

PBS041

1

4

A

20

10

00

00

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 GENERALE**

##### **Relazioni**

##### **Relazione generale illustrativa e tecnica**



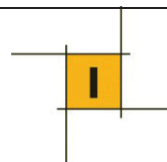
Ingegneria Territorio Grandi Infrastrutture - Roma  
via S. Erasmo, 16 - 00184 Roma

Gruppo di progettazione Integra:  
- Prof. Ing. Marco Petrangeli  
- Ing. F. Oliveti  
- Ing. A. Tanasache  
- Ing. G. Potenza

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	INTEGRA	Ing. N. Sottura	Ing. R. Salvadori	Maggio 2022

## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	3
2.1	Geometria dell'impalcato.....	6
2.2	Indagini e Materiali.....	7
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO STRUTTURALE.....	10
3.1	Riabilitazione Impalcato .....	10
3.2	Riabilitazione Elevazione e apparecchi di appoggio.....	13
3.3	Fasi costruttive .....	16
4	CONCLUSIONI .....	17



## 1 INTRODUZIONE

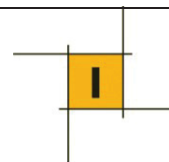
La presente relazione riassume gli interventi di miglioramento strutturale previsti per il ponte sul fiume Chiese, situato presso il comune di Calvisano (km 5+170, SP69 - BS).



**Figura 1: Inquadramento Ponte**

Le lavorazioni prevedono difatti un aumento delle performance dell'impalcato a parità di carichi permanenti agenti. Ad oggi, sulla sezione stradale del ponte grava il peso sia della pavimentazione in porfido, sia delle ricariche del bitume accumulate negli anni a causa delle varie ripavimentazioni stradali.

L'intento è stato perciò quello di ottimizzare le prestazioni delle sezioni strutturali eliminando il materiale in esubero della duplice pavimentazione sostituendolo con una parte occupata dal rinforzo strutturale ad integrazione della soletta esistente e da un miglioramento della pavimentazione stradale.



## 2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Da quanto emerso dal sopralluogo condotto dall'università di Brescia nel settembre 2018 e successivamente dagli scriventi nel Giugno del 2021, il ponte in questione presenta uno stato di degrado diffuso ma non particolarmente grave a meno di quanto discusso nel dettaglio nel seguito.



**Figura 2: Prospetto lato Sud**

Allo stato di fatto si evidenziano le seguenti criticità:

- instabilità dei parapetti;
- presenza di barriere provvisorie New Jersey con incremento dei carichi permanenti;
- segni di degrado su spalle e pile;
- armatura esposta e corrosa in vista in prossimità degli appoggi;
- assenza di opportuni sistemi di smaltimento delle acque di piattaforma;
- giunti degradati con percolazione delle acque e quindi dilavamento del manto stradale;
- infiltrazioni estradossali diffuse;
- fessurazione delle spalle;
- deformazioni degli apparecchi d'appoggio-pendoli in c.a.

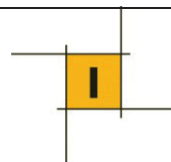
La superficie di discontinuità creatasi nel tempo sulle due spalle è stata causata dallo schema attuale di vincolo, ovvero sistema pendolare in c.a. sulle due pile in alveo e sistema di appoggio fisso per le due spalle. Tale schema di appoggio sulle spalle non ha consentito all'impalcato di espandersi e ritirarsi liberamente per i fenomeni derivanti dalla termica, pertanto negli anni l'impalcato ha esercitato sulla testa del muro frontale degli forze orizzontali che hanno portato alla formazione di tali fenomeni fessurativi.



**Figura 3: Superficie di soccimento spalle**



**Figura 4: Degrado cls e armature esposte in corrispondenza degli appoggi**



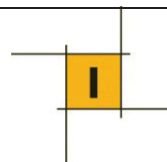
A testimonianza di ciò si evidenzia inoltre la presenza del distacco del copriferro e quindi la successiva ossidazione/corrosione dell'intradosso delle travi in prossimità del vincolo fisso rappresentato dalle due spalle e da un lato delle due pile per la campata centrale.



**Figura 5: Corrosione armature**

Alla luce dei fenomeni di degrado riscontrati, gli scriventi hanno progettato l'intervento di riabilitazione/miglioramento strutturale trattato nel seguito. Per il raggiungimento di tale scopo si è proceduto alla realizzazione di un'indagine integrativa alle precedenti per la determinazione univoca delle grandezze geometriche e dei carichi agenti sull'impalcato in oggetto.





## 2.2 INDAGINI E MATERIALI

Con la campagna di indagini integrativa sono state ricavate le proprietà meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio d'armatura. Si riporta una tabella di sintesi delle 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

**Tabella 2: Sintesi delle indagini effettuate**

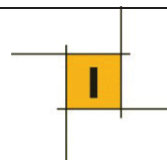
### 2.2.1 Indagini geometriche e tipologiche

Mediante scassi localizzati 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;



**Figura 7: Rilievo stratigrafia impalcato**



Per quanto riguarda le spalle e le pile è stata eseguita un'indagine mediante carotaggi integrati da indagini conoscitive con endoscopio al fine di descrivere compiutamente la stratigrafia che caratterizza tali elementi strutturali.

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>

Figura 8: Carotaggio pila

### 2.2.2 Caratterizzazione del calcestruzzo armato

Per quanto concerne i materiali, sono state condotte prove sperimentali distruttive e non distruttive su elementi strutturali in calcestruzzo armato per la quantificazione del grado di resistenza sia del calcestruzzo che dell'acciaio utilizzati.

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.

ID	Elemento strutturale	Ø [mm]	Tipo*	Battute (scala HRB)					Media	f <sub>st</sub> _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										

Tabella 3: Prove su barre d'armatura

La resistenza media ricavata è pari a 340 MPa.



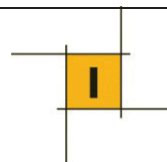
**Figura 9: Prove con durometro su barre d'armatura**

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.

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 carota</sub> [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									

**Tabella 4: Prove di compressione cls**

La resistenza media carota ricavata è pari a R<sub>ck,c</sub> = 40 MPa.



### 3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO STRUTTURALE

Il consolidamento delle parti strutturali, reso necessario dallo stato di ammaloramento generale del ponte, prevede la solidarizzazione dell'intero impalcato modificando lo schema di vincolo attuale, causa delle lesioni sui muri delle spalle, attraverso la sostituzione degli appoggi e la solidarizzazione dell'impalcato sulle pile grazie all'eliminazione dei giunti e alla ricostituzione di una soletta continua collaborante lungo tutto il ponte. Questo per ridurre il percolamento sulle elevazioni e sulle porzioni laterali di impalcato delle acque di piattaforma.

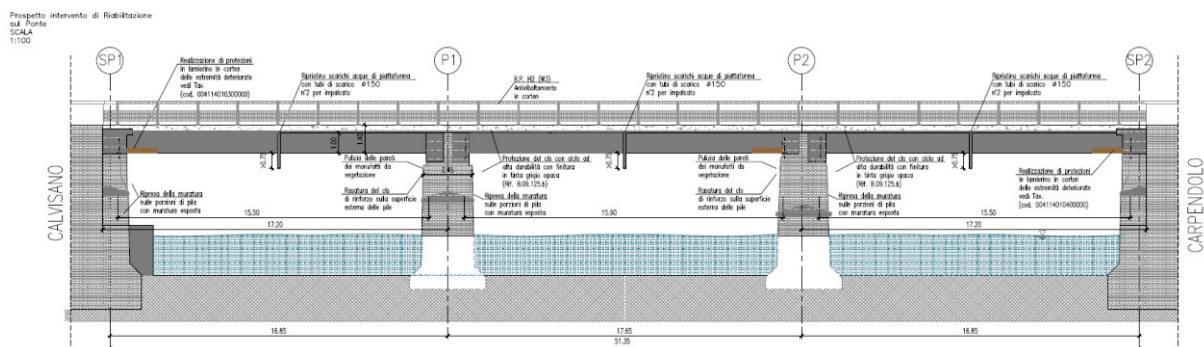


Tabella 5: Inquadramento interventi ponte

#### 3.1 RIABILITAZIONE IMPALCATO

La realizzazione della soletta integrativa non comporterà un incremento dei pesi propri portati, in quanto come anticipato nell'introduzione, le lavorazioni andranno a sostituire gli esuberi di materiale presenti allo stato di fatto, rappresentati dai 0.21 m di pavimentazione/ricariche e dai New jersey di notevole peso posizionati ai lati della carreggiata.

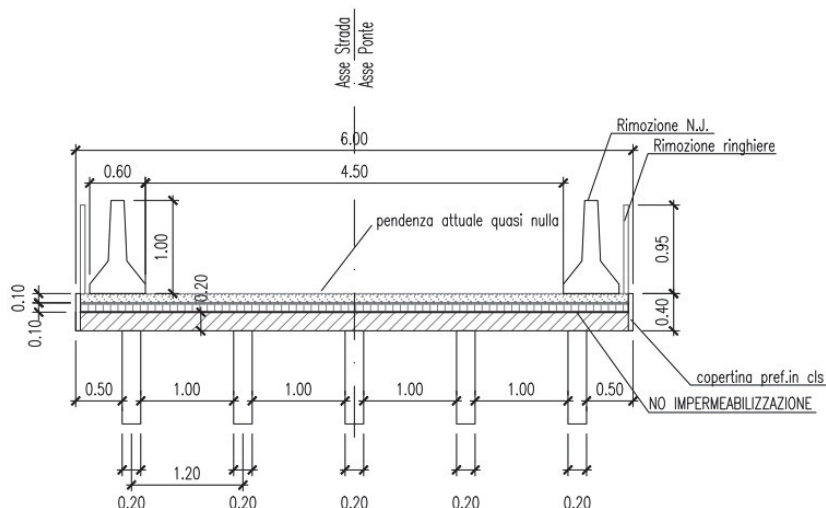
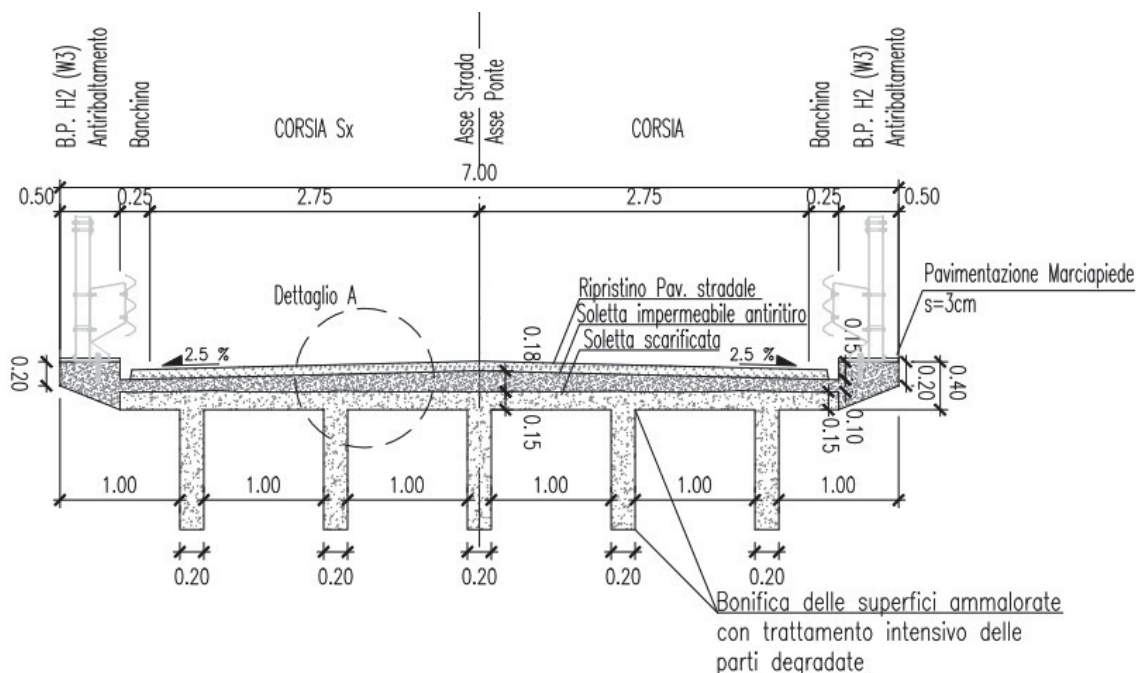


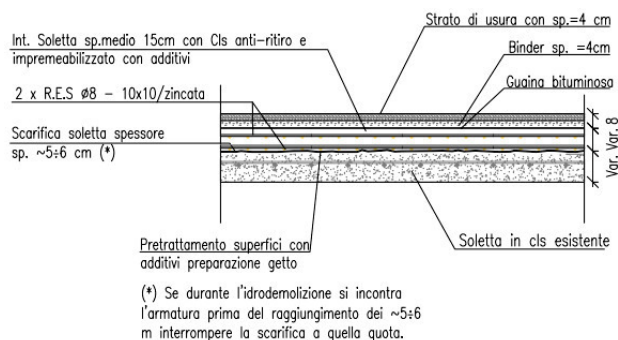
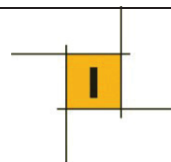
Figura 10: Sezione dello stato di fatto

Essa sarà realizzata con calcestruzzi antiritiro additivati per migliorarne l'impermeabilizzazione, armati con un doppio strato di rete zincata  $\phi 8$  10x10. Il progetto prevederà inoltre l'allargamento della piattaforma stradale grazie alla realizzazione di due sbalzi sui quali verranno installate le barriere bordo ponte in corten. Per il miglioramento del deflusso delle acque di piattaforma sarà necessario il ripristino di almeno n°2 scarichi per impalcato.

- Soletta esistente,
- Superficie scarificata,
- Impermeabilizzazione mediante messa in opera di cappa asfaltica,
- Cls integrativo additivato,
- 2 x R.E.S.  $\phi 8 - 10 \times 10$ .



**Figura 11: Sezione strutturale degli interventi**

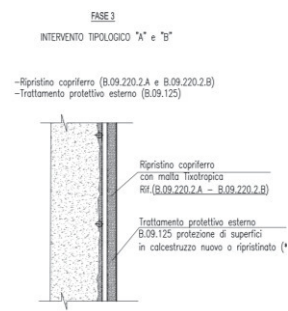
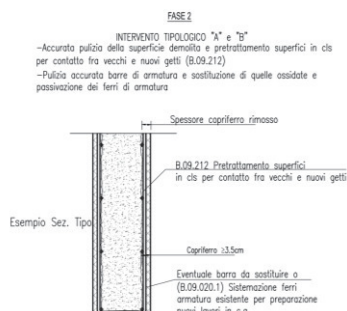
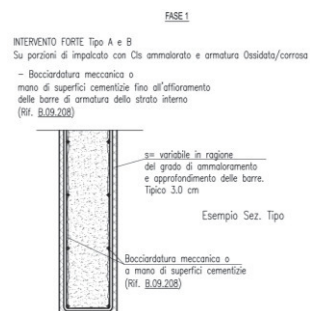


**Figura 12: Dettaglio stratigrafia Intervento riabilitativo**

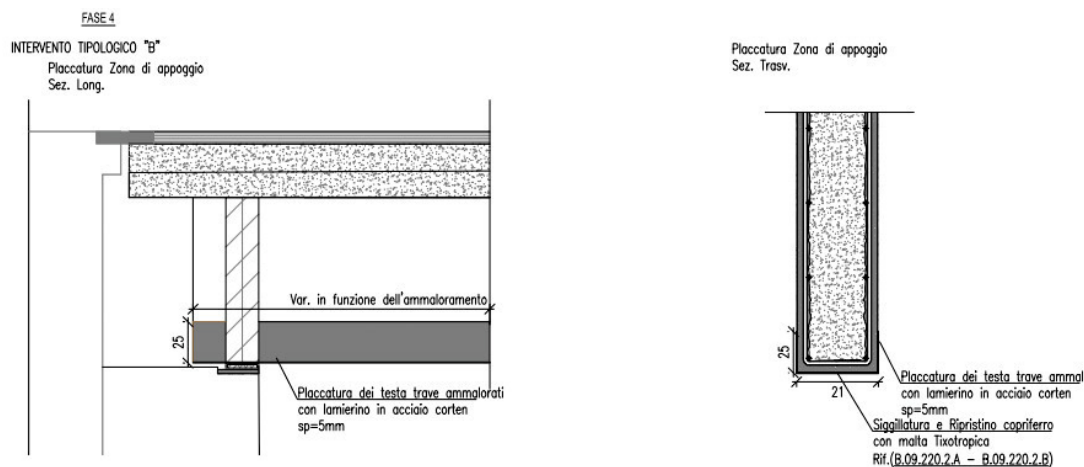
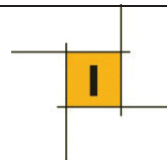
Ad integrazione dell' intervento riabilitativo per l'impalcato sarà realizzato il ripristino corticale dei calcestruzzi con un ciclo costituito dalle seguenti lavorazioni:

1. Bocciardatura meccanica o a mano dei cls ammalorati,
2. Pulizia accurata delle superfici demolite e delle barre di armatura
3. Ripristino copriferro con trattamento protettivo esterno di tutto l'impalcato
4. Nel caso degli intradossi ammalorati, placcatura con lamierino corten

TIPOLOGICO  
Trattamento cls ammalorato



**Figura 13: trattamento tipologico Lieve**



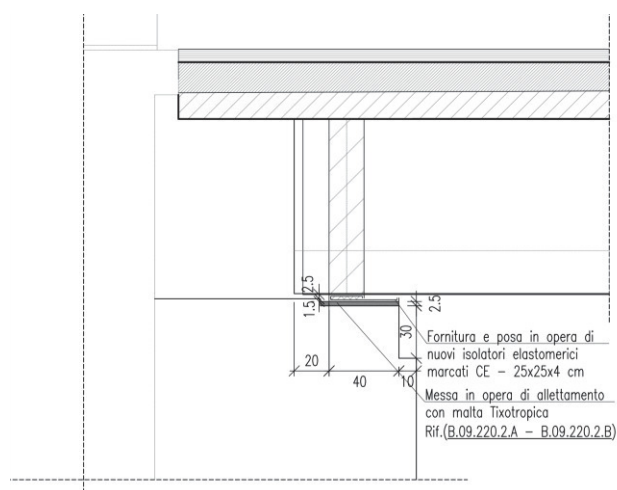
**Figura 14: trattamento intensivo - Intradosso appoggio**

### 3.2 RIABILITAZIONE ELEVAZIONE E APPARECCHI DI APPOGGIO

Al fine di modificare l'attuale schema di vincolo ed evitare la trasmissione di sollecitazioni orizzontali sulla testa delle spalle/pile fisse, sarà necessario inserire gli apparecchi di appoggio in gomma opportunamente dimensionati.

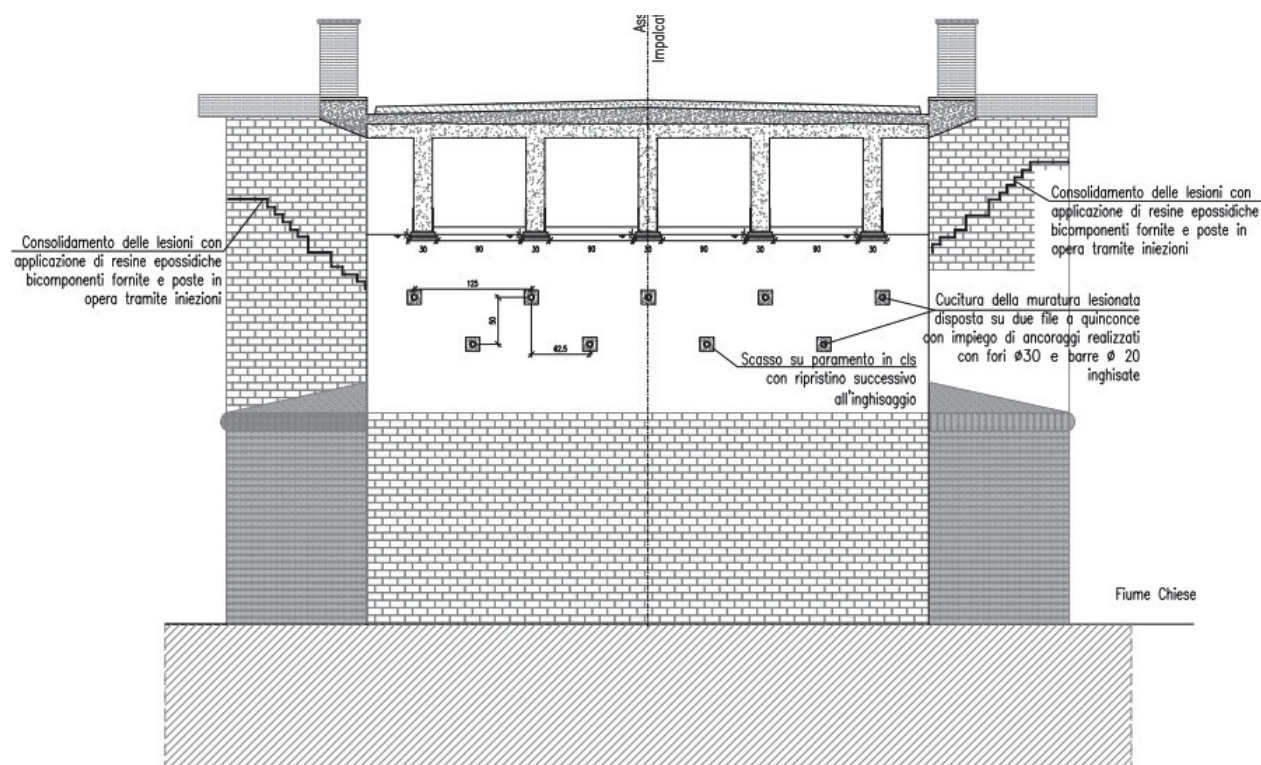
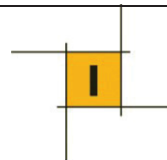
Essi saranno inseriti sulle murature andando a ricavare degli scassi all'interno dei quali sarà messo in opera uno strato di allettamento in cls ad alta resistenza di circa 2/3 cm sul quale a sua volta saranno collocati gli apparecchi di appoggio.

Si riporta a tal proposito il dettaglio rappresentativo di tale operazione.



**Figura 15: Dettaglio sostituzione degli apparecchi di appoggio**

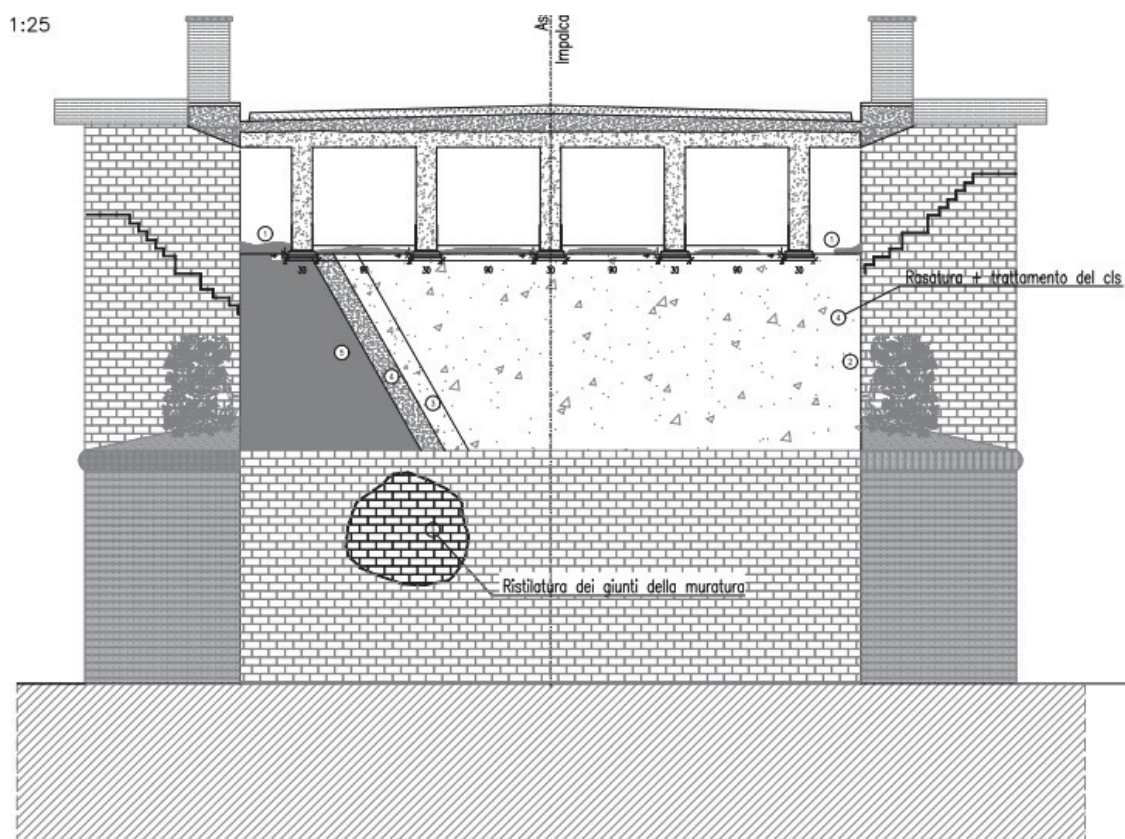
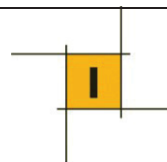
Per il ripristino delle fessure presenti sui muri andatori delle spalle si prevede la cucitura delle fessure tramite la realizzazione di fori  $\phi 30$  disposti a quinconce su due file armati con barre  $\phi 20$  inghisate oltre che tramite l'applicazione di resine bicomponenti messe in opera tramite iniezioni.



**Figura 16: lavorazioni riabilitazione spalle**

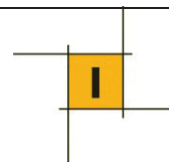
Sulle pareti delle pile, invece si prevede un trattamento tipologico rappresentato da un ciclo di lavorazioni costituito dalle seguenti fasi:

1. Rimozione materiale di accumulo,
2. Rimozione della vegetazione presente,
3. Pulizia delle pareti
4. Rasatura delle parti in cls con malta cementizia
5. Ristilatura dei giunti ove necessario.



**Figura 17: Ciclo di lavorazioni sulle pile**

Gli interventi di riabilitazione sulle elevazioni, trattandosi di elementi in muratura antica, sono stati ideati minimizzando il loro impatto sulla muratura esistente. Si è cercato quindi di restituire a tali elementi strutturali oltre che la loro capacità portante, la propria valenza storica.



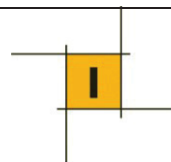
### **3.3 FASI COSTRUTTIVE**

Le lavorazioni previste saranno inquadrate principalmente in due macro fasi, demolizione e ricostruzioni e prevederanno, in via consequenziale i seguenti step:

- Rimozione dei new jersey;
- Rimozione delle barriere bordo ponte;
- Rimozione manto stradale;
- Leggera scarifica soletta ~ 3÷6 cm;
- Demolizione dei giunti longitudinali n°6 ;
- Sollevamento impalcato per sostituzione apparecchi di appoggio.

Mentre, quelle di ricostruzione e ripristino riguarderanno i seguenti aspetti:

- Sostituzione apparecchi di appoggio con modifica dello schema statico;
- Consolidamento delle spalle con chiodature suborizzontali;
- Disgaggio del copriferro ammalorato
- Passivazione e ripristino copriferro dove necessario;
- Realizzazione di chiodature su soletta scarificata
- Ripristino scarichi con aggiunta di nuovo sistema di smaltimento delle acque di piattaforma;
- Ricostituzione soletta con calcestruzzi additivati per miglioramento livello di impermeabilizzazione - per uno spessore di 10÷18 cm.
- Rifacimento del manto stradale a maggiore garanzia dell'impermeabilizzazione dell'estradosso della soletta.
- Installazione nuove barriere bordo ponte



#### **4 CONCLUSIONI**

In conclusione, l'intervento proposto risulta essere la soluzione più congeniale in termini di fattibilità tecnico-economica. La riduzione di peso dell'impalcato, l'aumento dello spessore della soletta strutturale e la riabilitazione delle parti ammalorate permettono la riapertura della transitabilità dei mezzi pesanti (44 tonnellate) in entrambi i sensi di marcia.

A valle delle analisi svolte in merito a tali interventi strutturali, si evidenziano fattori di sicurezza soddisfacenti nei confronti delle combinazioni di carico considerate.

In aggiunta, grazie all'inserimento degli isolatori sugli appoggi ad oggi fissi, si evidenzia un notevole miglioramento della risposta sismica. In direzione trasversale la capacità strutturale delle pile risulta essere soddisfacente nei confronti dell'azione sismica.

In direzione longitudinale invece, la presenza degli isolatori elastomerici ha portato un aumento di circa 20% della capacità strutturale in termini di forza. Altresì, la domanda in spostamento risulta essere coerente con la capacità deformativa degli isolatori. Tale direzione risultava essere quella più critica nei confronti dell'azione sismica.