

**SERVIZIO TECNICO DI VERIFICA DELLO STATO DI
CONSERVAZIONE DEI PONTI SUL CANALE NAVIGABILE
CREMONA - PIZZIGHETTONE**

RELAZIONE FINALE E PROPOSTE DI INTERVENTO

ATTIVITA' TECNICHE ESEGUITE

Le attività tecniche, le verifiche sul campo e le prove previste nell'attività di caratterizzazione e modellazione dei ponti oggetto dell'incarico sono state le seguenti:

1) ELABORAZIONI GRAFICHE E VERIFICHE STRUTTURALI

- Interpretazione e acquisizione disegni
- Modellazione
- Analisi strutturale
- Schemi per prove di carico e relativi modelli ed analisi
- Taratura modello ed inserimento carichi da normativa
- Stesura relazione con certificazione dei risultati ed emissione di certificato di idoneità statica (per ognuno dei 3 ponti testati)
- Interpretazione e inserimento CAD disegni
- Disegni per relazione

2) RILIEVO SPEDITIVO STRUTTURE PER VALIDAZIONE DISEGNI E ACCERTAMENTO STATO MANUTENZIONE

3) PRELIEVI DI CAMPIONI ED ESECUZIONE PROVE DI LABORATORIO SU MATERIALI

4) PROPOSTE DI INTERVENTI DI MANUTENZIONE PER LE TRE OPERE PRINCIPALI

5) PROVA DI CARICO PER LE TRE OPERE PRINCIPALI

In fase operativa si sono fatte le seguenti considerazioni:

- le verifiche sul tipo di strutture sono state considerate per una tipologia in acciaio (le altre sono tutte ripetitive) e per una a scelta tra le due strutture in c.a.p. (a 5 o a 3 travi in dipendenza dalle necessità di governo del traffico).
- Tutte le strutture sono state valutate per il proprio stato di manutenzione, con proposta di interventi manutentivi.
- Sono state eseguite le prove di carico statiche su tre delle opere principali.
- Prelievi e prove di laboratorio sono stati calibrati per 3 opere e per ciascuno dei manufatti oggetto di indagine sui materiali, le prove sono consistite in:
 1. Numero 5 prelievi di campioni cilindrici di cls eseguito secondo UNI EN12054-1:2009;
 - prova di compressione secondo UNI 12.390-3:2009 su campioni prelevati, previa rettifica;
 - determinazione dello spessore di carbonatazione secondo UNI 9944:1992;
 2. Numero 2 micro carotaggi sull'impalcato per rilevare lo spessore della soletta;

3. Numero 5 rilievi delle armature in varie zone, per misurare la dimensione e verificare il tipo di acciaio con micro-durometro.

ESITI IDONEITA' STATICA

Ponte a struttura mista acciaio – calcestruzzo via Riglio

In considerazione del fatto che la prova di carico ha dato esito positivo, si autorizza il passaggio dei carichi di seguito indicati:

- un mezzo del peso a pieno carico pari a 580 kN presente singolarmente sul ponte;
- due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti nel medesimo senso di marcia, purchè non impegnino contemporaneamente il ponte e nessun mezzo viaggiante nella direzione opposta;
- due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti uno in una direzione di marcia, l'altro nella direzione opposta, che si incrociano in corrispondenza della mezzeria della campata centrale.

Nella sostanza non è necessaria nessuna limitazione al transito dei mezzi attualmente circolanti sino al peso totale pari a 58 ton, con l'avvertenza però di indicare una distanza minima di sicurezza fra i mezzi procedenti nel medesimo senso di marcia pari ad almeno alla lunghezza del ponte fissata in 80 m, in modo che essi non si trovino contemporaneamente sull'impalcato.

Per tutti i carichi eccedenti le 58 ton è necessaria apposita istruttoria con rilascio di autorizzazione da parte dell'Ente proprietario.

Ponti in cap

Dall'analisi delle strutture costituenti il ponte emerge una scarsa conoscenza delle sezioni di soletta, selle e travi principali, dovuta alla indisponibilità di disegni costruttivi dettagliati. Le verifiche svolte allo stato limite di esercizio nella combinazione rara delle sezioni di campata ed allo stato limite ultimo nella sezione di continuità non sono soddisfatte utilizzando i carichi indicati nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

Lo stato di conservazione delle selle delle travi di bordo desta qualche preoccupazione in quanto risulta ammalorato dagli agenti atmosferici e dalle acque di percolazione dalla piattaforma stradale.

Pur in presenza delle sopra elencate approssimazioni in sede di verifica e di problemi di efficienza di alcuni elementi dell'impalcato, In considerazione del fatto che la prova di carico ha dato esito positivo, si autorizza il passaggio dei carichi di seguito indicati:

- un mezzo del peso a pieno carico pari a 580 kN presente singolarmente sul ponte;
- due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti nel medesimo senso di marcia purchè non impegnino contemporaneamente il ponte e nessun mezzo viaggiante nella direzione opposta;
- due mezzi del peso pari a 580 kN viaggianti uno in una direzione di marcia, l'altro nella direzione opposta, che si incrociano in corrispondenza della mezzeria della campata centrale.

Nella sostanza non è necessaria nessuna limitazione al transito dei mezzi attualmente circolanti sino al peso totale pari a 58 ton, con l'avvertenza però di indicare una distanza minima di sicurezza fra i mezzi

precedenti nel medesimo senso di marcia pari ad almeno alla lunghezza del ponte fissata in 80 m, in modo che essi non si trovino contemporaneamente sull'impalcato.

Dal punto di vista statico, per tutti i carichi eccedenti le 58 ton è necessaria apposita istruttoria con rilascio di autorizzazione da parte dell'Ente proprietario.

PONTI STRUTTURA MISTA ACCIAIO CALCESTRUZZO



Figura 1 – Inquadramento territoriale

1. PONTE VIA RIGLIO

Comune di Cremona Via Riglio

Progressiva 1+269

Anno costruzione 1968

Lunghezza 48.50 - Larghezza carreggiata 7 m:

ponte in struttura mista acciaio e calcestruzzo

2. PONTE STRADA COMUNALE "ISOLA MEZZADRI"

Comune di Spinadesco Via Po

Progressiva 3+186

Anno costruzione 1968

Lunghezza 48.50 - Larghezza carreggiata 7 m:

ponte in struttura mista acciaio e calcestruzzo

3. PONTE STRADA VICINALE "PORTO"

Comune di Spinadesco Via Case Sparse

Progressiva 4+180

Anno costruzione 1969

Lunghezza 48.50 - Larghezza carreggiata 7 m:

ponte in struttura mista acciaio e calcestruzzo

IMPALCATO

Si premette che l'impalcato è stato riverificato in accordo alla relazione di calcolo originale redatta dalla Soc. Naz. Officine Savigliano di Torino a pagina 5, dove si afferma che la costruzione è avvenuta per fasi, con il posizionamento dell'impalcato su sostegni provvisori. Questa metodologia di approccio ha consentito di considerare i carichi di acciaio e soletta in seconda fase.

Utilizzando sia i carichi da normativa vigente, sia quelli dovuti alla presenza di mezzi viaggianti, si evince che l'opera presenta criticità diffuse nelle piattabande inferiori delle travi principali delle campate di approccio e della campata centrale. Inoltre si segnalano problematiche dovute all'esiguo spessore delle anime in corrispondenza della campata centrale nella zona compresa tra i due giunti strutturali bullonati.

Si ritiene necessario:

a) Incrementare la sezione dei conci di mezzeria delle campate centrale e di riva mediante applicazione di rinforzi metallici alle piattabande inferiori al fine di incrementarne la resistenza flessionale

b) Incrementare la sezione dei conci di mezzeria delle campate mediante applicazione di rinforzi metallici alle anime al fine di evitare l'insorgenza di fenomeni di imbozzamento su di esse.

SOLETTA

La soletta, verificata secondo le normative vigenti, presenta criticità in termini di resistenza flessionale delle armature trasversali nelle zone di:

- Campata tipica;
- Campate in zona di giunto;
- Continuità in corrispondenza delle travi centrali in zona di giunto.

Svolgendo le medesime verifiche ma considerando i carichi attualmente in esercizio e indicati dalla committenza si segnalano problematiche secondo la combinazione eccezionale in corrispondenza degli sbalzi delle zone di giunto. Si ritiene necessario incrementare lo spessore della soletta mediante idroscarifica e successiva applicazione di un rinforzo superiore in c.a.

STRUTTURE VERTICALI

Nel progetto originale le spalle erano state pensate per assorbire le azioni orizzontali longitudinali dovute a frenamento e reazioni parassite dei vincoli, dovute alla dilatazione o alla contrazione dell'impalcato per variazioni termiche. Nel corso di una variante si sono invece disposti sulle spalle appoggi mobili e su una pila appoggi fissi longitudinali.

Le pile al contempo erano state pensate per resistere ad azioni verticali e orizzontali trasversali ma non orizzontali longitudinali.

Per effetto della configurazione degli appoggi, una delle due pile assorbe interamente l'azione orizzontale sismica e l'azione orizzontale del frenamento.

Ecco il motivo per cui i fusti hanno indici di resistenza $IR \approx 0,3 \ll 1$ per combinazione sismica e combinazione SLU STR con frenamento dominante ed i pali sono soggetti a compressioni eccessive oppure a trazioni eccessive, sintomo di uno sbilanciamento dovuto proprio alle azioni orizzontali longitudinali. I pali sono verificati per capacità portante verticale ad eccezione della combinazione SLU con frenamento dominante. Trasversalmente la pila lavora a telaio e ha indici di resistenza molto prossimi all'unità.

Le spalle hanno problemi statici localizzati nel paraghiaia e nei muri andatori, il cui spessore risulta sottodimensionato. Il cordolo di fondazione tuttavia è verificato con buon margine ed i pali sono verificati per capacità portante verticale.

In generale tutti i pali vanno in crisi per portata orizzontale; tuttavia è necessaria una analisi più approfondita del terreno per poter condurre le verifiche in modo più preciso e ottenere risultati più attendibili.

Si ritiene necessario:

- a) Eseguire nuove indagini del terreno per determinare in modo accurato i parametri geotecnici e la categoria sismica del terreno.
- b) Modificare lo schema degli appoggi, disponendo ad esempio appoggi elastomerici o in neoprene armato sia sulle pile che sulle spalle in modo da distribuire le azioni orizzontali longitudinali, che nello stato attuale gravano interamente su una pila.
- c) Mettere a punto degli interventi locali di rinforzo degli elementi strutturali, laddove via siano carenze, ad esempio mediante incamiciature in cemento armato e inserimento di armatura aggiuntiva.

ISPEZIONI VISIVE EFFETTUATE

Durante l'esecuzione delle prove sui materiali sono state condotte, con l'ausilio di piattaforme di sollevamento, verifiche geometriche dimensionali a campione sugli elementi strutturali più significativi ed un'accurata ispezione visiva sullo stato di buona conservazione ed efficienza degli stessi e di opere complementari.

Le verifiche dimensionali confermano i contenuti dei disegni di progetto e di officina con ottima approssimazione.

Circa lo stato di conservazione delle strutture, si possono segnalare:

- problemi di efficienza del calcestruzzo corticale localizzati sulle pile e sotto gli sbalzi in cls della soletta d'impalcato;
- fenomeni puntuali di corrosione anche spinti su elementi di carpenteria metallica;
- completa distruzione degli appoggi in neoprene delle spalle;
- inefficienza del sistema di collettamento e raccolta acque piovane, giunti e pluviali con relativi imbocchi;
- stato di grave ammaloramento della pavimentazione bituminosa.

Per maggiori dettagli si rimanda alla documentazione fotografica allegata.

CONCLUSIONI

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE

Preliminarmente alla elaborazione di un progetto di adeguamento sarà necessario procedere con prospezioni geognostiche mirate ed un'analisi dinamica dei modi di vibrare dell'impalcato.

Come risulta evidente dai paragrafi sopra riportati, è necessario procedere con un progetto di adeguamento strutturale complessivo dei ponti a struttura mista, almeno per quello sito nel comune di Cremona via Riglio impegnato giornalmente da un significativo numero di mezzi pesanti di peso eccedente i mezzi ordinari.

Si tratta di rinforzare la soletta con un getto integrativo di calcestruzzi ad alte prestazioni previa rimozione della pavimentazione, della impermeabilizzazione e preparazione dell'estradosso della soletta stessa. Con l'occasione vanno rifatti completamente i giunti di dilatazione.

Per le strutture verticali deve essere ricostituito lo schema degli appoggi e quindi dei vincoli ed eventualmente intervenire puntualmente su pile e spalle.

Altro intervento primario è quello del rinforzo strutturale mediante ispessimento e/o irrigidimento delle piattabande ed anime delle travi metalliche nelle sezioni non verificate con il calcolo numerico.

INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA/STRAORDINARIA

Contestualmente a queste lavorazioni vi è la necessità di intervenire in modo molto diffuso sul ripristino dei copriferrì in cls su pile ed impalcato, recuperare alcuni fenomeni di degrado delle strutture in acciaio, sistemare il sistema di raccolta e smaltimento acque di piattaforma e la struttura dei marciapiedi.

Resta da considerare la possibilità/necessità di installare barriere metalliche di sicurezza al posto degli attuali parapetti, operazione che coinvolgerebbe la struttura del cordolo laterale che avrebbe sicure ricadute sugli sbalzi di soletta.

Tutti questi interventi sopra elencati possono essere contestualizzati in un unico progetto con discrete economie di scala.

PONTI IN C.A.P.

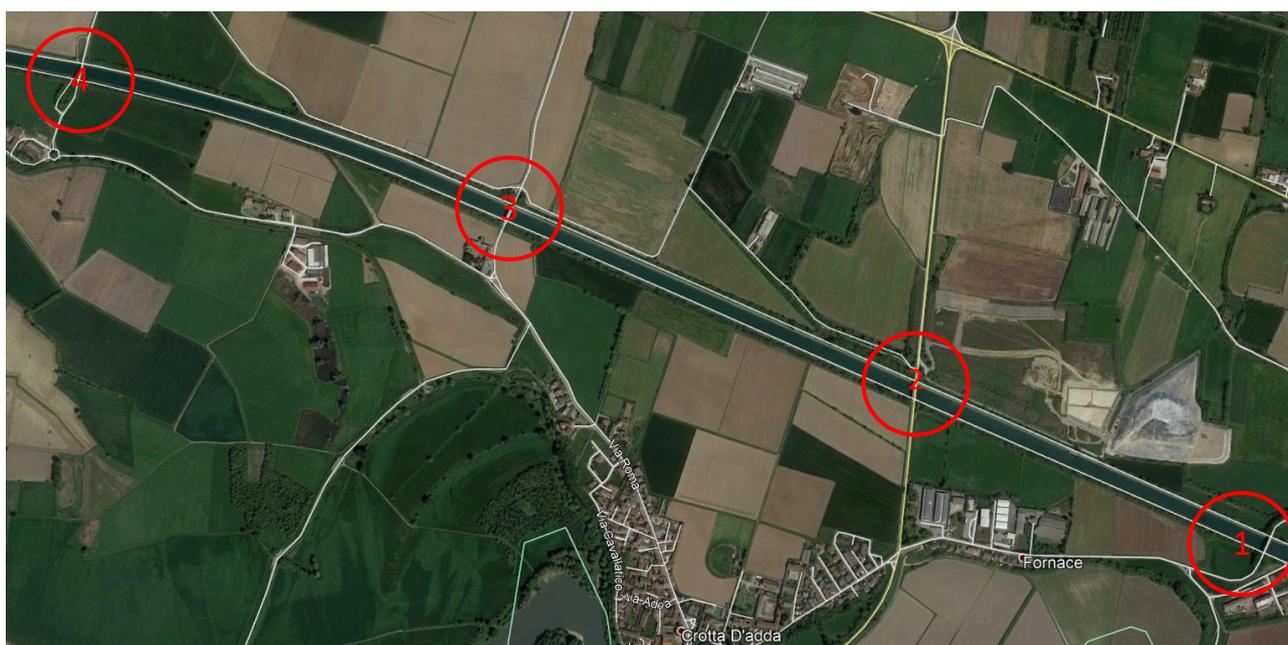


Figura 2 – Inquadramento territoriale

1. PONTE STRADA COMUNALE CROTTA D'ADDA-ACQUANEGRA CREMONESE

Comune di Crotta d'Adda Via Acquaneгра

Progressiva 7+980

Anno costruzione 1980

Lunghezza 74.20 - Larghezza carreggiata 6 m:

ponte con impalcato in travi prefabbricate precomprese-soletta in c.a.

2. PONTE STRADA PROVINCIALE S.P. N.47

Comune di Crotta d'Adda

Progressiva 9+040

Anno costruzione 1980

Lunghezza 81.00 - Larghezza carreggiata 7 m:

ponte con impalcato in travi prefabbricate precomprese-soletta in c.a.

3. PONTE STRADA "VICINALE DELLA SCESA"

Comune di Crotta d'Adda Via Roma

Progressiva 10+265

Anno costruzione 1980

Lunghezza 74.20 - Larghezza carreggiata 6 m:

ponte con impalcato in travi prefabbricate precomprese-soletta in c.a.

4. PONTE STRADA "VICINALE DELLA TENCARA"

Comune di Pizzighettone

Progressiva 11+550

Anno costruzione 1980

Lunghezza 74.20 - Larghezza carreggiata 6 m:

ponte con impalcato in travi prefabbricate precomprese-soletta in c.a.

Dalle verifiche svolte emerge che, nell'ipotesi di voler utilizzare un livello di conoscenza pari a LC2, coefficientando le resistenze dei materiali con il fattore 1,20, le verifiche allo stato limite ultimo delle sezioni di campata e di continuità non sono soddisfatte con i carichi indotti dalle nuove norme Tecniche per le Costruzioni.

Tuttavia le sollecitazioni indotte dai carichi utilizzati nella prova di carico, svolta il giorno 21 dicembre 2018, risultano essere superiori rispetto a quelle che si otterrebbero secondo le varie disposizioni sull'impalcato dei mezzi in esercizio aventi massa pari a 58 ton.

ISPEZIONI VISIVE EFFETTUATE

Durante l'esecuzione delle prove sui materiali sono state condotte, con l'ausilio di piattaforme di sollevamento, verifiche geometriche dimensionali a campione sugli elementi strutturali più significativi ed un'accurata ispezione visiva sullo stato di buona conservazione ed efficienza degli stessi e di opere complementari.

Le verifiche dimensionali confermano i contenuti dei disegni di progetto con ottima approssimazione.

Circa lo stato di conservazione delle strutture, si possono segnalare:

- problemi di efficienza del calcestruzzo corticale localizzati sulle pile e sotto gli sbalzi in cls della soletta d'impalcato;
- fenomeni molto rilevanti di degrado in corrispondenza delle selle di appoggio delle travi della campata centrale sicuramente indotti da una inefficiente sistema di smaltimento acque di piattaforma;
- problemi diffusi di integrità del copriferro in cls su cordoli, selle, spalle e dagli elementi minori;
- inefficienza del sistema di collettamento e raccolta acque piovane, giunti e pluviali con relativi imbocchi;
- stato di grave ammaloramento della pavimentazione bituminosa.

CONCLUSIONI

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRUTTURALE

La scarsa conoscenza complessiva delle strutture dei ponti in c.a.p., dovuta alla mancanza di documentazione tecnica di progetto e di esecuzione, richiede un supplemento di indagini sulle solette e sulle strutture verticali, nonché sulle selle di appoggio delle travi centrali.

Preliminarmente alla elaborazione di un progetto di adeguamento sarà necessario procedere con prospezioni geognostiche mirate, un'eventuale analisi dinamica dei modi di vibrare dell'impalcato e soprattutto un'indagine mirata sulle armature presenti in corrispondenza delle selle di appoggio, vera incognita strutturale di questi impalcati.

Solamente dopo queste attività sarà possibile ipotizzare eventuali interventi di adeguamento strutturale, anche se in via preliminare potrebbero essere ipotizzate le seguenti lavorazioni:

- rinforzo della soletta con un getto integrativo di calcestruzzo ad alte prestazioni previa rimozione della pavimentazione, della impermeabilizzazione e preparazione dell'estradosso della soletta stessa. Con l'occasione vanno rifatti completamente i giunti di dilatazione.
- Riparazione / rinforzo delle selle di appoggio delle travi centrali.

INTERVENTI DI MANUTENZIONE ORDINARIA/STRAORDINARIA

Certamente vi è la necessità di intervenire in modo diffuso sul ripristino dei copriferri in cls su spalle ed impalcato, sistemare il sistema di raccolta e smaltimento acque di piattaforma, rifacimento dei giunti e della pavimentazione bituminosa, verificando al contempo l'efficacia dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.

Resta da considerare la possibilità/necessità di installare barriere metalliche di sicurezza al posto degli attuali parapetti, operazione che coinvolgerebbe la struttura del cordolo laterale che avrebbe potenziali ricadute sugli sbalzi di soletta.