/01/2019

“Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al Decreto Ministeriale del 17/01/2018”; [nel proseguo “Circolare”]

✓ “Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”.

## **3 PRESCRIZIONI NORMATIVE SUI LIVELLI DI CONOSCENZA**

Come riportato nelle NTC e nei relativi allegati ed appendici, le fonti da considerare per la acquisizione dei dati necessari sono:

- ✓ documenti di progetto con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali;
- ✓ eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione;
- ✓ rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;
- ✓ prove in-situ e in laboratorio.



In generale saranno acquisiti dati sugli aspetti seguenti:

- ✓ identificazione dell'organismo strutturale;
- ✓ identificazione delle strutture di fondazione;
- ✓ identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato al § 3.2.2 delle NTC;
- ✓ informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- ✓ informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- ✓ informazioni su possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, etc.);
- ✓ informazioni sulle norme impiegate nel progetto originale incluso il valore delle eventuali azioni sismiche di progetto;
- ✓ descrizione della classe d'uso, della categoria e dalla vita nominale secondo il § 2.4 delle NTC;
- ✓ rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- ✓ informazione sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.

La quantità e qualità dei dati acquisiti determina il metodo di analisi e i valori dei fattori di confidenza FC da applicare alle proprietà dei materiali da adoperare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, richiamati in C8.7.2.1, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- ✓ **LC1:** Conoscenza Limitata;
- ✓ **LC2:** Conoscenza Adeguata;
- ✓ **LC3:** Conoscenza Accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- ✓ geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- ✓ dettagli costruttivi;
- ✓ materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

### **LC1: Conoscenza limitata**

si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e **indagini limitate** sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, **prove limitate** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza **eFC=1,35** (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è **LC2** solo a causa di una non estesa



conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

### **LC2: Conoscenza adeguata**

si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e **indagini estese** sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, **prove estese** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza **eFC=1,2** (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è **LC3** solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

### **LC3: Conoscenza accurata**

si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritto al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e **indagini esaustive** sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, **prove esaustive** sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1** (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di FC è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).

Per raggiungere il livello di conoscenza LC3, la disponibilità di un rilievo geometrico completo e l'acquisizione di una conoscenza esaustiva dei dettagli costruttivi sono da considerarsi equivalenti alla disponibilità di documenti progettuali originali, comunque da verificare opportunamente nella loro completezza e rispondenza alla situazione reale.

La normativa e la rispettiva circolare forniscono le indicazioni per raggiungere i diversi livelli di conoscenza in funzione della tipologia costruttiva dell'opera. Nel caso in oggetto trattandosi di opera in muratura prevede se il caso in esame possa essere ricondotto alle tipologie murarie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, i valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche possono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

- LC1: - **Resistenze:** i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I. - **Moduli elastici:** i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.
- LC2: - **Resistenze:** i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I - **Moduli elastici:** i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.



- LC3: I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito, con formulazioni riportate al §8.5.4.1 della stessa circolare

In realtà quest'ultimo punto viene sviluppato secondo le indicazioni riportate al §6.3.4 delle Linee Guida.

La conoscenza dell'opera parte comunque sempre dai seguenti aspetti:

- Analisi storico critica;
- Rilievo: la norma indica le prestazioni da raggiungere in funzione della tipologia di costruzione e del loro grado di approfondimento:
  - ✓ Indagini limitate;
  - ✓ Indagini estese;
  - ✓ Indagini esaustive;
- Caratterizzazione meccanica dei materiali.

#### ***4 LIVELLO DI CONOSCENZA DEL MANUFATTO***

Allo scopo di adempiere al reperimento dei dati sulle opere per valutarne il Livello di Conoscenza previsto dalle normative tecniche, NTC 2018 e Linee Guida, sono state eseguite parte delle attività che comprendono i seguenti aspetti:

- **L' analisi storico-critica** delle opere con il reperimento di materiale documentario quali gli As-Built;
- **Il rilievo geometrico-strutturale**, dei dettagli costruttivi, del quadro fessurativo e dei dissesti avendo eseguito in data 23/08/2021 un sopralluogo conoscitivo delle opere dal quale si è stimato lo stato del degrado;
- **Le indagini finalizzate alla caratterizzazione dei dettagli costruttivi e dei materiali**, avendo eseguito la campagna di indagini distruttiva sopra menzionata.

##### ***4.1 ANALISI STORICO-CRITICA E DEL PROGETTO ORIGINARIO***

La Strada Regionale SR 325 è stata in precedenza una Statale denominata SS325, essa faceva parte della rete di arterie stradali sotto la gestione dell'Anas; oggi è strada provinciale 325R di Val di Setta e Val di Bisenzio in Emilia-Romagna e strada regionale SR 325 di Val di Setta e Val di Bisenzio in Toscana, il cui percorso si snoda tra l'Emilia-Romagna e la Toscana. È una importante arteria delle provincie di Bologna e Prato che attraversa i principali centri nella valle del Setta di Vado di Monzuno, Riveggio, Lagaro, Castiglione dei Pepoli, per poi raggiungere il valico (m.750 s.l.m.) in località Montepiano ove si entra in Toscana e passare nella valle del Bisenzio dove la strada attraversa le località del comune di Vernio e scendendo verso Prato attraversa Vaiano. La



gestione del tratto toscano è passata alla Regione Toscana che ha poi devoluto le competenze alla Provincia di Prato e alla Provincia di Firenze per le tratte territorialmente competenti. Precedentemente e ancora negli anni '50 la strada era un'arteria interprovinciale costituita dalla provinciale bolognese della Val di Setta e dalla provinciale fiorentina della Val di Bisenzio, congiungente le due vallate. Essa costituiva un'alternativa alla statale n.64 Porrettana e alla statale n.65 Futa Raticosa, entrambe di valico appenninico che svolgevano il traffico di collegamento fra Bologna e Firenze già in periodo anteguerra. L'arteria era un'importante alternativa, grazie anche alle pendenze ridotte e dopo la costruzione dell'arteria autostradale italiana ha subito una certa riduzione di traffico. Tutt'oggi però nei periodi di traffico Autostradale congestionato tra Firenze e Barberino di Mugello è presa come alternativa per raggiungere velocemente l'autostrada nel Comune di Castiglione dei Pepoli o nel Mugello, soprattutto dal traffico pesante.

Attualmente la strada SR 325 può essere classificata ai sensi del D.M. 5.11.2001 n.6792 come strada extraurbana secondaria di tipo C che collega capoluoghi di provincia altresì serviti da strade di tipo A e B; pertanto l'infrastruttura e le opere attinenti possono ricadere nella Classe d'uso III ai sensi del D.M. 17.01.2018.

In merito ai documenti di progetto non è stato possibile reperire progetti As-built o documenti che fornissero informazioni sulle dimensioni degli elementi strutturali.

#### **4.1.1 Rilievo geometrico-strutturale**

Durante le operazioni di sopralluogo sono state eseguite le operazioni di rilievo geometrico allo scopo di confermare le misure conosciute dalle tavole As-built, inoltre è stato eseguito un rilievo dei difetti delle strutture, nonché aver individuato il quadro fessurativo e difetto logico delle opere.

Il rilievo geometrico è stato eseguito con un tecnologia laser scanner 3D, il quale fornisce un rilievo dettagliato delle geometrie dell'opera. Secondo la Circolare applicativa delle Norme Tecniche a seguito della campagna di indagini svolta sulle opere si può considerare un livello di approfondimento del rilievo esaustivo.

#### **4.1.2 Caratterizzazione dei dettagli costruttivi e dei materiali**

Trattandosi di un'opera realizzata interamente con la stessa tipologia di materiale la campagna di indagine è stata eseguita allo scopo di reperire le informazioni sull'unica tipologia di materiale con cui è realizzata, in funzione del budget economico.

L'opera è realizzata in conci di pietra di buona tessitura, si è pertanto ritenuto opportuno eseguire una campagna di indagine mediante un'unica prova con martinetto piatto doppio, la quale fornisce le caratteristiche di deformabilità e resistenza della muratura analizzata.

Il documento di sintesi è allegato in calce alla presente relazione.





Inoltre allo scopo di reperire informazioni sulle dimensioni delle spalle è stata effettuata una campagna di indagine con endoscopia per determinare lo spessore delle spalle e indagare sullo stato di conservazione del paramento murario.

Dalle analisi è stato determinato che il muro ha una profondità maggiore di 1,20 m (il carotaggio non ha oltrepassato lo spessore di muratura) visualizzando omogeneità di materiali e compattezza della muratura.



Infine una campagna geologica con perforazione a carotaggio continuo ha permesso di determinare la composizione del rilevato e del materiale di riempimento del timpano dell'arco.



#### 4.1.3 *Livelli di conoscenza e fattori di confidenza*

Sulla base degli approfondimenti eseguiti sulle opere, la Norma tecnica per le Costruzioni individua tre diversi “*Livelli di confidenza*” a cui assegna per ciascun livello un “*Fattore di Confidenza*” da utilizzare nelle verifiche di resistenza per abbattere le incertezze legate alle strutture esistenti, ovvero è il parametro di riduzione della resistenza dei materiali da utilizzare nella determinazione delle caratteristiche di resistenza meccaniche dei materiali.

Nel caso in esame, la determinazione dei livelli di conoscenza coerentemente alle definizioni proposte dalle Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni e alle Linee Guida si può considerare che il livello dei rilievi strutturali sia classificato come **Esauritivo**.

In merito alla conoscenza dei materiali con riferimento alla Tabella C8.5.I la tipologia di muratura può essere considerata “*Muratura in pietre a spacco con buona tessitura*” e i risultati della prova confermano i valori della resistenza nell’estremo superiore dell’intervallo della tabella. Per numero e tipologia di prove il livello di conoscenza assunto può essere **LC2**, pertanto il corrispondente fattore di confidenza è pari a **FC = 1.20**.



#### **4.1.4 Livello di valutazione della sicurezza**

In attuazione del Capitolo §8 sulle strutture esistenti delle NTC 2018 e della recente norma orientativa “Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”, oggetto e scopo del presente progetto è quello della valutazione della sicurezza del ponte, individuandone l’attuale livello di Adeguatezza, Operatività o di Transitabilità, successivamente di individuare un insieme sistematico di interventi volti ad incrementarne la sicurezza e la sua operatività.

Tutte le analisi e le verifiche svolte hanno avuto lo scopo di raggiungere il massimo grado di sicurezza ottenibile tenendo sempre di conto l’obiettivo economico a disposizione.

Il seguente progetto è sviluppato applicando al ponte i carichi permanenti e i carichi stradali previsti nel capitolo 5 delle NTC 2018 e valutando l’indice di rischio della struttura nello stato attuale in cui si trova. Gli interventi progettati non permettono di raggiungere il livello massimo di ponte Adeguato, ma garantiscono un miglioramento sismico dell’opera.

Aspetto importante nella valutazione effettiva delle possibilità di carico del manufatto è che nonostante il ponte sia composto da due possibili corsie convenzionali di carico secondo gli schemi al capitolo 5 delle NTC, è pur vero che la geometria dell’asse stradale che nel punto in cui si trova il ponte compie una svolta di 180°, non permette assolutamente la possibilità di incrocio di due mezzi pesanti.

Pertanto è con ragionevole certezza che il livello di transitabilità del ponte a seguito delle verifiche svolte può essere considerato **Operativo**, pertanto tutte le analisi sono state svolte considerando i carichi delle Norme Tecniche, facendo riferimento nella valutazione dei fattori parziali relativi ai carichi e ai materiali ad un tempo di riferimento ridotto pari a 30 anni.



## PROVA SU MURATURA MEDIANTE MARTINETTO PIATTO DOPPIO

**Rapporto di prova n. 00175 del 05.07.2021      Rif .V.A. 00053 / 00965 del 31.05.2021**

Committente                      PACINI ing. EMANUELE  
Via Piovola 1 – 50053 Empoli (FI)

Cantiere                            Ponte in località La Cantoniera (coordinate 44.08045 11.16295)

Esperienza effettuata            N.1 determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura mediante martinetto piatto doppio

Date di prova                      28 maggio 2021

### RELAZIONE DI PROVA

Esecuzione di una prova mediante martinetto piatto doppio al fine di determinare le caratteristiche di deformabilità della muratura.

### DATI GENERALI

#### *Apparecchiatura di prova:*

Martinetti piatti oleodinamici semiovali, dimensioni 35 x 26 cm, area = 778 cm<sup>2</sup>  
Mototroncatrice a scoppio Husqvarna K970 Ring con disco diamantato per la realizzazione di un taglio con profondità di 26 cm nella muratura, lungo i giunti di malta orizzontali, per l'inserimento dei martinetti piatti.  
Pompa manuale con manometro digitale "DRC" per prove con martinetti piatti.  
Deformometro DGEI250 base di misura 250 mm con comparatore elettronico digitale Mitutoyo mod.ID-S112B risoluzione 0,001 mm.

#### *Lecture degli spostamenti:*

Il deformometro è costituito da due aste cilindriche in acciaio AISI 304, di cui una fissa ed una mobile e scorrevole; nelle due estremità delle aste sono fissati due coltelli che terminano con punte sferiche, lo spostamento tra i coltelli (coincidente con quello delle basette forate) viene misurato da una comparatore elettronico Mitutoyo, munito di display digitale e con risoluzione 0,001 mm. Le deformazioni ( $\varepsilon$ ) saranno ottenute dal rapporto tra l'estensione misurata e la lunghezza della base di misura, ovvero:

$$\varepsilon = \text{Est} / 250$$





## MARTINETTI PIATTI DOPPI

### Determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura

La determinazione delle caratteristiche di deformabilità della muratura viene effettuata praticando due tagli orizzontali paralleli ad una distanza di circa 50 cm, nei quali vengono introdotti i due martinetti piatti oleodinamici semiovali.

La particolare condizione equivale ad una compressione monoassiale della porzione di muratura compresa tra i due tagli, in direzione ortogonale al piano di posa dei mattoni che consentirà la stima della resistenza a compressione.

Il materiale su cui viene eseguita la prova è normalmente molto eterogeneo, per cui si cerca di fare in modo che i valori misurati siano i più rappresentativi possibili di un comportamento medio della struttura in esame.

Le condizioni che caratterizzano tale prova sono costituite dal tipo di compressione praticamente uniassiale e dal fatto che la porzione di struttura muraria in esame ha dei vincoli particolari non simmetrici ed a volte non del tutto ben definiti.

La messa in pressione idraulica dei due martinetti è realizzata con un unico circuito in modo da avere un decorso dell'entità dei carichi assolutamente identico.

Le basi estensimetriche (longitudinali e trasversali) installate sulla faccia della porzione di muratura in prova, interposta fra i due martinetti, consentono di ottenere il quadro completo del suo comportamento deformativo.

Il calcolo della deformabilità è eseguito applicando il carico per cicli di carico e scarico, con intensità via via crescente.

I risultati vengono registrati su diagrammi pressione/deformazione in seguito riportati.

La pressione effettivamente applicata sulla muratura è calcolata con la seguente relazione:

$$\sigma = A_m / A_t \cdot K_m \cdot p$$

dove :  $A_m$  = Area del martinetto

$A_t$  = Valore medio delle due aree di taglio

Si assume  $A_m/A_t = 1$

$K_m$  = 0,89 - valore medio dei due coefficienti di taratura dei martinetti

Il valore del modulo elastico verticale (longitudinale) della muratura è determinato dalla relazione:

$$E_v = \sigma / \epsilon_v$$

dove  $\epsilon_v$  = deformazione verticale (longitudinale) misurata in prossimità dell'asse di mezzeria dell'elemento murario delimitato dai due martinetti.

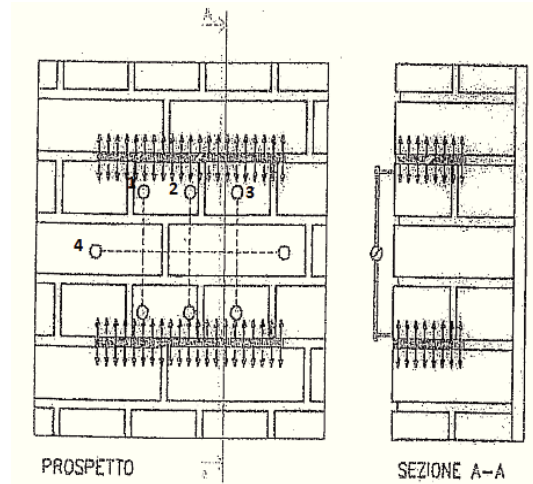
Il valore del modulo elastico orizzontale (trasversale) della muratura è determinato dalla relazione:

$$E_t = \sigma / \epsilon_t$$

dove  $\epsilon_t$  = deformazione orizzontale (trasversale) misurata dalle basi di misura applicate sull'elemento murario delimitato dai due martinetti.



## SCHEMA DELLA PROVA CON MARTINETTO DOPPIO PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DEFORMAZIONE



I risultati di prova sono riportati, sotto forma di tabelle, grafici e fotografie nelle pagine seguenti.

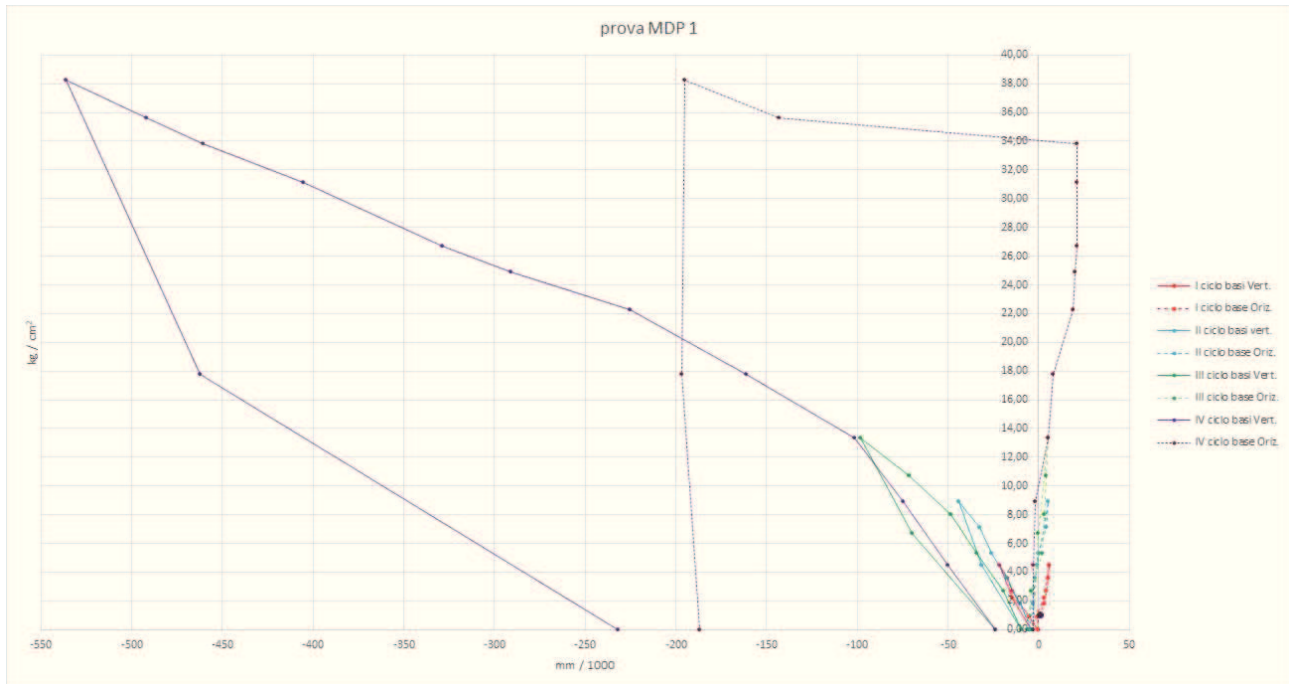


**PROVA MDP 1 – tabella**

Sigla prova: MDP 1										
Tipologia muratura: spalla in pietra										
pressione <b>P</b> bar	pressione effettiva <b>δ</b> kg/cm <sup>2</sup>	basi di misura verticali			media lettura	Δ mm x 10 <sup>-3</sup>	deformazione media ε	base di misura orizzontale	Δ mm x 10 <sup>-3</sup>	deformazione media ε
		1	2	3						
0	0,00	7498	5357	4725	5860	0	0	8622	0	0
1	0,89	7489	5353	4723	5855	-5	-2,0E-05	8622	0	0,0E+00
2	1,78	7483	5349	4718	5850	-10	-4,0E-05	8625	3	1,2E-05
3	2,67	7477	5343	4717	5846	-14	-5,7E-05	8626	4	1,6E-05
4	3,56	7476	5340	4712	5843	-17	-6,9E-05	8627	5	2,0E-05
5	4,45	7473	5336	4707	5839	-21	-8,5E-05	8628	6	2,4E-05
2,5	2,23	7479	5343	4714	5845	-15	-5,9E-05	8625	3	1,2E-05
0	0,00	7490	5358	4719	5856	-4	-1,7E-05	8617	-5	-2,0E-05
2	1,78	7482	5350	4718	5850	-10	-4,0E-05	8619	-3	-1,2E-05
4	3,56	7476	5338	4713	5842	-18	-7,1E-05	8620	-2	-8,0E-06
6	5,34	7467	5331	4704	5834	-26	-1,0E-04	8622	0	0,0E+00
8	7,12	7458	5322	4702	5827	-33	-1,3E-04	8626	4	1,6E-05
10	8,90	7445	5305	4698	5816	-44	-1,8E-04	8627	5	2,0E-05
5	4,45	7455	5323	4707	5828	-32	-1,3E-04	8621	-1	-4,0E-06
0	0,00	7484	5350	4717	5850	-10	-3,9E-05	8616	-6	-2,4E-05
3	2,67	7469	5336	4717	5841	-19	-7,7E-05	8618	-4	-1,6E-05
6	5,34	7453	5317	4707	5826	-34	-1,4E-04	8624	2	8,0E-06
9	8,01	7439	5303	4693	5812	-48	-1,9E-04	8625	3	1,2E-05
12	10,68	7413	5274	4679	5789	-71	-2,9E-04	8626	4	1,6E-05
15	13,35	7375	5250	4660	5762	-98	-3,9E-04	8627	5	2,0E-05
7,5	6,68	7407	5277	4686	5790	-70	-2,8E-04	8622	0	0,0E+00
0	0,00	7465	5330	4713	5836	-24	-9,6E-05	8619	-3	-1,2E-05
5	4,45	7434	5302	4694	5810	-50	-2,0E-04	8619	-3	-1,2E-05
10	8,90	7400	5273	4683	5785	-75	-3,0E-04	8620	-2	-8,0E-06
15	13,35	7369	5244	4662	5758	-102	-4,1E-04	8627	5	2,0E-05
20	17,80	7285	5188	4623	5699	-161	-6,5E-04	8630	8	3,2E-05
25	22,25	7188	5147	4570	5635	-225	-9,0E-04	8641	19	7,6E-05
28	24,92	7078	5111	4518	5569	-291	-1,2E-03	8642	20	8,0E-05
30	26,70	7020	5089	4485	5531	-329	-1,3E-03	8643	21	8,4E-05
35	31,15	6888	5070	4406	5455	-405	-1,6E-03	8643	21	8,4E-05
38	33,82	6780	5056	4363	5400	-460	-1,8E-03	8643	21	8,4E-05
40	35,60	6726	5042	4336	5368	-492	-2,0E-03	8479	-143	-5,7E-04
43	38,27	6639	5030	4303	5324	-536	-2,1E-03	8427	-195	-7,8E-04
20	17,80	6731	5112	4351	5398	-462	-1,8E-03	8425	-197	-7,9E-04
0	0,00	7068	5368	4448	5628	-232	-9,3E-04	8435	-187	-7,5E-04



## PROVA MDP 1 – grafico







## RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE PROVE CON MARTINETTI PIATTI DOPPI

Prova	Coefficiente Km	Coefficiente Ka	Pressione (bar)	Tensione massima applicata (*) $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
MDP 1	0.89	1	43	38.27

(\*) La tensione massima applicata corrisponde alla pressione indotta dai martinetti al limite della massima capacità reattiva della muratura.

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**MDP 1 su spalla SX**

Lo Sperimentatore  
**Geom. Gian Michele Falleni**

Il Direttore del Laboratorio  
**Ing. Antonio Tenore**





## INDAGINI IN SITU

**Rapporto di prova n. 00176 del 05.07.2021      Rif .V.A. 00053/ 00965 del 31.05.2021**

Committente                      PACINI ing. EMANUELE  
Via Piovola 1 – 50053 Empoli (FI)

Cantiere                          Ponte in località La Cantoniera (coordinate 44.08045 11.16295)

Esperienza effettuata              Indagini endoscopiche

Data delle prova                      9 giugno 2021

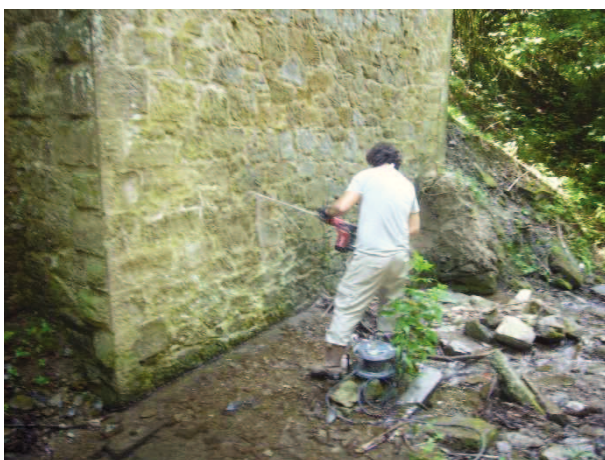
Il presente certificato è costituito di n.2 pagine

### INDAGINE ENDOSCOPICA

Le endoscopie sono state eseguite nelle spalle del ponte in intestazione.  
Per ogni posizione è stato praticato un foro del diametro di 20 mm e dopo pulitura ispezionato tramite video-endoscopio a luce fredda con sonda flessibile.

Nella tabella sottostante sono indicati i dati principali relativi alle endoscopie.

ID	Posizione	Foro passante	Profondità foro (cm)
ENDO 01	Spalla in DX	No	120
ENDO 02	Spalla in SX	No	120



Spalla in SX

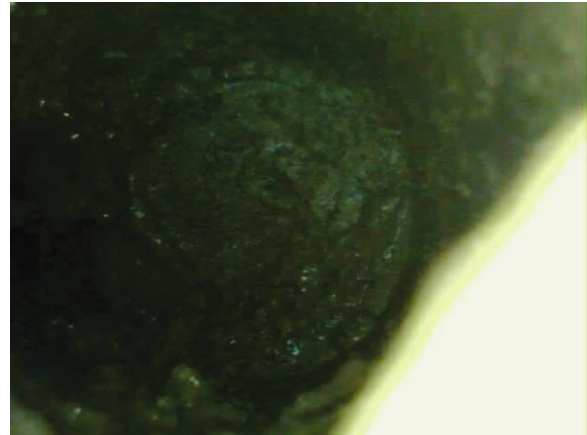


Spalla in DX



### *Endoscopia ENDO 01*

Tutto lo spessore attraversato risulta essere in sequenza di blocchi di pietra e senza presenza di cavità ed irregolarità.



### *Endoscopia ENDO 02*

Tutto lo spessore attraversato risulta essere in sequenza di blocchi di pietra e senza presenza di cavità ed irregolarità.



Lo Sperimentatore  
**Geom. Gian Michele Falleni**

Il Direttore del Laboratorio  
**Ing. Antonio Tenore**

Firmato da:

**Pacini Emanuele**

codice fiscale PCNMNL78B14D612X

num.serie: 151784363803881037269789361634263171229

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

valido dal 04/10/2019 al 04/10/2022