

<b>EXT226</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>B-05-10-00</b>	<b>0</b>
CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	TITOLO	REV

CUP: D17H24000040005 Scala: DOC.

## Comune di CREMONA





Settore Mobilità Sostenibile, Verde Pubblico, Protezione Civile

### OPERE FINALIZZATE ALLA MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE STRUTTURE DELL'IMPALCATO E DELLA BALAUSTR DEL PONTE URBANO SUL CANALE MORBASCO, SITO NEL COMUNE DI CREMONA

#### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

#### RELAZIONE INDAGINI STRUTTURALI

Direttore Tecnico: Ing. Giovanni Becchi  	R.U.P. Dott. Ugo Gagliardi		
	Progettista strutture: Ing. Vincenzo Bernardelli  	Progettista architettonico: Arch. Ilenia Ferrari	Coordinatore Sicurezza: Geom. William Raschiani

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	Ing. V. Bernardelli	Ing. V. Bernardelli	Ing. G. Becchi	Ottobre 2025



***Comune di Cremona (CR)***

***Indagine strutturale Ponte Morbasco***



***RELAZIONE ILLUSTRATIVA***

**COMMITTENTE:**

***CENTRO PADANE SRL***  
*Via Colletta, 1 – 26100 Cremona (CR)*



## INDICE

<u>1.</u>	<u>PREMESSA</u>	<u>3</u>
<u>2.</u>	<u>TECNICHE DI INDAGINE</u>	<u>4</u>
<u>2.1.</u>	<u>Rilievo particolari costruttivi</u>	<u>4</u>
<u>2.2.</u>	<u>Prelievo carote in cls e prove di compressione</u>	<u>5</u>
<u>2.3.</u>	<u>Prelievo spezzone di barra di armatura e prova di trazione</u>	<u>8</u>
<u>2.4.</u>	<u>Prove di durezza Brinell</u>	<u>9</u>
<u>2.5.</u>	<u>Prove sclerometriche</u>	<u>10</u>

## 1. PREMESSA

Siamo stati incaricati dal Committente Centro Padane srl di Cremona dell'esecuzione di un'indagine diagnostica finalizzata al rilievo dei particolari costruttivi e delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti il manufatto denominato "Ponte Morbasco" sito in viale Po – 26100 Cremona.



Le verifiche sono state concordate con il committente, ed hanno compreso:

- Rilievo dei particolari costruttivi
- Prelievo carote in calcestruzzo e prove di compressione
- Prelievo spezzoni di barre di armatura e prove di trazione
- Prove di durezza Brinell
- Prove sclerometriche su calcestruzzo

Le varie tipologie di indagine, con la numerazione progressiva e l'ubicazione in pianta sono riportate nell'Allegato 1 – Ubicazione prove.

## 2. TECNICHE DI INDAGINE

### 2.1. Rilievo particolari costruttivi

Per le strutture in cemento armato l'indagine viene condotta attraverso pacometro, abbinato ove necessario a micro-demolizioni locali per accertare in modo diretto i dettagli costruttivi.

Le prove pacometriche consistono nella misura del campo magnetico determinato dalla presenza di armature di acciaio in vicinanza della superficie del calcestruzzo degli elementi strutturali (travi, pilastri, pareti). Tali prove consentono di leggere, in proiezione sulla superficie di calcestruzzo, la posizione delle armature, così da consentire una stima della misura dell'interfero e del copriferro delle armature longitudinali, presenti nel piano parallelo al piano d'indagine, e del passo delle staffe.



L'utilizzo del pacometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma BS 1881:204. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo è individuabile la posizione delle barre di armatura. Ripetendo l'operazione su più sezioni dell'elemento, e disegnando sulla superficie dello stesso, mediante una matita o altro, una retta che passi per i punti individuati, sarà possibile

tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata.



Per la definizione di alcuni particolari costruttivi ci si avvale solitamente dell'uso di endoscopi, ossia strumenti ottici che consentono di accertare in modo preciso e dettagliato le caratteristiche tessiture del paramento murario, mediante sonde fotografiche dotate di illuminazione autonoma che vengono fatte scorrere all'interno di appositi fori praticati con trapano a percussione.

Nel caso in esame è stato utilizzato un endoscopio a fibre ottiche con sonda da 8 mm da 0,3 Megapixel con fascio luminoso a led.

I risultati dei rilievi con la documentazione fotografica delle ispezioni condotte sono riportati nell'Allegato 2 alla presente relazione.

## **2.2. Prelievo carote in cls e prove di compressione**

L'esecuzione dei carotaggi è regolata dalla norma UNI 12504-1. La prova di compressione, invece, è standardizzata dalla norma UNI EN 12390 nelle parti da 1 a 4.

Individuata l'area di indagine, il prelievo è stato eseguito ove possibile nei campi privi di armatura. Laddove il carotaggio interessasse barre di acciaio non individuabili da rilievo superficiale, le porzioni di campioni contenenti inserti metallici vengono di norma eliminate durante il taglio in laboratorio.



Nel corso dei prelievi si verifica costantemente che la macchina carotatrice non abbia significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia sufficientemente bassa da evitare danneggiamenti ai campioni estratti.

Il diametro nominale del carotiere è di 100 mm e, di conseguenza, la lunghezza delle carote prelevate è usualmente di circa 120-130 mm, al fine di ottenere provini con rapporto altezza/diametro pari a 1.

Per quanto riguarda il rilievo della profondità di carbonatazione (UNI EN 14630), si è utilizzato il metodo colorimetrico mediante irrorazione di una soluzione alcoolica contenente fenolftaleina. Il calcestruzzo non carbonatato, di natura basica, assume una colorazione viola acceso, e possiede un buon grado di protezione delle armature dal fenomeno dell'ossidazione. Viceversa il calcestruzzo in cui si è attivato il processo di carbonatazione non varia colore al contatto con la soluzione di fenolftaleina, ed in questo caso l'azione di protezione nei riguardi dell'acciaio di armatura è notevolmente inferiore, se non addirittura inesistente. Con l'avanzare del tempo l'azione ossidante provoca un degrado delle armature che può portare alla perdita completa della resistenza offerta dalle stesse e all'espulsione del copriferro.

Di seguito è riportata l'immagine dei campioni prelevati e la tabella contenente la determinazione della profondità di carbonatazione.



### DETERMINAZIONE PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE

UNI EN 14630

ID provino	Elemento	profondità media (mm)	profondità massima (mm)	distribuzione
C1	Trave perimetrale Lato valle	30	30	parallela alla superficie
C2	Trave mensola Lato valle	80	85	parallela alla superficie
C3	Trave mensola Lato monte	35	40	parallela alla superficie

I risultati delle prove di compressione sono riportati nell'allegato Certificato di Prova Desma n. CdP24.002192.

### 2.3. Prelievo spezzone di barra di armatura e prova di trazione

Il prelievo di campioni di barre d'armatura viene solitamente eseguito, dopo aver individuato l'elemento tramite pacometro, mediante la scarifica di una porzione di copriferro con martello demolitore, quindi tagliando con flessibile un tratto di armatura di circa 40 cm con successiva saldatura dei tratti interrotti con un nuovo spezzone di acciaio e ripristino del copriferro mediante malta specifica.

Di seguito è riportata l'immagine del campione prelevato.



I risultati delle prove di compressione sono riportati nell'allegato Certificato di Prova Desma n. CdP24.002191.

## 2.4. Prove di durezza Brinell

La prova di durezza consiste nel determinare la risposta meccanica fornita da un elemento metallico quando viene sottoposto ad una forza assiale esercitata sulla sua superficie da un opportuno utensile, detto penetratore, che scalfisce il metallo lasciando un'impronta di forma nota.



Misurando l'impronta lasciata è possibile definire la resistenza alla penetrazione del materiale, attraverso diverse scale di durezza che dipendono sostanzialmente dalla forma del penetratore. I tipi di durezza normalmente più utilizzati sono quelli associabili alla scala Brinell (HB), Vickers (HV) e Rockwell (HR).

Accanto ai durometri da laboratorio, capaci di imprimere notevoli forze ai penetratori e pertanto strumenti da banco non trasportabili, si sono affermati recentemente alcuni dispositivi portatili capaci di imprimere forze dinamiche al materiale da analizzare e misurare la risposta meccanica in termini di frequenza di risonanza. Tali strumenti necessitano di una preliminare preparazione dell'area di prova, attraverso la rimozione degli strati di rivestimento e la smerigliatura della superficie di impatto, e sono applicabili usualmente a spessori non inferiori a 10 mm. Per sezioni di spessore inferiore a 10 mm si può ricorrere a strumentazioni ad ultrasuoni, che non risentono degli errori indotti dalla vibrazione che si genera durante l'impatto della massa battente.

Nel caso in esame è stato utilizzato un durometro a ultrasuoni Novotest mod. T-UD3.

L'interpretazione numerica dei risultati è stata condotta secondo la norma UNI EN ISO 18265.

I risultati delle prove sono riportati nell'allegato Rapporto di Prova n. 279-2024.

## 2.5. Prove sclerometriche

La prova sclerometrica (UNI EN 12504-2) consiste nella misurazione dell'indice di rimbalzo di una



massa battente posta a contatto con la superficie del calcestruzzo, dopo aver opportunamente rimosso eventuali strati di intonaco ed aver proceduto alla molatura della superficie.

I valori di resistenza sono stimati attraverso curve di correlazione fornite dal produttore.

Lo strumento utilizzato è Matest mod. C380.

I risultati delle prove sono riportati nell'allegato Rapporto di Prova n. 279-2024.

Capriolo, 10/01/2025

Laboratorio Tecnologico Lombardo

Geom. Montis Andrea

### Allegati:

- Allegato 1 – Ubicazione prove
- Allegato 2 – Rilievo particolari costruttivi
- Rapporto di prova n. 279-2024
- Certificato di Prova Desma n. CdP24.002191
- Certificato di Prova Desma n. CdP24.002192



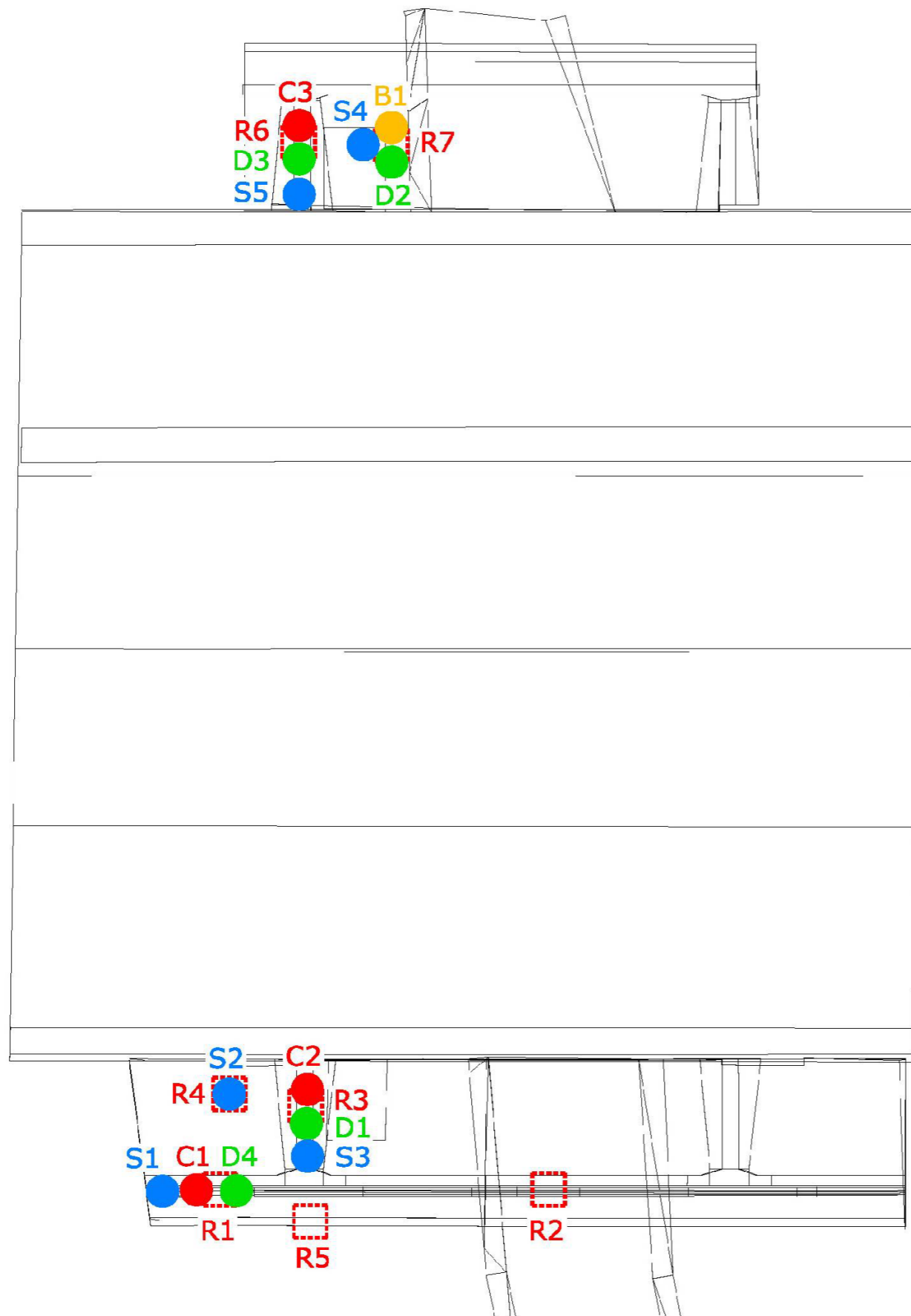
LABORATORIO TECNOLOGICO  
LOMBARDO S.R.L.

***Comune di Cremona (CR)***

***Indagine strutturale Ponte Morbasco***

***Allegato 1 – Ubicazione prove***










LATO MONTE

LATO VALLE

LEGENDA

	R - Rilievo particolari costruttivi
	C - Prelievo carota calcestruzzo
	B - Prelievo campioni acciaio
	D - Prova di durezza Brinell
	S - Prova sclerometrica



LABORATORIO TECNOLOGICO  
LOMBARDO S.R.L.

***Comune di Cremona (CR)***

***Indagine strutturale Ponte Morbasco***

***Allegato 2 – Rilievo particolari costruttivi***



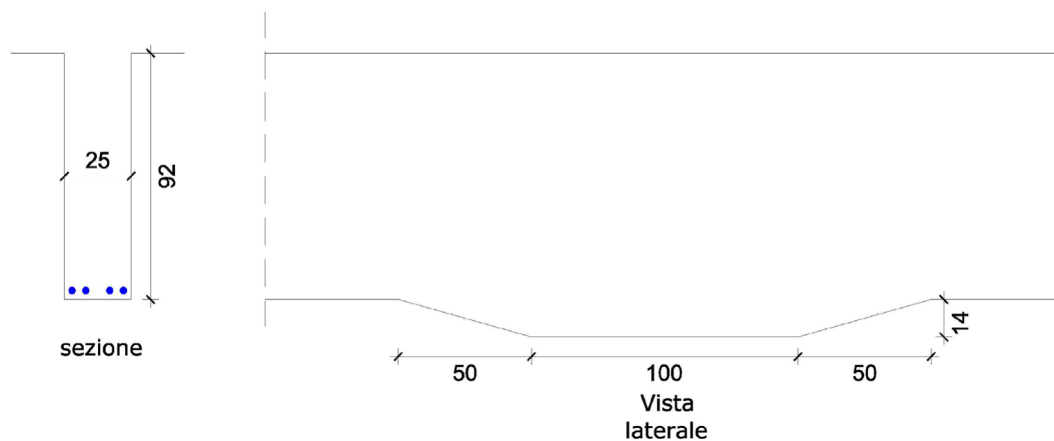
## Rilievo R1

Trave perimetrale lato valle di dimensioni nette 25x92 cm.

L'armatura longitudinale inferiore è costituita da n. 4  $\phi 26$  lisci con copriferro netto  $\approx 15$  mm.

Le staffe sono  $\phi 10$  lisce poste ogni 30-35 cm con copriferro netto  $\approx 5$  mm.

Si riporta di seguito la geometria del ringrosso in corrispondenza della trave mensola.

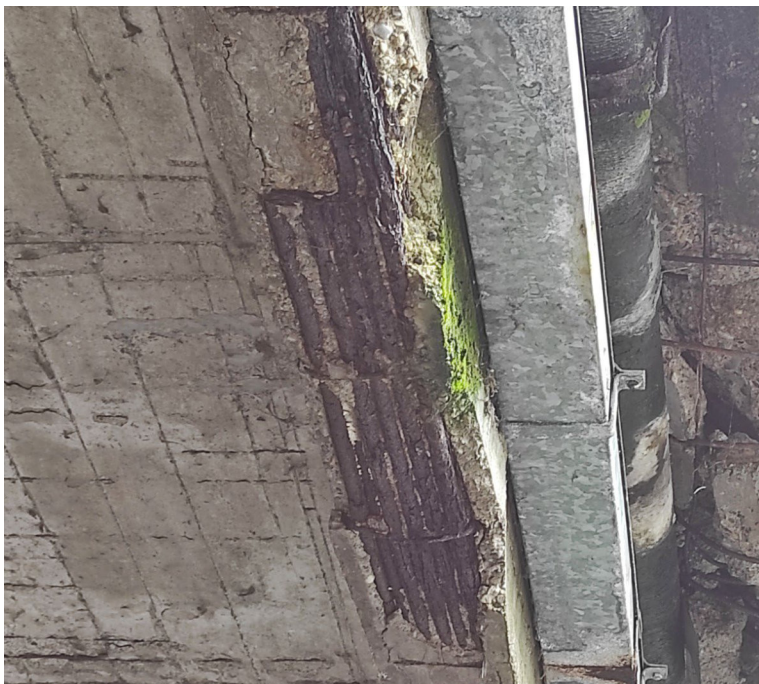
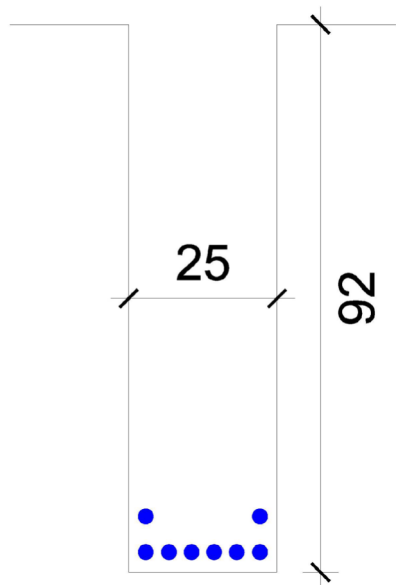


## Rilievo R2

Trave perimetrale lato valle di dimensioni nette 25x92 cm.

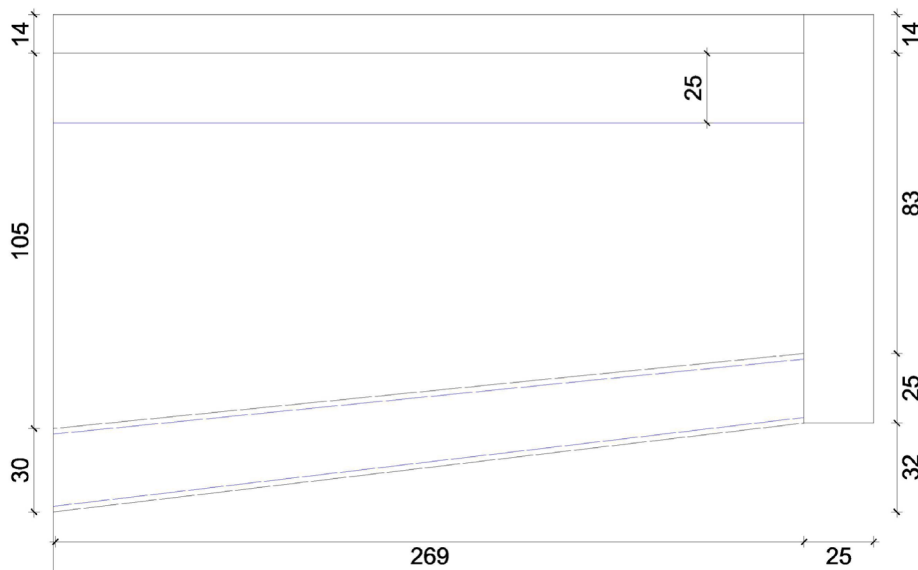
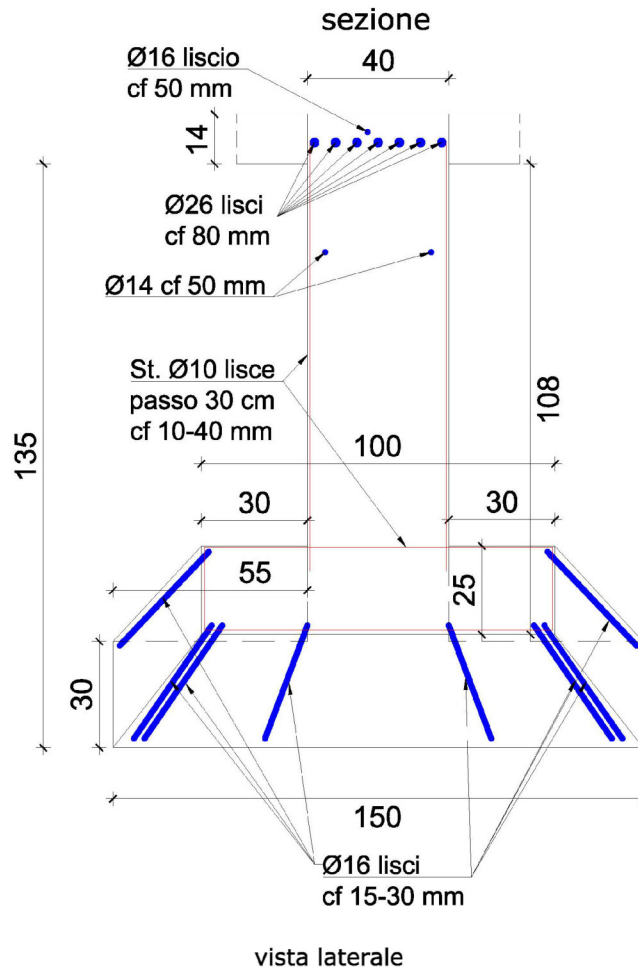
L'armatura longitudinale inferiore in mezzeria è costituita da barre  $\varnothing 26$  lisce come mostrato di seguito con copriferro netto  $\approx 15$  mm.

Le staffe sono  $\varnothing 10$  lisce poste ogni 40 cm con copriferro netto  $\approx 5$  mm.



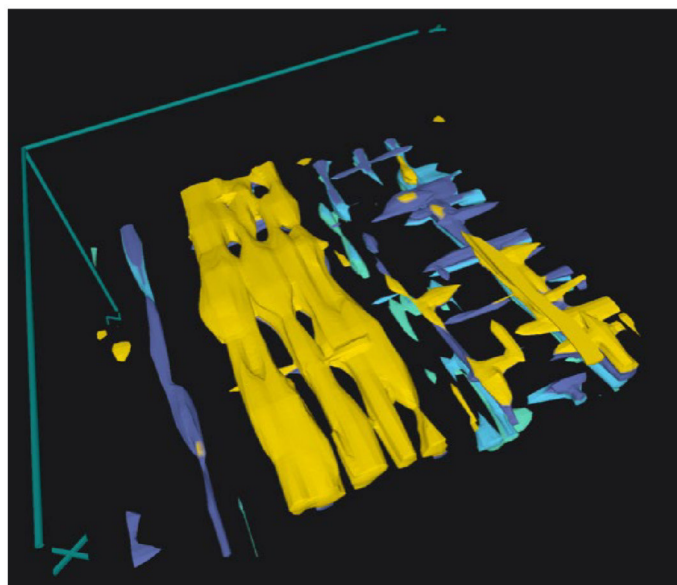
## Rilievo R3

Di seguito è riportata la rappresentazione della trave mensola lato valle.





*Scasso estradosso eseguito a 3m dal parapetto: n. 2  $\varnothing$ 26 che piegano verso la trave perimetrale*



*Indagine georadar*

## Rilievo R4

Soletta in calcestruzzo di spessore netto 14 cm.

L'armatura longitudinale è costituita da  $\varnothing 8$  posti ogni 35 cm con copriferro netto  $\approx 25$  mm.

L'armatura trasversale è costituita da  $\varnothing 10$  posti ogni 12 cm con copriferro netto  $\approx 10$  mm.



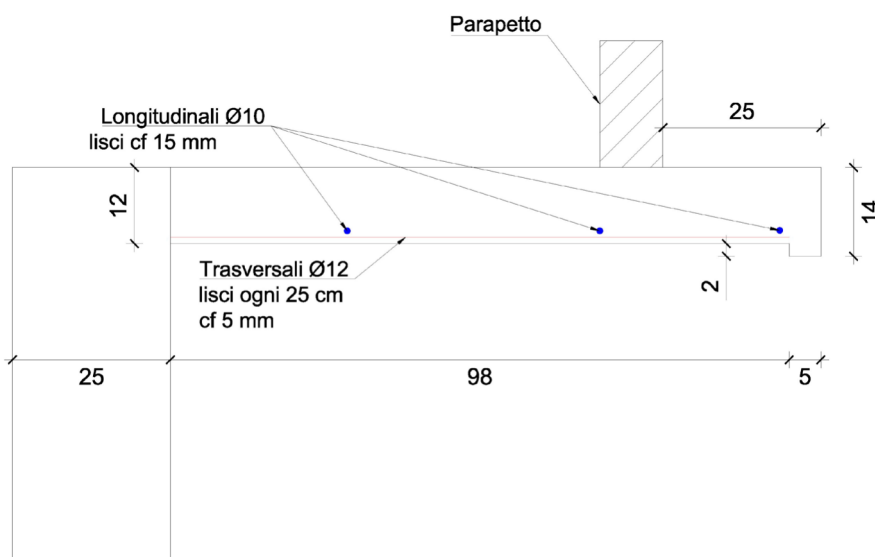
La stratigrafia completa della soletta, a partire dall'intradosso è composta da:

- Pavimentazione stradale, 10 cm
- Riempimento, 6 cm
- Soletta in calcestruzzo, 14 cm



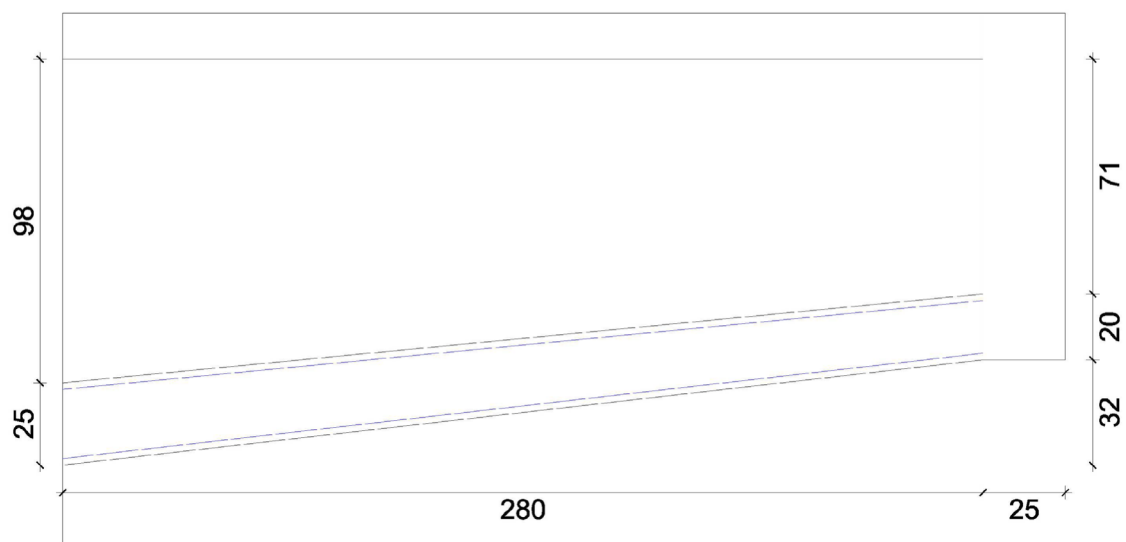
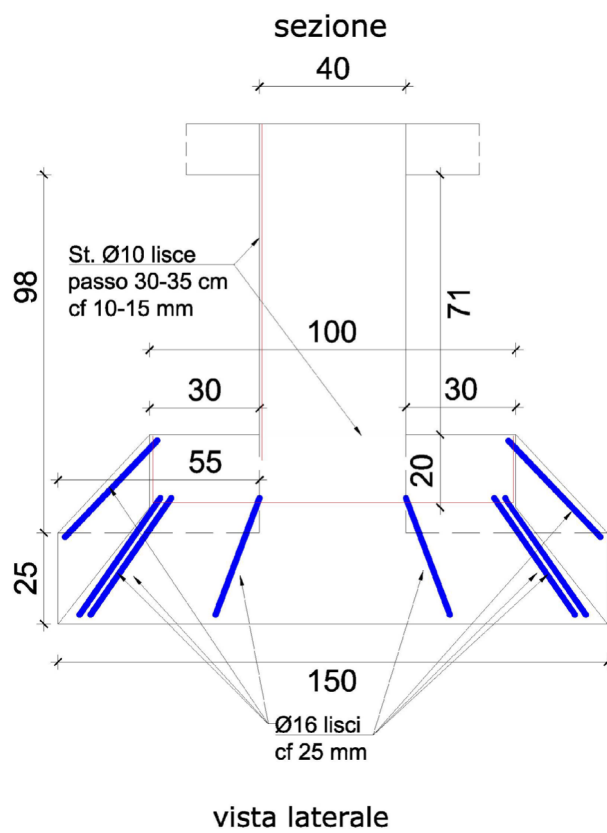
## Rilievo R5

Sbalzo in calcestruzzo di spessore netto 12 cm, la cui sezione è rappresentata di seguito.



## Rilievo R6

Di seguito è riportata la rappresentazione della trave mensola lato monte.





## Rilievo R7

Soletta in calcestruzzo di spessore netto 14 cm.

L'armatura longitudinale è costituita da  $\varnothing 8$  posti ogni 35 cm con copriferro netto  $\approx 25$  mm.

L'armatura trasversale è costituita da  $\varnothing 10$  posti ogni 12 cm con copriferro netto  $\approx 10$  mm.





Rapporto di prova n. 279-2024

Capriolo, 10/01/2025

Data ricevimento	20/12/2024
Committente	CENTRO PADANE SRL Via Colletta, 1 - 26100 Cremona (CR)
Titolo lavoro	Indagine strutturale Ponte Morbasco
Località	Viale Po - 26100 Cremona (CR)
Descrizione	N. 4 prove di durezza Brinell N. 5 prove sclerometriche su calcestruzzo
Prove eseguite da	Personale tecnico del Laboratorio Tecnologico Lombardo.
Data esecuzione	10/12/2024



## DUREZZA SUPERFICIALE DEI MATERIALI METALLICI

ASTM A1038

ID	Elemento	Scala	Letture			Media	correlazione	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )
D1 - A	Trave mensola - Ø16 inferiore	HB	87	93	84	88,0	UNI EN ISO 18265	295,4
D1 - B	Trave mensola - Ø10 staffa	HB	77	75	83	78,3	UNI EN ISO 18265	262,8
D1 - C	Trave mensola - Ø26 superiore	HB	84	79	87	83,3	UNI EN ISO 18265	279,7
D1 - D	Trave mensola - Ø26 superiore	HB	85	80	81	82,0	UNI EN ISO 18265	275,1
D2 - A	Soletta - Ø10 (B1)	HB	97	99	90	95,3	UNI EN ISO 18265	320,2
D2 - B	Soletta - Ø8	HB	89	93	95	92,3	UNI EN ISO 18265	310,1
D3 - A	Trave mensola - Ø16 inferiore	HB	89	82	84	85,0	UNI EN ISO 18265	285,3
D3 - B	Trave mensola - Ø16 inferiore	HB	80	89	98	89,0	UNI EN ISO 18265	298,8
D3 - C	Trave mensola - Ø10 staffa	HB	89	91	94	91,3	UNI EN ISO 18265	306,7
D4 - A	Trave perimetrale - Ø26 inferiore	HB	85	96	91	90,7	UNI EN ISO 18265	304,5
D4 - B	Trave perimetrale - Ø26 inferiore	HB	85	94	80	86,3	UNI EN ISO 18265	289,8
D4 - C	Trave perimetrale - Ø10 staffa	HB	88	86	95	89,7	UNI EN ISO 18265	301,1

Legenda:

$\sigma_t$  valore della tensione di rottura ricavato da UNI EN ISO 18265

## DETERMINAZIONE DELL'INDICE SCLEROMETRICO

UNI EN 12504-2

ID prova	Elemento	Direzione	Indice sclerometrico I <sub>R</sub>										Rc (MPa)	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		media
S1	Trave perimetrale - Lato valle	1	40	44	36	36	36	42	40	44	38	46	40,2	39,3
S2	Soletta - Lato valle	2	46	46	46	50	50	46	48	46	50	46	47,4	47,1
S3	Trave mensola - Lato valle	1	44	38	36	36	40	38	36	40	38	36	38,2	35,7
S4	Soletta - Lato monte	2	46	44	42	46	44	44	42	48	40	48	44,4	40,4
S5	Trave mensola - Lato monte	1	38	44	38	38	40	42	44	44	42	38	40,8	40,4

Direzione:

1 - battuta orizzontale

2 - battuta verticale verso l'alto

3 - battuta verticale verso il basso

Lo sperimentatore



Richiedente **Ing. Andrea Savoldi**  
Verbale accettazione **112486** del **13/12/2024**  
Committente **Centro Padane Srl** **Via Colletta 1, 26100 Cremona (CR)**  
Luogo di prelievo **Cremona Viale Po - Ponte Morbasco -Indagine strutturale su manufatto stradale**  
Impresa costruttrice **Centro Padane Srl** **Via Colletta 1, 26100 Cremona (CR)**  
Direttore lavori **Ing. Andrea Savoldi** La domanda è stata sottoscritta **Sì**

**PROVA DI TRAZIONE SU BARRE TONDE, LISCE O NERVATE**

eseguita in conformità alla norma UNI EN ISO 15630-1

MDO9.501 R

Numero serie	Qualità	Struttura/note/codice campionamento	Data di esecuzione	Diametro effettivo [mm]	Snervamento $f_y$ [MPa]	Rottura $f_t$ [MPa]	$f_t / f_y$	Allungam. [%]	Lunghezza provino [mm]	Prod.*
1		Soletta lato monte	13/12/2024	9,70	324	374	1,16	11,0	403	7

*Codice	Produttore	Marchio
7	Produttore non rilevabile	

Macchine di prova: codice 03

**Lo Sperimentatore**

I risultati contenuti nel presente certificato si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto, anche parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.

Richiedente **Ing. Andrea Savoldi**  
Verbale accettazione **112486** del **13/12/2024**  
Committente **Centro Padane Srl** **Via Colletta 1, 26100 Cremona (CR)**  
Luogo di prelievo **Cremona Viale Po - Ponte Morbasco -Indagine strutturale su manufatto stradale**  
Impresa costruttrice **Centro Padane Srl** **Via Colletta 1, 26100 Cremona (CR)**  
Direttore lavori **Ing. Andrea Savoldi** La domanda è stata sottoscritta **Sì**

**ROTTURA A COMPRESSIONE SU CILINDRO/CAROTA****eseguita in conformità alla norma UNI EN 12390-3**

M/D09.410.01 R

Numero serie	ID sui provini	Data di prelievo	Verbale prelievo	Data di esecuz.	Dimensioni [mm]		Massa volum. [Kg/m³]	Carico totale [KN]	Resist. [MPa]	Note / descrizione	Parametri	
					d	L					TR*	R**
1	C1	10/12/24	1	13/12/24	95	95	2.190	155,85	22,0	Trave perimetrale lato valle / Rck	SO	RE
2	C2	10/12/24	1	13/12/24	95	96	2.228	120,34	17,0	Trave mensola lato valle / Rck	SO	RE
3	C3	10/12/24	1	13/12/24	95	96	2.247	192,25	27,1	Trave mensola lato monte / Rck	SO	RE

\*Tipo di rottura

SO: soddisfacente

NS: non soddisfacente

\*\*Rettifica

RE: rettificata

NR: non rettificata poiché campione conforme alle prescrizioni della norma UNI EN 12390-1 par 4.2

Il numero di campioni provati non è sufficiente per eseguire il controllo di tipoA previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni

Macchine di prova: codice 60

**Lo Sperimentatore**

I risultati contenuti nel presente certificato si riferiscono esclusivamente all'oggetto provato.  
Il documento non può essere riprodotto, anche parzialmente, salvo approvazione scritta del Laboratorio.