

PBS041

1

4

F

10

10

00

0

CODICE COMMESSA

LOTTO

FASE

TITOLO

REV

CUP: H47H20001950005

Scala:

.doc


**PROVINCIA  
DI BRESCIA**

## Provincia di BRESCIA

**AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE SETTORE DELLE  
STRADE E DEI TRASPORTI**

### SPBS 069 "CALVISANO-CARPENEDOLO" - MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE AL KM 5+170 IN COMUNE DI CALVISANO (cod. manufatto BSSP069\_P001)

#### PROGETTO ESECUTIVO

#### RELAZIONE INDAGINI DIAGNOSTICHE

Progettista e  
responsabile  
integrazione  
prestazioni  
specialistiche:



R.U.P.

Dott. Ing. Luisa Zavanella



REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	P&P LMC	Ing. P. Panzeri	Ing. P. Panzeri	Luglio 2021

## RAPPORTO TECNICO DI PROVA

**PONTE AL KM 5+175 SULLA SP69 IN MEZZANE DI CALVISANO  
NEL COMUNE DI CALVISANO (BS)**

### Indagini Diagnostiche e Conoscitive



p.c.: Provincia di Brescia

<i>Documento</i> RdP-298-2021	<i>Data</i> Luglio 2021	<i>Pagine relazione</i> 9
<i>Revisione</i> -	<i>Data revisione</i> -	<i>Allegati</i> 1. Piano delle indagini 2. Dettagli costruttivi 3. Rapporti di prova
<i>Il Responsabile</i> ing. Paolo Panzeri		

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE E SCOPI.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI .....</b>	<b>3</b>
2.1	INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A. ....	3
2.1.1	<i>Rilievo mediante scassi localizzati .....</i>	<i>3</i>
2.2	INDAGINE DELLA STRATIGRAFIA.....	4
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO .....</b>	<b>6</b>
3.1	PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA .....	6
3.1.1	<i>Prove con durometro .....</i>	<i>6</i>
3.2	PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO .....	7
3.2.1	<i>Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo .....</i>	<i>7</i>

## ALLEGATI

*Allegato 1: Tav.01 - Piano delle indagini*

*Allegato 2: Tav.01 - Dettagli costruttivi*

*Allegato 3: Rapporti di prova*

## 1 PREMESSE E SCOPI

La presente relazione riferisce in merito ai risultati delle indagini diagnostiche e conoscitive condotte presso il ponte al km 5+175 della SP69 in Mezzane di Calvisano, nel comune di Calvisano (BS).

Gli esami e le analisi hanno riguardato gli elementi che costituiscono le strutture portanti del manufatto.

Le indagini sono state eseguite durante la giornata del 3 giugno 2021 dai tecnici specializzati della P&P LMC di Seriate (BG) secondo quanto preventivamente concordato con la Committenza.

Nella tabella di seguito si elencano in sintesi le indagini effettuate e la relativa nomenclatura.

PIANO DELLE INDAGINI		
ID	Tipologia di indagine	Quantità
CP	Prelievo di calcestruzzo mediante carotaggio e prove di compressione di laboratorio	3
CO+E	Carotaggi orizzontali ed indagine endoscopica per rilevare la stratigrafia degli elementi strutturali	4
SC	Scassi su impalcato per rilievo armatura	4
DUR	Prove con durometro su barre d'armatura	2

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in specifico allegato alla presente relazione.

Nei successivi paragrafi vengono espone le modalità di rilievo geometrico, le tecniche di prova, le modalità di analisi e si riportano i risultati ottenuti dalle indagini.

## 2 RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

Nell'ambito della campagna di indagine sono stati effettuati rilievi degli elementi strutturali del ponte. Le modalità di rilievo e le informazioni raccolte sono contenute nei paragrafi seguenti.

### 2.1 INDAGINI GEOMETRICHE E TIPOLOGICHE SU ELEMENTI IN C.A.

Di seguito si descrivono le indagini effettuate per il rilievo strutturale della soletta dell'impalcato del ponte.

#### 2.1.1 *Rilievo mediante scassi localizzati*

Nei punti indicati nel piano di indagine con la sigla "SC" è stato effettuato un rilievo della soletta indagata mediante le seguenti operazioni:

- Rimozione del manto di asfalto e del materiale di riempimento;
- Individuazione della posizione delle armature e le relative tipologie.

Gli scassi sono stati integrati ove ritenuto opportuno da indagini pacometriche.

Il rilievo dei ferri d'armatura è stato effettuato compatibilmente con l'effettiva possibilità di raggiungere le varie facce degli elementi in c.a..

Al termine delle indagini il copriferro rimosso è stato ricostruito mediante apposita malta per ripristini strutturali.

I risultati delle indagini eseguite in sito sono riportati nelle tavole dei dettagli costruttivi in allegato alla presente relazione.

Di seguito si raccolgono alcune foto esemplificative delle fasi di rilievo dei dettagli costruttivi.

RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI	
SC2	SC3
	

## 2.2 INDAGINE DELLA STRATIGRAFIA

L'indagine è stata eseguita mediante carotaggi integrati da indagini conoscitive con endoscopio al fine di descrivere compiutamente la stratigrafia che caratterizza gli elementi strutturali.


L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nelle tavole del piano di indagine con la sigla identificativa "CO+E".

Per quanto riguarda l'indagine endoscopica, si procede poi alla rimozione di eventuali residui di materiale e di polvere rimasti nella cavità con un soffietto manuale e si introduce all'interno la sonda collegata al video endoscopio. A questo punto la sonda è fatta avanzare gradualmente, con soste a intervalli di distanza prestabiliti, misurando la profondità di penetrazione.

Di seguito per ogni posizione di indagine viene restituita una scheda con le geometrie e i parametri misurati in sito.

CO1+E   SCHEDA CAROTAGGIO+ENDOSCOPIA	
Fotografia del carotaggio eseguito	Descrizione
	<p>Il carotaggio e l'indagine con endoscopio sono stati eseguiti sulla testa di una pila del ponte, in particolare 40cm sotto la trave di appoggio.</p> <p>La profondità massima raggiunta è stata di 70cm.</p> <p>La muratura è composta interamente da mattoni pieni e malta.</p>

CO2+E   SCHEDA CAROTAGGIO+ENDOSCOPIA	
Fotografia del carotaggio eseguito	Descrizione
	<p>Il carotaggio e l'indagine con endoscopio sono stati eseguiti su una pila del ponte, in particolare 80cm sotto la trave di appoggio.</p> <p>La profondità massima raggiunta è stata di 70cm.</p> <p>La muratura è composta per i primi 10cm da calcestruzzo, per i restanti 60cm da mattoni pieni e malta.</p>

CO3+E   SCHEDA CAROTAGGIO+ENDOSCOPIA	
Fotografia del carotaggio eseguito	Descrizione
	<p>Il carotaggio e l'indagine con endoscopio sono stati eseguiti su una spalla del ponte, in particolare 15cm sotto la trave di appoggio.</p> <p>La profondità massima raggiunta è stata di 70cm.</p> <p>La muratura è composta interamente da calcestruzzo.</p>

CO4+E   SCHEDA CAROTAGGIO+ENDOSCOPIA	
Fotografia del carotaggio eseguito	Descrizione
	<p>Il carotaggio e l'indagine con endoscopio sono stati eseguiti sulla testa di una spalla del ponte, in particolare 30cm sotto la trave di appoggio.</p> <p>La profondità massima raggiunta è stata di 70cm.</p> <p>La muratura è composta interamente da mattoni pieni e malta.</p>

### 3 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO ARMATO

Per quanto concerne i materiali, sono state condotte prove sperimentali distruttive e non distruttive su elementi strutturali in calcestruzzo armato. Le tipologie di indagini condotte e i risultati ottenuti sono descritti nei successivi paragrafi.

#### 3.1 PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA

Per caratterizzare il tipo di acciaio utilizzato per le strutture in c. a. sono state effettuate prove non distruttive con durometro su barre d'armatura.

##### 3.1.1 Prove con durometro

L'acciaio delle strutture oggetto di verifica è stato indagato con prove non distruttive con durometro secondo normativa UNI EN ISO 16859. I punti di indagine sono indicati nel piano delle indagini in allegato con la sigla "DUR".

La misura della durezza superficiale in sito dell'acciaio (resistenza che la superficie del materiale oppone alla sua penetrazione) consente di dedurre la classe di resistenza meccanica di rottura a trazione del materiale. Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un durometro in grado di fornire direttamente a display la resistenza del materiale attraverso diverse scale di durezza.

Di seguito alcune caratteristiche tecniche della strumentazione:

- area di visualizzazione: da 0 fino a 999 HLD;
- precisione:  $\pm 6\text{HL}$  (prossimità 800 HLD);
- direzione di misura: possibile in tutte le direzioni;
- LCD: ampio, (128 x 64 dot) LCD retroilluminato;
- memoria dati: 500 gruppi di misura;
- i risultati di misura: HRC, HRB, HB, HV, HSD;
- energia di impatto: 11N;
- peso del corpo di rimbalzo: 5,5 g;
- diametro della punta del sensore: 3mm, carburo di tungsteno;
- durezza della punta del sensore:  $\geq 1600\text{ HV}$ ;
- temperatura operativa: da  $-10^{\circ}\text{C}$  fino a  $+60^{\circ}\text{C}$  e umidità: dal 5% fino al 95%.

Una prima fase di ricerca dei tondini d'armatura mediante l'impiego di un pacometro permette di individuare la maglia d'armatura nell'elemento strutturale. Si esegue a questo punto la messa a nudo di una barra mediante demolizione controllata del copriferro e successiva levigatura dell'acciaio impiegando una smerigliatrice angolare con disco abrasivo. Sulla superficie a lucido viene eseguita la prova durometrica con almeno cinque battiture.

Nella tabella che segue vengono sintetizzati i risultati delle prove con durometro forniti secondo la scala Rockwell B "HRB" e riportati come media di più battute di misura per ogni elemento esaminato.

I valori medi vengono quindi correlati alla resistenza caratteristica a rottura ( $f_{st}$ ) dell'elemento metallico indagato tramite opportune tabelle di conversione.

PROVE DI DUREZZA SU BARRE D'ARMATURA										
ID	Elemento strutturale	Ø [mm]	Tipo*	Battute (scala HRB)					Media	$f_{st\_armature}$ [MPa]
				1	2	3	4	5		
DUR1	Soletta	8	L	60,7	59,6	59,8	62,2	61,8	60,8	340
DUR2	Soletta	8	L	61,9	63,3	63,8	59,8	60,9	61,9	340

\* (L) barra liscia

Di seguito si riportano alcune immagini delle prove realizzate.



*Prove con durometro su barre d'armatura*

### 3.2 PROPRIETÀ MECCANICHE DEL CALCESTRUZZO

Per la caratterizzazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo sono state eseguite prove distruttive. Di seguito si riportano le modalità di indagine e i risultati ottenuti.

#### 3.2.1 Prelievo e prove di compressione su carote di calcestruzzo

Per caratterizzare la resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo sono stati effettuati n. 3 prelievi costituiti da un provino cilindrico avente diametro nominale pari a 100 mm. L'ubicazione dei punti di indagine è indicata nel piano di indagine in allegato con la sigla "CP".

Il carotaggio è stato eseguito secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504-1 procedendo in profondità in modo da assicurare il prelievo di carota di lunghezza utile per l'esecuzione della prova di compressione con l'accortezza di non intercettare barre di armatura. Prima dell'esecuzione del carotaggio è stata, al proposito, eseguita la ricerca della posizione di eventuali ferri d'armatura tramite pacometro.

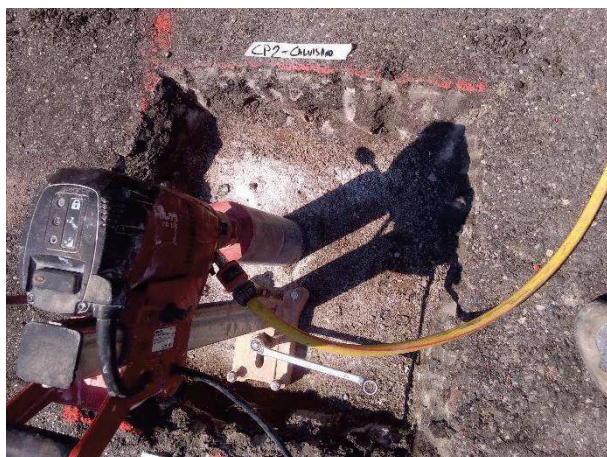
Sul provino appena estratto dalla struttura è stata eseguita (secondo norma UNI EN 14630) la prova di carbonatazione con il metodo del viraggio chimico, utilizzando come indicatore una soluzione

acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico al 70%. Tale soluzione vira al rosso-violetto a contatto con materiali aventi un pH superiore a 9.2, mentre rimane incolore per valori di pH inferiori. In queste condizioni il ferro d'armatura perde la sua passività ed è quindi in grado di subire la corrosione.

La carota estratta, previo condizionamento con taglio (per eliminare la testa del campione) e successiva spianatura, è stata sottoposta a prova di resistenza a compressione presso il Laboratorio Ufficiale Min. LL.PP. Legge 1086/71 di P&P LMC.

Il rapporto di prova di compressione sulle carote è riportato in allegato alla presente relazione.

Di seguito alcune immagini delle operazioni di carotaggio in situ.



*Fasi di esecuzione dei carotaggi*

Nella tabella seguente vengono raccolte in sintesi le caratteristiche dei provini estratti e contestualmente si presentano i risultati ottenuti dalle prove di compressione e di carbonatazione.

PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE IN CALCESTRUZZO									
ID	Elemento strutturale	L <sub>carota estratta</sub> [cm]	P <sub>carbonat.</sub> [cm]	Ø [mm]	H <sub>carota</sub> [mm]	Ø/H	Massa volumica [kg/m <sup>3</sup> ]	R <sub>c</sub> carota [Mpa]	Tipo rottura*
CP1**	Soletta	15	0	94	94	1/1	2550	90,6	S
CP2	Soletta	11	0	94	93	1/1	2300	41,9	S
CP3	Trave	20	0	94	94	1/1	2430	39,6	S
*Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A÷K = non soddisfacente.									
**Presenza di barra d'armatura in direzione ortogonale all'asse della carota									

Di seguito si mostrano le immagini del campione estratto in sito su cui è stata eseguita la prova di carbonatazione.

PRELIEVI DI CAROTE IN CALCESTRUZZO	
C1   Soletta	C2   Soletta
	
C3   Trave	
	

**PONTE AL KM 5+175 SULLA SP69 IN MEZZANE DI CALVISANO  
NEL COMUNE DI CALVISANO (BS)**

**Indagini Diagnostiche e Conoscitive**

**ALLEGATI**

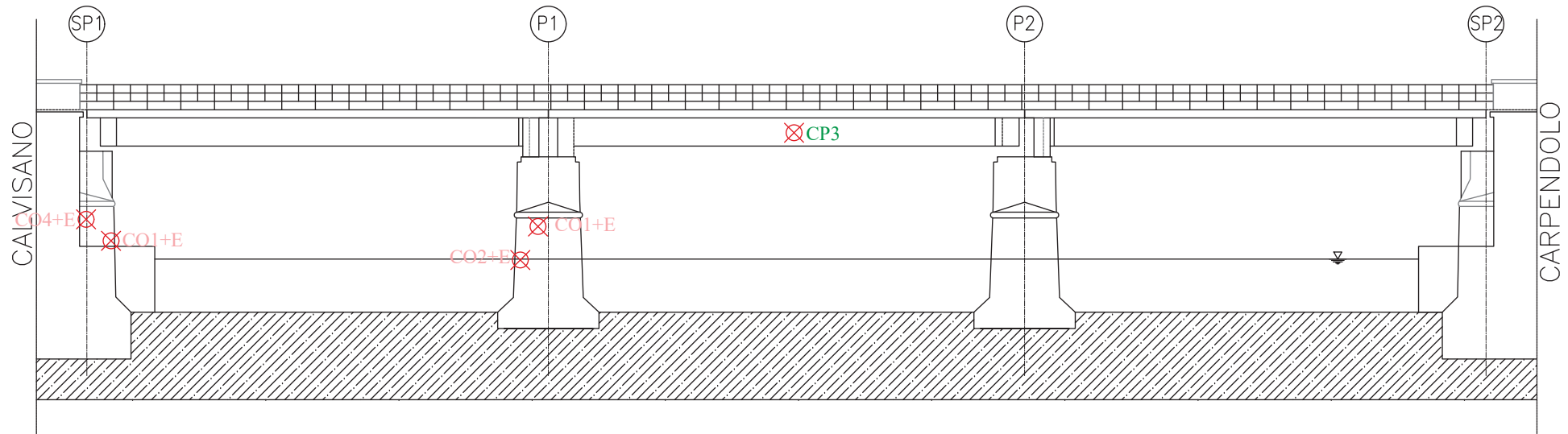
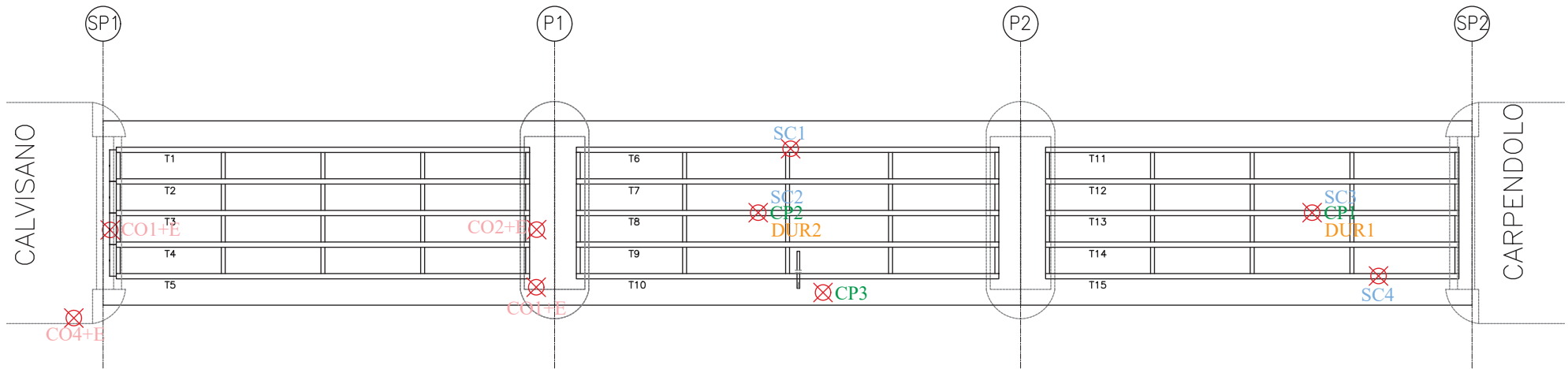
*Allegato 1: Tav.01 - Piano delle indagini*

*Allegato 2: Tav.01 - Dettagli costruttivi*

*Allegato 3: Rapporti di prova*

**p.c.: Provincia di Brescia**

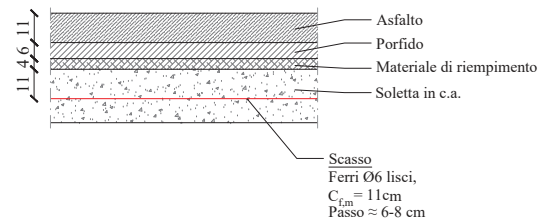
# PIANO DELLE INDAGINI



## LEGENDA:

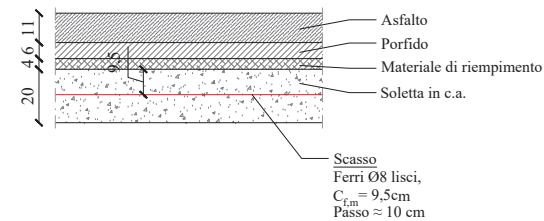
Prelievo carote cls	CP	Indagini con scasso	SC
Carotaggi per stratigrafie + endoscopie	CO+E	Prove con durometro	DUR

SC1 | Elemento: SOLETTA  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



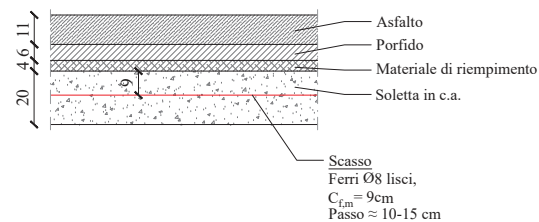
Nota  
È stata eseguita anche un'indagine con pacometro sulla soletta in c.a. ma non sono stati rilevati ferri.

SC2 | Elemento: SOLETTA  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



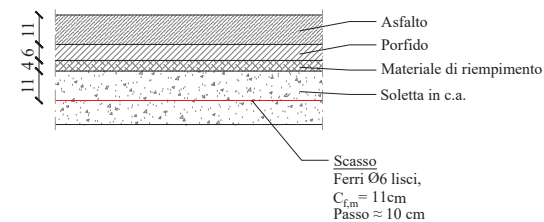
Nota  
È stata eseguita anche un'indagine con pacometro sulla soletta in c.a. ma non sono stati rilevati ferri.

SC3 | Elemento: SOLETTA  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



Nota  
È stata eseguita anche un'indagine con pacometro sulla soletta in c.a. ma non sono stati rilevati ferri.

SC4 | Elemento: SOLETTA  
Indagine e/o prova: RILIEVO, PACOMETRIA



Nota  
È stata eseguita anche un'indagine con pacometro sulla soletta in c.a. ma non sono stati rilevati ferri.

Laboratorio Prove Materiali  
Pag. 1 di 1**RAPPORTO DI PROVA**  
**n. RdP/21/0832/CS-05**Autorizzazione  
Decreto Ministeriale n. 0000012  
Art. 20 - Legge 5-11-71 n. 1086  
Art. 59 - D.P.R. 06-06-01 n. 380**PROVA DI COMPRESSIONE**

su provini di calcestruzzo

Committente: ..... PROVINCIA DI BRESCIA – AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE – SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI

Richiesta : ..... Lettera del 10.06.2021 Accettazione n. : ..... 0832

Oggetto : ..... N. 3 carote di calcestruzzo Resistenza caratteristica dichiarata [MPa] : ..... NON DICHIARATO

Cemento dichiarato : ..... Dosaggio [kg/m<sup>3</sup>] : .....

Luogo del prelievo : ..... Ponte della SP 69 al km 5+175

..... Comune di CALVISANO (BS)

Opera : ..... CP1, CP2: SOLETTA – CP3: TRAVE

Committente dell'opera : ..... PROVINCIA DI BRESCIA – PALAZZO BROLETTO – PIAZZA PAOLO VI, 29 – 25121 BRESCIA

Impresa costruttrice : .....

Denuncia : .....

Direttore lavori : ..... Richiesta prove firmata dal Direttore Lavori : ..... NO

Data ricevimento provini : ..... 14.06.2021 Data di prova : ..... 16.06.2021

Norma di riferimento : ..... NTC 2018 - UNI EN 12390-1:2012 - UNI EN 12390-7:2019 - UNI EN 12390-3:2019 – UNI EN 12504-1:2019

PROVINO n.	DATA PRELIEVO DICHIARATA	CONTRASSEGNI SUI PROVINI	SPIANATURA PROVINI (*)	DIMENSIONI [mm]		MASSA VOLUMICA [kg/m <sup>3</sup> ]	RESISTENZA A COMPRESSIONE [MPa]	TIPO DI ROTTURA (**)
				Ø	h			
1	03.06.2021	CP1 <sup>(1)</sup>	SI	94	94	2550	90,6	S
2	03.06.2021	CP2	SI	94	93	2300	41,9	S
3	03.06.2021	CP3	SI	94	94	2430	39,6	S

(\*) Spianatura provini: SI = effettuata; NO = provino conforme alla norma di riferimento.

(\*\*) Tipo di rottura: S = soddisfacente (bitronco-conica); A+K = non soddisfacente (UNI EN 12390-3, fig. 4)

Note: <sup>(1)</sup> Presenza di barra d'armatura in direzione ortogonale all'asse della carota .....

Seriate, li 16.06.2021

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
(Belotti ing. Ivan)

Il presente Rapporto di prova non costituisce certificato utile ai fini della procedura prevista dalla legge 1086/71.  
I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.