

allegato n.

12.5.18

titolo abbreviato:

SP EX SS N 415 - LOTTO 3



PROVINCIA DI CREMONA  
SETTORE INFRASTRUTTURE STRADALI

S.P. ex S.S. n. 415 "PAULLESE"  
AMMODERNAMENTO TRATTO "CREMA-SPINO D'ADDA"

LOTTO N. 3 - "NUOVO PONTE SUL FIUME ADDA"  
LAVORI DI RADDOPPIO DEL PONTE SUL FIUME ADDA  
E DEI RELATIVI RACCORDI IN PROVINCIA DI CREMONA E LODI

0	prima emissione		APRILE 2016
emissione	descrizione	disegnato	data emissione
livello: <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		codice CUP: <b>G41B03000270002</b>	
elaborato: <b>O.A. N.2 - PONTE "ASBURGICO" RELAZIONE DESCRITTIVA PER LA SOPRINTENDENZA</b>		codice: <b>SS415-D-U-190</b>	
		allegato n.:	scala:
		<b>12.5.18</b>	
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL PROGETTISTA GENERALE	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	data <b>12.7 MAG. 2016</b>
(Arch. Massimo Masotti)	(Ing. Davide Pisana)	(Ing. Roberto Vanzini)	
Percorso file: U:\lavori\09\Projects\SS415\PONTE SPINO\Definitivo_CR\00_COPERTINE.dwg			

## **INDICE**

1. INTRODUZIONE .....	1
2. OBIETTIVI DEL PROGETTO .....	2
3. QUADRO CONOSCITIVO E STATO ATTUALE DEL PONTE .....	3
4. PROPOSTA DI INTERVENTO .....	8
5. ANALISI CRITICA DEGLI INTERVENTI .....	9
5.1 Adeguamento strutturale dell’arco in muratura .....	9
5.2 Rinforzo dei timpani laterali dell’arco .....	10
5.3 Consolidamento del piano di posa delle fondazioni fino a raggiungere strati del terreno tali da prevenirne lo scalzamento .....	10
5.4 Adeguamento del fondo alveo .....	11
6. CONCLUSIONI .....	12

---

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione ha l'obiettivo di individuare gli INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E MANUTENZIONE PER IL MANTENIMENTO E LA CONSERVAZIONE DEL PONTE STORICO DI BISNATE, vincolato ai sensi del D.Lgs. n. 42 del 2004, recependo la prescrizione del CIPE che richiedeva di individuare gli adeguamenti strutturali più consoni per la conservazione storico – architettonica del ponte storico di Bisnate.

Il quadro conoscitivo ed uno studio di fattibilità sono in possesso della Provincia di Cremona in conformità a quanto previsto dal primo atto aggiuntivo prot. S1.2014.0055869 del 22/10/2014 al protocollo di intesa sottoscritto il 15/11/2011.

## **2. OBIETTIVI DEL PROGETTO**

Il ponte storico è attualmente fuori esercizio in quanto non più in grado di assicurare l'esercizio in adeguate condizioni di sicurezza a causa dei ripetuti cedimenti del sistema fondale, che hanno comportato cedimenti anche nell'arco strutturale di circa 9 cm. Gli interventi via via susseguitisi negli anni hanno avuto la funzione di arrestare i cedimenti, ma non consentono di ripristinare l'operatività del ponte in condizioni di sicurezza.

Nell'ambito dei lavori di adeguamento della SP ex SS 415 "Paullese" – Ammodernamento tratto "Crema – Spino d'Adda" si prevede di recuperare la funzionalità del ponte storico con l'obiettivo di:

- permettere un transito ciclo-pedonale, in continuità ai percorsi ciclo-pedonali che si sviluppano in adiacenza alla sede stradale;
- consentirne l'utilizzo in condizioni di sicurezza ai mezzi deputati alla sua manutenzione ed eventualmente ad alcuni mezzi agricoli.

### 3. QUADRO CONOSCITIVO E STATO ATTUALE DEL PONTE

La costruzione del ponte di Bisnate, situato in località Bisnate nei Comuni di Spino d'Adda (CR) e Zelo Buon Persico (LO), risale ai primi del '900, ed attualmente è fuori esercizio a causa dei gravi rischi di crollo connessi ai fenomeni di erosione verificatisi al piede delle pile e prodotti dalla corrente del fiume che, in corrispondenza del ponte, passa con inclinazione di circa 23° rispetto all'asse longitudinale delle pile; tali pile, dunque, costituiscono un ingombro consistente al regolare deflusso della corrente, con conseguenti problemi idraulici.

L'opera presenta una struttura ad arco in muratura a cinque campate con tutte e quattro le pile in alveo. Le luci rilevate presentano lunghezza pari rispettivamente a 27,84–27,63–27,64–27,64–27,79 m per una lunghezza complessiva di 138,54 m. Le pile, realizzate in massi ciclopici, pietra e muratura di mattoni, presentano una sezione allungata ed arrotondata alle estremità, mentre le spalle hanno una sezione tipica, con blocco centrale e muri di risvolto. La fondazione di pile e spalle è di tipo diretto in c.a. .

La documentazione del progetto originale, reperita presso gli uffici della Provincia di Cremona, consiste in alcuni elaborati grafici e nella relazione di calcolo.

Il progetto originale prevede, oltre all'arco in muratura con spessore in chiave di 1,05 m ed all'imposta di 1,35 m, un rinfiaccio in calcestruzzo con spessore di 1,80 m all'imposta e nullo in chiave. I carichi di progetto consistono nei pesi propri (2.000 kg/mc per la muratura e 2.200 kg/cm<sup>2</sup> per il calcestruzzo) e nel sovraccarico accidentale di 800 kg/m<sup>2</sup>. I basamenti delle pile hanno forma esagonale ed è prevista una cintura di pali della lunghezza di 6 m. Tale cintura di pali, presumibilmente un'armatura di contenimento per la realizzazione degli scavi e per il successivo getto di conglomerato di riempimento (cemento), è prevista anche in corrispondenza delle spalle, il cui basamento segue il perimetro della struttura in elevazione con una sporgenza di 95 cm. Dalla planimetria si nota, anche, che le pile inizialmente non si trovavano in alveo, ma nell'area golenale del fiume Adda. Il ponte venne, pertanto, realizzato a fianco dell'alveo originario dell'Adda e solo successivamente, attraverso la realizzazione di un "canale d'invito", il naturale corso del fiume è stato deviato sotto il ponte, mantenendo fuori alveo solo le spalle del ponte.

In aggiunta, il ponte è stato oggetto di diversi interventi nel corso degli anni, volti al consolidamento del piano di fondazione delle pile mediante micropali e palancole con getto interno in calcestruzzo ed al ripristino della sezione in muratura fessuratasi in seguito al cedimento di una pila. Successivamente due pile hanno subito ulteriori interventi di consolidamento delle fondazioni a causa dei dissesti causati dalla corrente del fiume Adda.



Erosione dei micropali eseguiti nei decenni precedenti



Cerchiatura mediante palancolato



Ricucitura superficiale arco lesionato

Tutti questi interventi hanno avuto solamente una funzione "tamponare" e mai risolutiva delle problematiche del ponte tanto che sul finire degli anni '70 il ponte è stato interdetto a qualsiasi tipo di circolazione dall'A.N.A.S. (in quanto soggetto a pericolo di crollo) e sostituito da un nuovo ponte adiacente, costruito in c.a. ed attualmente impiegato per il collegamento "Crema – Milano" lungo la ex SS 415 "Paulese".

Sul ponte di Bisnate sono state eseguite molteplici indagini sia mediante carotaggi, che attraverso martinetti piatti che hanno consentito di "mappare" il manufatto e conoscerne le sollecitazioni a cui è sottoposto.

Le indagini, eseguite nel maggio 2008, sono state articolate secondo il programma di seguito indicato:

- n° 1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo, di lunghezza 13 m e diametro 100 mm, eseguito in direzione verticale a partire dalla quota dell'impalcato in corrispondenza della pila 4; il sondaggio ha raggiunto il piano d'imposta della fondazione della pila e ha attraversato i terreni immediatamente sottostanti la fondazioni;
- n° 4 sondaggi meccanici a carotaggio continuo di diametro 76 mm sulle strutture murarie in elevazione, compresa l'ispezione della parete del foro con sonda televisiva a colori;
- n° 6 prove con martinetto piatto singolo per la misura dello stato di sollecitazione delle murature;
- n° 3 prove con martinetti piatti paralleli per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità delle murature;
- analisi chimiche, fisiche e petrografiche eseguite su n° 3 campioni di malta e laterizio;
- n° 10 prove meccaniche di compressione su campioni di laterizio e malta.

Oltre a tali indagini, sul ponte si è provveduto – nella redazione del progetto definitivo – al calcolo dello scalzamento provocato dalla corrente per piene aventi tempo di ritorno di 200 e 500 anni.

Tali indagini e studi hanno evidenziato in estrema sintesi le seguenti considerazioni:

1. Il sondaggio a carotaggio continuo effettuato verticalmente sulla pila 3 ha evidenziato l'assenza del rinfiacco in calcestruzzo presente nel progetto originale e la presenza solamente di uno strato di

muratura in laterizio con scadenti caratteristiche di aggregazione posta a riempimento della pila. Riguardo all'arco ed alle pile è stata riscontrata la buona qualità della muratura, caratterizzata da omogeneità ed assenza di cavità.

2. Le prove con martinetti piatti hanno permesso di analizzare sia lo stato tensionale che le caratteristiche di deformabilità della muratura. La misura dello stato tensionale ha evidenziato una redistribuzione delle tensioni dovute al cedimento della pila 3, in corrispondenza della quale si registrano i valori più alti, fino a **2,25 e 2,70 MPa (valori "1" e "2")**. La misura di deformabilità ha permesso di individuare i valori del modulo di deformabilità e dilatanza della muratura, i quali risultano rispettivamente superiori a 7.000 MPa e 0,2 in corrispondenza delle pile 2 e 4 e registrano una diminuzione in corrispondenza della pila 3 (la pila che ha subito il cedimento), dove si registrano valori medi del modulo di deformabilità e di dilatanza pari rispettivamente a 5.800 MPa e 0,07.
3. Le prove di laboratorio comprendono sia analisi chimiche–fisiche–petrografiche che analisi meccaniche condotte su campioni che, per la loro posizione, risultano rappresentativi della struttura in esame. Le prime hanno permesso di classificare la malta come malta di cemento (diversamente dalla malta di calce idraulica prevista dal progetto) molto datata, ma in condizioni di conservazione generalmente discrete e con un buon margine di durabilità. Le seconde hanno riguardato prove di resistenza alla compressione condotte su provini cubici di malta, laterizio e malta confinata fra due strati di laterizio e sono stati registrati i seguenti valori medi di resistenza:
  - per i campioni di laterizio 19,8 MPa;
  - per i campioni di malta cementizia 13,5 MPa;
  - per i campioni di malta cementizia confinata fra due strati di laterizio 17,9 MPa.

Da tali valori medi di resistenza si è desunto un valore di progetto per la resistenza a compressione della muratura da confrontare con i valori registrati sperimentalmente. **Avendo a disposizione valori tensionali dovuti a carichi caratteristici si è ipotizzato di operare in termini di tensioni ammissibili.** Si prendono, perciò, a riferimento le indicazioni contenute nel D.M.LL.PP. del 20/11/1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" e si seguono due metodologie, che permettono di stimare la resistenza della muratura rispettivamente a partire dalla resistenza del provino composto da malta e laterizio e dalla resistenza dei singoli componenti della muratura.

Ipotizzando una distribuzione gaussiana simile a quella relativa ai campioni di calcestruzzo si può desumere un valore caratteristico della resistenza a compressione del provino composto da malta e laterizio pari a  $f_k = 0,7 \times R_{media} = 12,53$  MPa. La tensione ammissibile a compressione viene calcolata come:

$$\bar{\sigma}_m = f_k / 5 = 2,506 \text{ MPa} \quad (3)$$

La malta cementizia in questione può essere classificata come M2 e, adottando gli stessi criteri esposti precedentemente, si può assumere una resistenza caratteristica a compressione dell'elemento pari a 13,86 MPa. L'interpolazione lineare fra i valori relativi a  $f_{bk} = 15,0$  MPa e  $f_{bk} =$



10,0 MPa porta ad un valore caratteristico della resistenza a compressione della muratura pari a 6,38 MPa e, di conseguenza, ad un valore di compressione ammissibile di

$$\bar{\sigma}_m = f_k / 5 = 1,276 \text{ MPa} \quad (4)$$

Si osserva una discrepanza consistente fra i valori ottenuti con le due metodologie. A livello progettuale si ritiene più affidabile il valore desunto dalla resistenza dei singoli componenti in quanto, oltre al fatto che risulta più cautelativo, il campione composto da uno strato di malta confinato fra due strati di laterizio non rispecchia fedelmente la situazione della muratura in esercizio.

**Confrontando i valori tensionali registrati durante le prove con il valore ammissibile calcolato si nota che già solamente per i carichi dovuti al peso proprio ed al cedimento della pila la sicurezza del ponte non risulta verificata essendo il risultato di (4) minore dei valori "1" e "2" di cui sopra (cioè 2,25 e 2,70 MPa).**

Le pressioni sul terreno, pari a circa 5,67 kg/cmq sulle pile<sup>1</sup>, già solamente per i carichi dovuti al peso proprio ed al cedimento della pila, sono tali per cui **la sicurezza del ponte non risulta verificata essendo le stesse superiori a quanto consentito dal terreno in sito.**

I valori dello scalzamento per le pile in alveo dedotte dagli studi **idraulici condotti hanno entità tale da portare al collasso del sistema fondale e di conseguenza dell'intera opera** (scalzamento calcolato pari a 16,33 m) nello scenario peggiore **senza l'approfondimento delle fondazioni ed un'adeguata opera di presidio.**

---

<sup>1</sup> Calcolate come riportato a pag. 83 dell'elaborato n. 12.4.2 "Relazione di calcolo delle strutture" del progetto delle opere di consolidamento del ponte:

$$N = 36.216,88 \text{ KN}$$

$$A = \text{Area di impronta della fondazione} = 12,40 \times 5,15 = 63,86 \text{ mq}$$

$$\sigma = N / A = 36.216,88 / 63,86 = 567,13 \text{ KN/mq} = \mathbf{5,67 \text{ kg/cmq}}$$

#### 4. PROPOSTA DI INTERVENTO

Come riportato nel paragrafo precedente il ponte di Bisnate allo stato attuale è interdetto a qualunque utilizzo ed è a costante rischio di crollo; gli interventi sul sistema fondale realizzati negli anni hanno riguardato uno strato non sufficientemente profondo a prevenirne lo scalzamento per le piene aventi tempi di ritorno di 200 e 500 anni e sono da intendersi quali interventi "tampone" in attesa di un necessario consolidamento definitivo.

Gli interventi eseguiti negli anni passati sull'arco strutturale in muratura hanno di fatto riguardato la sola "ricucitura" superficiale delle lesioni dovute al cedimento differenziale delle pile (9 cm) "mettendo una pezza superficiale" non sufficiente a garantire la continuità strutturale dell'arco e, quindi, la sua sicurezza e – come per le fondazioni – tali interventi hanno avuto la sola funzione di "tampone" in attesa di un necessario consolidamento definitivo.

L'intento della Provincia di Cremona è, di conseguenza, quello di ridare la fruibilità del ponte all'utenza, consolidandolo al fine di garantirne, in particolare, l'utilizzo in sicurezza quale ponte ciclo-pedonale (carico di progetto pari a 500 Kg/mq comparabile con gli 800 Kg/mq previsti nel progetto originale dei primi del '900), procedendo nel contempo ad un restauro conservativo del manufatto.

Gli interventi per la messa a norma del ponte riguardano la risoluzione delle criticità riportate nel precedente paragrafo e nello specifico:

- adeguamento strutturale dell'arco;
- rinforzo dei timpani laterali dell'arco;
- consolidamento del piano di posa delle fondazioni fino a raggiungere strati del terreno tali da prevenirne lo scalzamento;
- adeguamento del fondo alveo per la prevenzione di erosioni.

## 5. ANALISI CRITICA DEGLI INTERVENTI

### 5.1 Adeguamento strutturale dell'arco in muratura

L'arco esistente non è attualmente in grado di garantire la sicurezza nemmeno nei confronti dei pesi propri e dei permanenti portati a causa delle iperstatiche dovute al cedimento differenziale del sistema fondale. Inoltre, l'arco non può essere sgravato dalle maggiori sollecitazioni a meno che non si azzeri il cedimento differenziale. Tali dati di fatto escludono a priori un rinforzo dell'arco esistente in quanto l'arco stesso non ha riserve di portanza da impiegarsi. Un recupero dei cedimenti differenziali nel sistema fondale è di per se non raggiungibile (servirebbe recuperare un cedimento di 9 cm rialzando le pile cedute di uno spostamento pari al cedimento subito).

Tali limiti hanno ristretto il campo a soluzioni, che sgravino l'arco esistente dal compito di reggere i pesi permanenti portati ed i carichi accidentali.

La soluzione proposta e studiata, quindi, prevede una "struttura" su cui gravino i carichi permanenti ed accidentali e di fatto sottrarli alle forze, che deve sostenere l'arco portante in muratura.

Si sono esaminati diversi tipi di intervento raggruppabili in 2 famiglie:

1. intervento strutturale realizzato all'intradosso dell'arco;
2. intervento strutturale realizzato all'estradosso dell'arco.

Si sono scartati tutti gli interventi realizzati all'intradosso dell'arco in quanto diminuiscono la sezione idraulica disponibile, che risulta già sottodimensionata allo stato attuale ed inoltre modificano la sagoma del ponte.

Ciò ha portato a considerare solamente gli interventi da realizzarsi all'estradosso dell'arco portante in muratura.

Tra questi interventi si sono considerate varie tecniche di rinforzo, ma i limiti più grandi riguardano la rigidità del sistema di rinforzo, la possibilità di sostenere ulteriori cedimenti differenziali e la risposta sismica del manufatto. Le esigenze di rigidità unitamente alle esigenze di duttilità hanno portato ad escludere rinforzi in acciaio, in FRP / CFRP (materiali rinforzati con fibre a matrice polimerica) od un ulteriore arco in muratura, che non garantisce minimamente il rispetto dei limiti normativi per le luci in oggetto ed hanno indirizzato la scelta su di un controarco in calcestruzzo da realizzarsi sopra l'arco esistente, che di fatto ripristina le previsioni del progetto originale dei primi del '900 il quale prevedeva un rinfianco da realizzarsi in calcestruzzo sopra l'arco strutturale in muratura. Come appurato in sede di indagine, il riempimento in calcestruzzo non è stato eseguito ed al suo posto è stato, invece, realizzato un riempimento mediante mattoni e malta di scarse caratteristiche meccaniche.

Tale scelta consente di:

- **NON** modificare la sagoma del manufatto e di celarne la presenza in quanto realizzato al posto di parte del riempimento;
- **NON** restringere la sezione idraulica disponibile;
- **NON** modificare la natura delle forze trasferite alle pile;
- garantisce la necessaria rigidità alla struttura;
- garantisce la necessaria duttilità in caso di cedimenti differenziali.

Il controarco in c.a. – una volta in opera – consente di sgravare l'arco strutturale in muratura da ogni sollecitazione al di fuori di quelle che l'arco in muratura subisce a causa del suo peso, garantendo al contempo il contrasto sulle reni necessario affinché l'arco in muratura non collassi.

## **5.2 Rinforzo dei timpani laterali dell'arco**

I timpani laterali dell'arco esistente necessitano di un rinforzo in quanto non sono in grado di garantire i minimi coefficienti di sicurezza richiesti / suggeriti dalle vigenti normative, in special riguardo rispetto al ribaltamento fuori dal piano. È previsto un mutuo collegamento tra i 2 timpani laterali mediante una catena costituita da barre filettate ancorate nella muratura mediante resine epossidiche.

Tale intervento è realizzato tra le pareti interne dei timpani e non modifica in alcun modo la struttura e la percezione del manufatto dall'esterno in quanto sono contenute nel riempimento.

## **5.3 Consolidamento del piano di posa delle fondazioni fino a raggiungere strati del terreno tali da prevenirne lo scalzamento**

L'attuale sistema fondale e gli interventi di presidio realizzati negli anni si sviluppano per gli strati più superficiali del terreno. Al fine di garantire la necessaria sicurezza il sistema fondale deve necessariamente interessare gli strati più profondi del terreno.

Progettualmente, quindi, si rende necessario l'utilizzo di fondazioni profonde quali:

- pali di medio/grande diametro;
- micropali;
- consolidamenti mediante Jet Grouting.

L'utilizzo di pali di fondazione di medio / grande diametro è stato escluso a priori in quanto la tecnologia per la loro realizzazione mal si sposa con le fondazioni attuali (impossibilità di realizzarli in corrispondenza della pila) e la loro realizzazione comporterebbe la trasmissione di forti vibrazioni al ponte esistente; inoltre, il sistema di collegamento tra pali e fondazioni esistenti è di difficilissima realizzazione e non garantirebbe la certezza della corretta trasmissione delle forze dall'elevazione fino al sistema fondale stante i limiti del sito e del manufatto.

L'utilizzo di micropali presenta i medesimi limiti dei pali per quanto riguarda il sistema di collegamento ed in misura minore per quanto riguarda la trasmissione di vibrazioni al manufatto in fase di realizzazione.

Il consolidamento mediante Jet Grouting supera i limiti delle tecnologie esposte in precedenza in quanto:

- il consolidamento può avvenire interessando lo strato di terreno al di sotto della fondazione esistente senza intaccare le fondazioni esistenti;
- sono assenti vibrazioni durante la realizzazione;
- è possibile inclinare le colonne consolidate in modo tale da interessare tutto il volume di terreno al di sotto della fondazione senza intaccare il sistema fondale esistente.

Tali peculiarità hanno indirizzato la scelta di tale tecnologia in luogo delle altre esposte.

La tecnologia consiste nella miscelazione ad alta pressione di boiaccia di cemento con il terreno naturale creando una fondazione a pozzo non armata, che consente di trasferire le sollecitazioni delle pile/spalle agli strati più profondi del terreno. Vista la natura delle forze da trasmettere (in prevalenza compressioni)

l'assenza di armatura nella fondazione a pozzo non ne pregiudica il corretto funzionamento.

Per quanto riguarda le strutture esistenti esse non vedranno in alcun modo modificata la loro sagoma e percezione in quanto l'accesso agli strati del terreno profondo avviene mediante sonde che verranno infilate nel terreno a varie angolazioni, fino a consolidare tutto l'ammasso sottostante la base delle pile/spalle occorrente alla messa in sicurezza del manufatto come richiesto dalle verifiche di scalzamento.

#### **5.4 Adeguamento del fondo alveo**

L'adeguamento del fondo alveo è la **condicio sine qua non** affinché il ponte mantenga la sua funzionalità nel tempo.

Le erosioni per il ponte ad arco sono particolarmente elevate a causa del "peccato originale" dovuto ad un errore progettuale, che ha visto il ponte realizzato non ortogonalmente al verso della corrente, ma inclinato di un angolo pari a circa 23°.

L'adeguamento del fondo è previsto nello studio idraulico e prevede l'asportazione dello strato corticale del fondo alveo esistente (alcune decine di cm) avente tessitura medio/fine e la sua sostituzione con massi lapidei aventi dimensioni e pesi tale da garantirne la stabilità anche in caso di forti piene.

Ciò consente la prevenzione di erosioni localizzate che potrebbero inficiare il buon funzionamento delle fondazioni, ancorché, approfondite.

## 6. CONCLUSIONI

La campagna di indagini ha confermato che il ponte di Bisnate, se non adeguatamente rinforzato, è a costante rischio di crollo. La fragilità del ponte è dovuta ad un errore progettuale che ha portato a realizzare il ponte con un'inclinazione di 23° rispetto al flusso della corrente e ciò lo ha reso molto vulnerabile alle erosioni al piede. A tale primo errore di progettazione si è sommato un secondo errore di progettazione che ha riguardato il sistema fondale non sufficientemente profondo e tale per cui le tensioni indotte sul terreno sono superiori a quelle permesse dal terreno in sito.

Gli interventi di consolidamento eseguiti negli anni precedenti non sono stati mai risolutivi, ma sono sempre state soluzioni che fino ad oggi hanno "tamponato" l'emergenza verificatesi.

La piena del 2002 ha comportato un cedimento differenziale delle pile, che ha provocato una frattura nell'arco strutturale ed ha generato "iperstatiche", che hanno portato le tensioni sulla muratura a valori superiori a quelli ammissibili. I palancolati e la ricucitura dell'arco intrapresi dopo i cedimenti e le lesioni hanno cristallizzato la situazione, ma non messo in sicurezza il manufatto.

Senza un'opera di consolidamento sia dell'arco che del sistema fondale il ponte è a costante rischio di crollo e si presenta di fatto come un'opera inutilizzabile e pericolosa sia per il fiume che per il ponte stradale adiacente realizzato a metà degli anni '80.

L'intento della Provincia di Cremona nell'ambito del progetto di ammodernamento della SP ex SS 415 "Paullese" è quello di consolidare definitivamente il ponte storico per destinarlo ad un uso ciclo-pedonale, unitamente ai mezzi necessari per svolgere le manutenzioni e ad alcuni mezzi agricoli.

Gli interventi sul sistema fondale sono previsti mediante consolidamento del terreno tramite Jet Grouting; la tecnologia consiste nella miscelazione ad alta pressione di boiaccia di cemento con il terreno naturale creando una fondazione a pozzo non armata, che consente di trasferire le sollecitazioni delle pile/spalle agli strati più profondi del terreno.

Anche i timpani laterali non sono in grado di assicurare i minimi coefficienti di sicurezza al ribaltamento fuori dal piano e verranno consolidati mediante la loro interconnessione interna mediante catene.

Tutti gli interventi di adeguamento funzionale e rinforzo strutturale sono studiati per non modificare in alcun modo la geometria e la percezione del manufatto. Viste le elevate tensioni a cui è soggetto l'arco allo stato attuale, la filosofia progettuale è stata quella di "esonere" l'arco in muratura da qualsiasi nuovo carico, assegnando questo alla nuova struttura dotata di una rigidità adeguata a non coinvolgere l'arco sotto stante nell'assorbimento delle sollecitazioni (nuovo controarco in c.a.). Nella fase di esercizio, quindi, l'arco in muratura sarà soggetto unicamente al peso proprio.

Il controarco in c.a. di fatto si sostituisce al riempimento mediante mattoni e malta di scadenti caratteristiche utilizzato originariamente in ragione del riempimento in calcestruzzo previsto nel progetto originale ripristinando quanto era originariamente previsto.