

EXT226	0	3	B-05-10-10	0
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 BALAUSTRATA DEL PONTE URBANO SUL CANALE MORBASCO, SITO NEL COMUNE DI CREMONA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

RELAZIONE TECNICA STRUTTURALE

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

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	2
1.1.	Oggetto.....	2
1.2.	Normativa di riferimento	3
1.3.	Documentazione di riferimento	3
2.	DESCRIZIONE DEL PONTE.....	4
2.1.	Descrizione complessiva del ponte.....	4
3.	DESCRIZIONE DELLE PARTI A SBALZO OGGETTO DI STUDIO	5
3.1.	Geometria delle parti a sbalzo	5
3.2.	Stato di conservazione delle strutture a sbalzo	7
3.3.	Presenza di reti sotto agli sbalzi	10
4.	PROGETTO.....	10
4.1.	Calcoli preliminari	10
4.2.	Interventi strutturali in progetto	11
4.3.	Dettaglio dei calcoli effettuati	14
4.3.1	Mensole	14
4.3.2	Trave laterale	18
4.3.3	Soletta e sbalzo	20
4.3.4	Balaustra, pilastrini e cordoli.....	24
5.	CONCLUSIONI	25

1. INTRODUZIONE

1.1. Oggetto

La società Centro Padane Engineering s.r.l. è stata incaricata dal comune di Cremona di redigere il progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE), il progetto esecutivo e il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione (CSP) nell'ambito delle "Opere finalizzate alla manutenzione straordinaria delle strutture dell'impalcato e della balaustra del ponte urbano sul canale Morbasco, sito nel comune di Cremona" come da determina n. 1179 del 27/06/2025.

Oggetto della presente relazione è l'approfondimento dal punto di vista strutturale in merito allo stato di fatto e di progetto delle porzioni strutturali in oggetto al ponte principale sul canale Morbasco su lato sud per la fase progettuale di PFTE.

Il ponte, la cui datazione e storia è meglio descritta nella "Relazione storico-artistica-architettonica" allegata al presente PFTE, presenta una parte centrale principale ad arco in muratura sopra la quale transitano due corsie ciclabili e i flussi veicolari con 2 corsie, una per senso di marcia.

Sui lati longitudinali del ponte in muratura sono presenti due ampliamenti a sbalzo in c.a. costruiti attorno all'anno 1956.

Come da analisi storica già citata, le balaustre inizialmente presenti lungo il ponte in muratura, furono spostate con l'ampliamento nella posizione attualmente visibile.

Per comprendere al meglio le geometrie dell'opera allo stato di fatto, è stato eseguito un rilievo approfondito, sia dal punto di vista strutturale che dal punto di vista delle finiture, soprattutto per quanto riguarda i fregi presenti.



Figura 1 - Stato di fatto

Un forte evento atmosferico, il 4 luglio 2022, portò alla caduta di un albero presente sulla sponda sud-ovest del ponte che causò il profondo danneggiamento della balaustra lato sud e di porzione dello sbalzo esistente in c.a.. Da allora, la zona prospiciente la balaustra sud è stata transennata per evitare pericoli ai pedoni in transito sulla corsia di loro competenza.

Tra la fine del 2023 e l'inizio del 2024, il Comune di Cremona ha disposto, attraverso il progetto di “Attività di verifiche ispettive, indagini, rilievo, studio della vulnerabilità sismica e redazione del certificato di collaudo”, la valutazione di sicurezza del ponte sul Canale Morbasco da parte dell'Ing. Stefano Rossi. Tale valutazione si è concentrata principalmente sul ponte in muratura essendo questa la porzione su cui è presente il passaggio veicolare. Gli esiti della valutazione hanno messo in risalto lacune strutturali del ponte che non permettono di verificare, né staticamente né sismicamente, tutti i dettami delle NTC 2018. Il ponte è risultato però classificabile come “Transitabile” con prescrizioni in merito alle limitazioni di carico dei mezzi transitanti: divieto di accesso ai mezzi di massa superiore alle 44 t.

Durante lo stesso progetto, a dicembre 2023, il ponte sul Canale Morbasco è stato collaudato dall'Ing. Stefano Rossi attraverso una prova di carico con la presenza contemporanea di due mezzi pesanti. Il risultato di tale prova di carico è risultato positivo ed il ponte è stato dichiarato staticamente idoneo al transito di tutti i mezzi previsti dal Codice della Strada ad eccezione dei trasporti eccezionali da autorizzare di volta in volta.

Nella valutazione di sicurezza e nelle schede di ispezione e difettosità, le porzioni a sbalzo in c.a. e le balaustre sono state verificate e attenzionate ma non sono state collaudate in quanto zone non carrabili.

Con la presente relazione facente parte del PFTE si è voluto caratterizzare ed indagare le strutture relativamente alle porzioni a sbalzo in c.a. e alle balaustre, focalizzando l'attenzione al lato sud del ponte, in quanto colpito e profondamente danneggiato dalla caduta di un albero nel luglio 2022.

1.2. Normativa di riferimento

La normativa di riferimento è la seguente:

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.7 del 21/01/2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2008.

1.3. Documentazione di riferimento

Per il manufatto oggetto di analisi la documentazione tecnica di riferimento è stata:

- Documentazione relativa al Ponte di Viale Po sul Canale Morbasco in merito alle “Attività di verifiche ispettive, indagini, rilievo, studio della vulnerabilità sismica e redazione del certificato di collaudo”, a firma dell'Ing. Stefano Rossi e su richiesta del Comune di Cremona.
- Documentazione storica per la quale si rimanda alla “Relazione Storico-Artistica-Architettonica” allegata unitamente alla presente relazione.

2. DESCRIZIONE DEL PONTE

2.1. Descrizione complessiva del ponte

Il ponte sul Canale Morbasco è formato da una struttura in muratura ad arco con luce tra le spalle di circa 8.44 m, altezza dell'arco di circa 4.2 m, larghezza dell'impalcato in muratura di 20.8 m.

Gli ampliamenti del ponte, eseguiti in c.a. a metà dello scorso secolo, risultano formati da due mensole rastremate, a T rovescia, su ognuno dei due prospetti principali, sud e nord. In testa a tali mensole è presente una trave di bordo laterale in c.a. ribassata rispetto alla soletta, sia in lato sud che in lato nord. I campi centrali dei due ampliamenti sono formati da solette in c.a. in appoggio su vari elementi tra i quali: il ponte in muratura esistente, le travi di bordo laterale sud e nord, le mensole e le spalle laterali presenti prima e dopo il ponte in muratura. Esternamente, oltre le travi di bordo laterale, sia sul prospetto sud che nord, è presente uno sbalzo di soletta in c.a. sopra al quale è posizionata la balaustra con fregi.

Con tali ampliamenti la luce complessiva dell'impalcato risulta di circa 18.9 m lato sud e 13 m lato nord; la larghezza totale dell'impalcato è di circa 29 m.

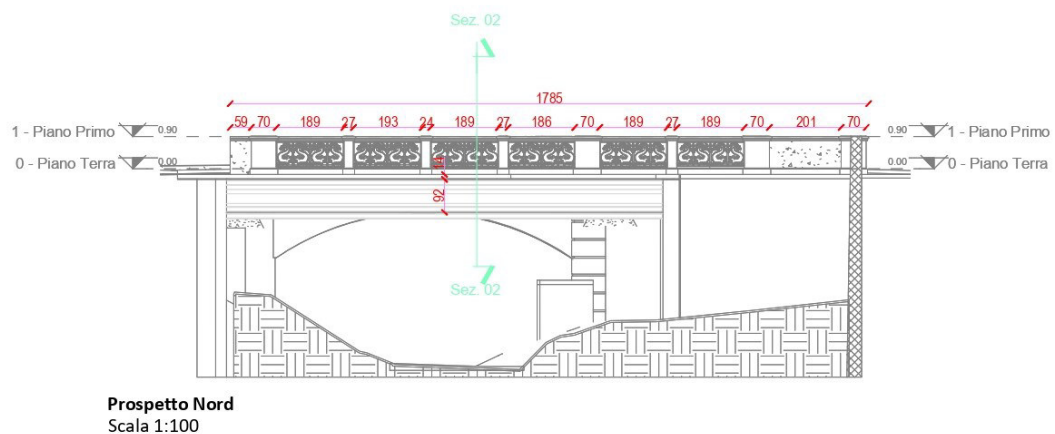
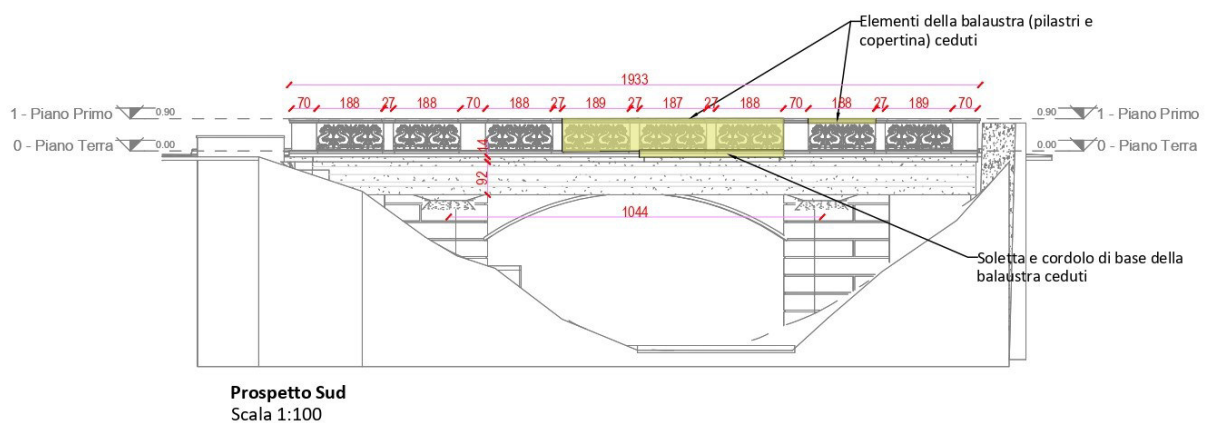


Figura 2 – Prospetto sud e nord- Stato di fatto

3. DESCRIZIONE DELLE PARTI A SBALZO OGGETTO DI STUDIO

Sulle porzioni in c.a. in ampliamento al ponte in muratura non è stato purtroppo possibile reperire documentazione tecnica progettuale che ne potesse descrivere le caratteristiche geometriche e dei materiali, né tanto meno l'armatura ed i calcoli eseguiti all'epoca della costruzione.

Per questo motivo è stato necessario approfondire la conoscenza della struttura attraverso una campagna di indagini volta a definire gli aspetti principali in merito alle geometrie delle parti strutturali, alla tipologia dei materiali, all'armatura e allo stato di conservazione.

Per questo motivo è stata richiesta al Laboratorio Tecnologico Lombardo s.r.l. l'esecuzione di un'indagine diagnostica finalizzata al rilievo dei particolari costruttivi e delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti il manufatto. Tale indagine è allegata unitamente alla presente relazione con il titolo “EXT226-0-3_B-05-10-00_0 Relazione indagini strutturali”.

3.1. Geometria delle parti a sbalzo

Lo sbalzo in lato sud è caratterizzato da due mensole ribassate con profilo a T rovescia, con altezza a filo sbalzo di 135 cm e rastremate fino ad altezza 108 cm. Anche l'ala inferiore della sezione a T rovescia è rastremata con larghezza a filo sbalzo di 150 cm a ridursi fino a 100 cm.

Queste mensole furono costruite prolungando la struttura portante all'interno delle spalle del ponte in muratura in modo da creare una struttura a contrappeso che permettesse uno sbalzo esterno di circa 3 m. In testa a tali mensole è presente una trave di bordo laterale con lunghezza pari alla luce totale del ponte, circa 18.9 m. La trave laterale in c.a. si presenta come una trave su quattro appoggi, le spalle laterali d'estremità e le due mensole a dividerne la luce in 3 porzioni: 4 m, 10.4 m e 4 m. L'altezza della trave ribassata è di 106 cm circa in corrispondenza delle mensole (dove è ulteriormente ribassata) e 92 cm altrove.

La soletta in c.a. che completa l'impalcato presenta uno spessore di 14 cm e una porzione a sbalzo di 12 cm con lunghezza pari a circa 1 m.

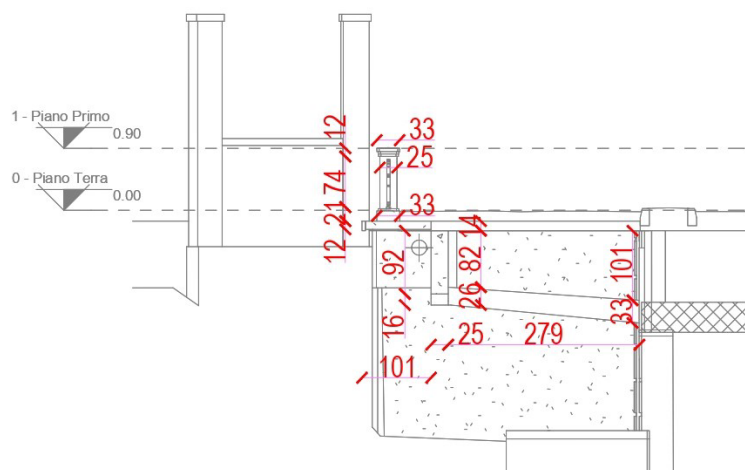


Figura 3 – Sezione mensola sud-ovest - Stato di fatto



Figura 4 – Viste mensola sud - Stato di fatto

Lo sbalzo in lato nord, non oggetto del presente PFTE, è caratterizzato da uno schema molto simile a quello a sud. Le due mensole rastremate e con profilo a T rovescia, presentano un'altezza a filo sbalzo di 123 cm e rastremate fino ad altezza 91 cm. Anche l'ala inferiore della sezione a T rovescia è rastremata con larghezza a filo sbalzo di 150 cm a ridursi fino a 100 cm. In testa alle due mensole è presente una trave di bordo laterale con lunghezza pari alla luce totale del ponte lato nord, circa 13 m. La trave laterale in c.a. si presenta come una trave su quattro appoggi, le spalle laterali d'estremità e le due mensole a dividerne la luce in 3 porzioni: 1.8 m, 10.4 m e 0.8 m. L'altezza della trave ribassata è di 91 cm sotto soletta per la sua intera lunghezza.

La soletta in c.a. che completa l'impalcato nella porzione nord presenta uno spessore di 14 cm e una porzione a sbalzo di 12 cm con lunghezza di 12.2 m.

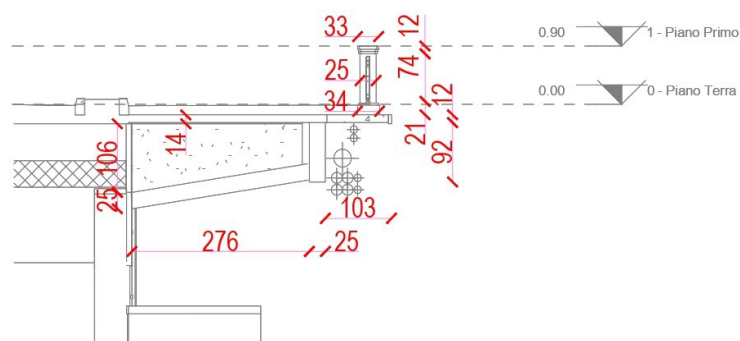


Figura 5 – Sezione mensola nord-ovest (non oggetto del presente progetto) - Stato di fatto

3.2. Stato di conservazione delle strutture a sbalzo

Lo stato di conservazione dei manufatti in c.a. a sbalzo e delle balaustre è stato valutato con attenzione in quanto presenta delle criticità visive che hanno portato ad attenzionare l'opera. L'ispezione eseguita dall'Ing. Rossi e le “Schede di difettosità” da lui redatte nel marzo 2024 rappresentano in maniera chiara l'intensità e l'estensione dei difetti, sia del ponte in muratura che delle parti a sbalzo.

L'indagine da parte del Laboratorio Tecnologico Lombardo s.r.l. sulle caratteristiche dei materiali ha confermato le serie condizioni delle strutture in oggetto ed ha meglio rappresentato l'armatura effettivamente presente nelle strutture.

La situazione peggiore è quella in cui versa la porzione di sbalzo verso sud e per questo motivo è stata valutata nel presente PFTE. Tale porzione, oltre che aver subito la caduta di un albero nel luglio 2022 con conseguente abbattimento di parte della balaustra e di collasso di una porzione di soletta a sbalzo, risulta essere anche maggiormente compromessa a causa del suo orientamento verso sud che favorisce fenomeni di gelo-disgelo e cicli bagnato-asciutto. All'intradosso delle solette sono presenti vaste aree con macchie di umidità attiva e passiva e gocciolamento attraverso alcune sezioni. Tracce di scolo sono presenti lungo lo sbalzo e soprattutto in corrispondenza della porzione di sbalzo collassato dall'urto.

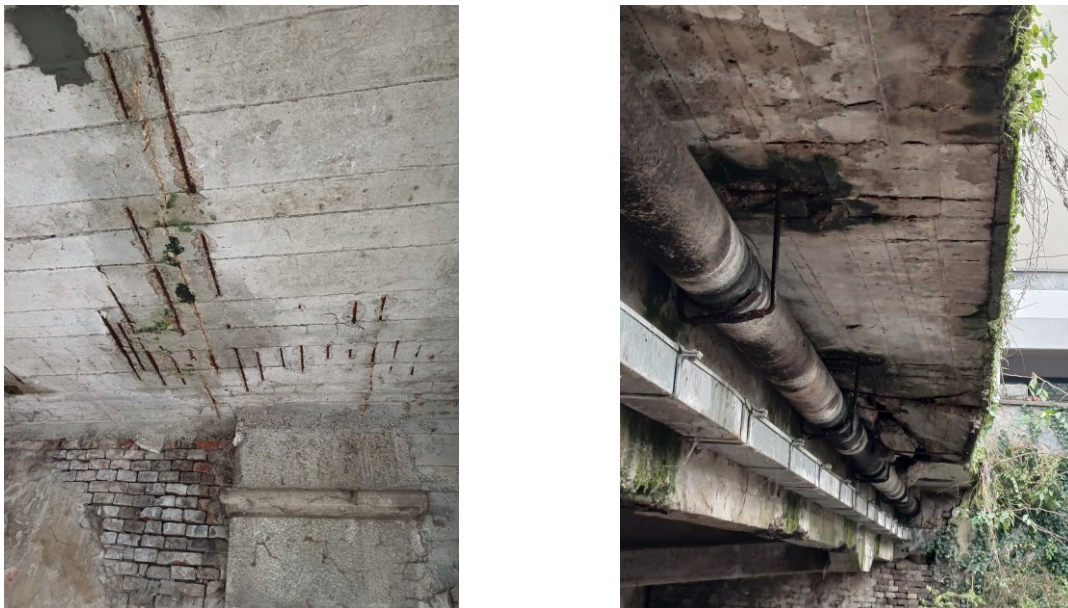


Figura 6 – Stati di degrado sbalzo sud - Stato di fatto

Le mensole, soprattutto quella posizionata a sud-ovest, mostrano aree estese con perdita del copriferro e ferri liberi e in forte stato di ossidazione, oltre che uno spessore di carbonatazione importante rilevato dalle indagini di LTL s.r.l.. Fortunatamente l'armatura principale (al negativo) dell'elemento strutturale è risultata integra durante un saggio estradossale di cui sono riportate le immagini nella Relazione sulle indagini.



Figura 7 – Saggio estradossale mensola e stati di degrado mensola e trave sud - Stato di fatto

La trave di bordo laterale, proprio in corrispondenza di evidenti segni di umidità e di tracce di scolo, presenta vaste aree intradossali di copriferro espulso e corrosione dei ferri d'armatura presenti. I ferri, di importante diametro e con interferro originario già molto ridotto, presentano fenomeni di sfogliamento e di perdita di sezione resistente.

La balaustra esistente a sud, descritta specificatamente nella Relazione sull'analisi storica allegata insieme alla presente, risulta del tutto compromessa dall'evento capitato nel luglio 2022, soprattutto nella sua porzione centrale. Due pilastri in c.a. della balaustra sono stati completamente demoliti dall'evento ed altri 3, tra pilastri e setti, hanno subito gravi danni. I restanti pilastri e setti risultano degradati dal tempo e dagli agenti atmosferici, con porzioni di copriferro espulse e ferri corrosi soprattutto nelle zone inferiori. La trave copertina superiore in c.a. è stata completamente distrutta e divelta dall'evento come anche una porzione di cordolo di base della balaustra. I fregi interni, come meglio specificato nella Relazione Storico-Artistica-Architettonica, sono stati gravemente danneggiati, divelti a causa dell'urto insieme alle cornici perimetrali che li delimitavano.



Figura 8 – Trave di bordo e balaustra sud - Stato di fatto

Anche se non oggetto del presente progetto, si riporta un quadro generale delle condizioni del lato nord del ponte. Lo sbalzo a nord presenta uno stato di conservazione sicuramente migliore rispetto a quello a sud. Si evidenziano zone intradossali delle solette con macchie di umidità, tracce di scolo e zone con copriferro espulso ma con intensità ed estensione nettamente minore a quanto presente sul lato sud.

Anche le mensole e la trave di bordo risultano in condizioni migliori di conservazione, mostrando segni di degrado meno marcati, con zone ridotte caratterizzate da espulsione di copriferro e corrosione dei ferri d'armatura.

La balaustra esistente lato nord, non avendo subito alcun evento o urto calamitoso, si presenta integra nella forma ma con alcune zone di pilastri e setti con degrado corticale, copriferro espulso e ferri esposti; anche la trave copertina superiore in c.a. risulta fessurata e degradata in alcune sue porzioni. I fregi esistenti e le loro cornici perimetrali risultano integri anche se mostrano evidenti segni del tempo.



Figura 9 – Sbalzo nord (non oggetto di intervento nel presente progetto) - Stato di fatto

Sotto ad entrambe le porzioni di soletta, a sud e a nord, si è notata la presenza di fori esistenti di scolo attualmente non utilizzati ma che presentano macchie di umidità estese attorno ad essi. Sempre per entrambi gli sbalzi, la

presenza di staffe di fissaggio delle tubazioni delle reti passanti all'intradosso dell'impalcato, mostrano segni di infiltrazioni e stati di degrado puntuali attorno agli ancoraggi.

3.3. Presenza di reti sotto agli sbalzi

Come anticipato, al di sotto del ponte, lungo le parti a sbalzo, sono presenti molte tubazioni che risultano contenere importanti reti in uso. Sul lato Sud, quello interessato dal presente progetto, al di sotto dello sbalzo sono presenti un cavidotto per le telecomunicazioni (fibra ottica) e una tubazione incamiciata DN200 di gas a bassa pressione.

Sul lato Nord sono presenti molte tubazioni, attive o meno, tra le quali attualmente in uso: un cavidotto per le telecomunicazioni, un cavidotto elettrico in esercizio, 4 reti elettriche in media tensione 15000 V, una tubazione dell'acquedotto, due tubazioni fognarie e una tubazione incamiciata DN125 di gas a bassa pressione.

Per la messa in opera degli interventi in progetto descritti nel paragrafo successivo sul lato sud, sono stati informati i gestori delle reti interessate (fibra ottica e gas) per l'esecuzione di eventuali bypass temporanei e riposizionamenti o smantellamenti. Il Comune di Cremona, ha richiesto la preventivazione da parte dei gestori di tali opere necessarie per l'esecuzione degli interventi strutturali.

Si nota come, la tubazione incamiciata del gas a bassa pressione sul lato sud abbia gravi carenze in merito alle staffe di fissaggio in quanto alcune di queste risultano corrose e tagliate o non collegate al getto. Anche nella zona di collasso dello sbalzo dovuto all'urto dell'albero, la tubazione è spinta verso il basso dalla presenza di porzioni incoerenti di getto staccate a causa della caduta dell'albero. Con il gestore si è valutata la possibilità di dismettere tale ramo di rete ma si rimanda al progetto esecutivo per una più specifica descrizione dell'intervento.

4. PROGETTO

4.1. Calcoli preliminari

È stato rivalutato lo stato di verifica delle strutture che compongono lo sbalzo a sud. Tale sbalzo è stato preso a riferimento per lo studio dell'opera in quanto colpito dall'urto della pianta, caratterizzato dalle luci maggiori e con uno stato di conservazione peggiore.

I carichi considerati nel progetto sono definiti in base ai pesi propri strutturali e ai pesi propri portati (stratigrafia della corsia pedonale e balaustra), entrambi calcolati attraverso la definizione esatta della geometria e sezione reale degli sbalzi del ponte, anche a seguito delle indagini del laboratorio L.T.L. s.r.l..

Inoltre, come carichi variabili è stato considerato il carico da folla compatta di 5 KN/mq come impone la normativa con lo schema di carico 5 del Par. 5.1.3.3.3 delle NTC2018.

Le sollecitazioni e le verifiche sono calcolate attraverso l'approccio agli stati limite NTC 2018 e l'utilizzo dei software di calcolo Beamcad e Sismicad collegati alla Licenza Sismicad 12.24 e Sismicad 13 assegnata a Centro Padane s.r.l..

Non si ritiene possibile l'adeguamento sismico delle porzioni a sbalzo del ponte in quanto collegate ad un ponte in muratura le cui verifiche sismiche, effettuate nel 2024 dall'ing. Rossi risultano non interamente soddisfatte.

La tipologia di intervento che viene quindi considerata in questa fase progettuale è quella di un intervento locale di recupero, consolidamento e rinforzo locale delle strutture relative allo sbalzo sud e con la possibilità di riproporle, meno estese, sulla parte sbalzante a nord in un successivo lotto progettuale.

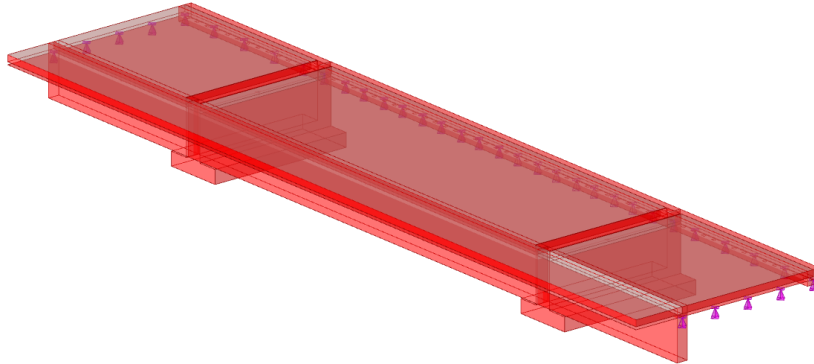


Figura 10 – Immagine del modello a elementi finiti dello sbalzo oggetto d'intervento

La soletta lato sud presenta uno stato di degrado molto esteso sulle parti in getto intradossali ma le verifiche effettuate sulle sezioni resistenti risultano soddisfatte e per questo motivo si progetta un ciclo completo di ripristino corticale.

Al contrario, per gli elementi strutturali della mensola sud-ovest e della trave di bordo laterale a sud, a causa del forte degrado e alla diminuzione di sezione resistente sia di cls che di armatura, alcune verifiche risultano non soddisfatte e per questo si ipotizzano interventi di rinforzo oltre che cicli di ripristino corticali.

Nello specifico, la trave di bordo laterale necessita di un rinforzo a flessione nella campata centrale e a taglio all'intorno degli appoggi sulle mensole.

Le travi mensole, oltre che un necessario ciclo completo e approfondito di pulizia e ripristino, necessitano di un rinforzo con armatura aggiuntiva a ridosso dell'intradosso della soletta per aumentare la resistenza a flessione all'incastro.

La balaustra distrutta dall'urto dell'albero nel 2022, necessita di una ricostruzione delle parti collassate e un ciclo completo di ripristino corticale delle parti di cui non vi è necessità di demolizione completa. Tali ripristini dovranno essere effettuati con adeguate malte di ripristino, riportando l'effetto materico e granulometrico a quello esistente.

4.2. Interventi strutturali in progetto

Gli interventi proposti in questo progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE) puntano alla messa in sicurezza ed al consolidamento locale dello sbalzo sud e riportano una linea progettuale di consolidamenti che potrà essere attuata sullo sbalzo nord, in maniera meno estesa, in un successivo lotto progettuale.

Nelle tavole allegate alla presente relazione, sono riportati sia lo stato di fatto con il rilievo laser scanner eseguito, che lo stato di progetto. Ogni intervento progettato è stato descritto, definito e localizzato in pianta, in sezione o in prospetto per capirne la posizione e l'estensione.

Nel seguito si elencano gli interventi in progetto relativi allo sbalzo sud.

Tubazioni → Smontaggio con bypass o smantellamento delle tubazioni presenti a valle (fibra ottica e gas media pressione) per permettere le lavorazioni al di sotto del ponte (valutate e preventivate con i gestori delle reti):

- Smantellamento rete gas e smontaggio e riposizionamento della tubazione rete fibra ottica a fine lavori;
- fissaggio con nuove staffe di supporto.

Impalcato → Impermeabilizzazione della cappa esistente all'estradosso:

- demolizione dello strato di asfalto e di riempimento esistenti con pulizia superficiale della cappa sottostante;
- posizionamento di una membrana impermeabile a fiamma, tra cordolo della balaustra e cordolo di delimitazione tra ciclabile e pedonabile;
- ripristino della stratigrafia superiore con strato di base e finitura con tappeto d'usura.

Cordoli di delimitazione flussi → Rimozione e riposizionamento (Vedi Relazione generale):

- rimozione e riposizionamento di cordonature non sormontabili (altezza 15 cm da piano stradale) lungo il perimetro del cordolo;
- riempimento tra cordonatura mediante cls;
- rimozione paletti attualmente presenti;
- posa di un solo paletto in corrispondenza della testa del cordolo in direzione del senso di marcia.

Solette → Ripristino corticale e possibile sostituzione di porzioni di ferro d'armatura (intradosso e frontale):

- idrodemolizione, battitura e pulizia del getto incoerente;
- pulizia profonda dei ferri d'armatura;
- passivazione del solo ferro d'armatura;
- sostituzione dei ferri assottigliati attraverso taglio degli esistenti e saldatura o lasciando lunghezza di sovrapposizione adeguata lungo porzioni di ferro ancora sane;
- ricostruzione dello strato di cls con malta tixotropica;
- rasatura con malta con effetto impermeabilizzante;
- protezione con vernice protettiva elastomerica.

Tale ciclo è da effettuare su tutti i campi di solaio.

Sbalzo collassato → Ricostruzione dello sbalzo verso sud nella sua porzione collassata attraverso:

- smontaggio dei fregi in ghisa e delle cornici;
- demolizione della copertina superiore, dei pilastrini, dei setti e del cordolo inferiore del parapetto nelle loro parti collassate;
- eliminazione delle staffe di tenuta del tubo gas;

- demolizione del cls e mantenimento dei ferri non fortemente ammalorati, demolizione fino in corrispondenza di metà dell'appoggio fornito dalla trave di bordo laterale;
- casseratura intradossale;
- spinottatura nella soletta e nella trave di bordo dei ferri d'armatura a sbalzo;
- spinottatura dei ferri trasversali in corrispondenza delle porzioni di sbalzo mantenute;
- stesura adesivo epossidico per ripresa di getto (tipo Sikadur®-32+ o equivalente);
- getto dello sbalzo con predisposizione dell'armatura dei pilastri/setti e staffe del cordolino di base balaustra;
- rasatura con malta cementizia e protezione del getto con vernice protettiva elastomerica.

Trave di bordo laterale → Ripristino corticale, pulizia ferri d'armatura e rinforzo con fibre di carbonio:

- idrodemolizione, battitura e pulizia del getto incoerente;
 - pulizia dei ferri;
 - passivazione del solo ferro;
 - ricostruzione dello strato di cls con malta tixotropica;
 - irruvidimento della superficie;
 - stesura di due strati di tessuto unidirezionale in fibra di carbonio con resine epossidiche d'incollaggio attraverso il ciclo predisposto dal produttore.
- Il rinforzo verrà posto all'intradosso della trave, tra le mensole, per il rinforzo a flessione e con fasce a U attorno alla trave per il rinforzo a taglio delle zone attorno agli appoggi delle mensole;
- stesura a spaglio di polvere di quarzo;
 - protezione con malta cementizia e vernice elastomerica con funzione di barriera contro i raggi U.V..

Mensole → Ripristino corticale, pulizia ferri e rinforzo con armatura aggiuntiva:

- idrodemolizione profonda, battitura e pulizia del getto incoerente;
- pulizia dei ferri d'armatura;
- passivazione del solo ferro;
- sostituzione dei ferri (porzioni di staffe e long. inferiori) assottigliati attraverso taglio degli esistenti e saldatura o lasciando lunghezza di sovrapposizione adeguata lungo porzioni di ferro ancora sane;
- posizionamento e tassellamento di ferri aggiuntivi longitudinali, all'intradosso soletta, retti sulla mensola da staffe costruttive;
- ricostruzione della sezione demolita e ricoprimento dei ferri aggiuntivi con malta strutturale colabile, a ritiro compensato;
- rasatura con malta cementizia;
- protezione con vernice protettiva elastomerica.

Balaustra → Ricostruzione della porzione abbattuta e ripristino delle porzioni non collassate. Si rimanda alla "Relazione Storica-Artistica-Architettonica" dove vengono meglio specificate le tipologie di intervento conservativo

sugli ornamenti in ghisa e sui telai interni tra i montanti verticali. Dal punto di vista strutturale, le operazioni di ricostruzione dei pilastri/setti, del cordolo di base e della copertina da demolire o già demoliti comporteranno:

- demolizione dei pilastri/setti, cordolo di base e copertina crollati e gravemente fessurati;
- nuova armatura collegata al nuovo getto dello sbalzo in ricostruzione;
- getto con cassero modanato (in particolare per la copertina superiore e per la testa dei pilastri);
- ciclo di ripristino per le strutture in c.a. mantenute della balaustra (alcuni pilastri e tratti di cordolo inferiore e copertina superiore) attraverso i cicli di ripristino descritti precedentemente (vedi soletta);
- rasatura con malta cementizia;
- protezione con vernice protettiva elastomerica

Nella fase progettuale esecutiva si valuterà la metodologia di fissaggio dei telai con fregi restaurati/ricostruiti all'interno dei campi formati da pilastri e cordoli in c.a..

L'importo lavori per gli interventi sullo sbalzo a sud è stato calcolato attraverso un computo metrico ed è stato riportato nel quadro economico che si allega al PFTE.

4.3. Dettaglio dei calcoli effettuati

4.3.1 Mensole

Attraverso le indagini di LTL ed il rilievo laser scanner è stato possibile ricavare le geometrie delle mensole e l'armatura presente.

Le mensole sono formate da una caratteristica T rovescia, con altezza variabile, minima in punta 108/110 cm e massima all'incastro a filo del ponte principale 135 cm. Anche le ali inferiori sono rastremate, partendo da una larghezza di sezione di 150x30 cm all'incastro e rastremando in larghezza fino a 100x30 cm in testa allo sbalzo (circa 300 cm).

Tali mensole fungono da appoggio per la trave laterale. Dalle reazioni vincolari di tale trave laterale derivano le sollecitazioni di progetto delle mensole. Utilizzando tali sollecitazioni per le verifiche dell'elemento mensola si è notata una verifica non soddisfatta per quanto riguarda il momento flettente negativo della trave.

Nel seguito si descriveranno meglio le verifiche effettuate e i rinforzi inseriti.

Si riporta il grafico delle sollecitazioni dei momenti flettenti della trave mensola estrapolata dal modello globale.

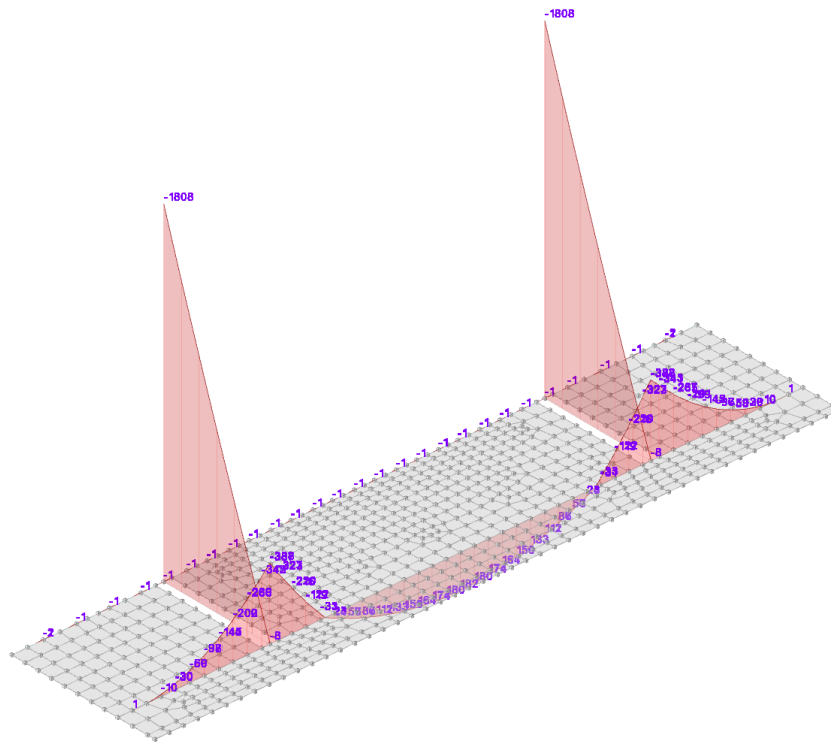


Figura 11 - Modello delle sollecitazioni momento flettente allo SLU

Il momento massimo negativo, nella sezione all'appoggio, è pari a $M_{Ed, SLU} = 1808 \text{ kNm}$ in combinazione SLU.

Si riporta il calcolo del momento resistente per la sezione della mensola sud, nella sezione all'appoggio. In questo calcolo è stato utilizzato il ferro esistente con le caratteristiche rilevate dall'indagine di LTL. Per i ferri esistenti dell'ala inferiore e dell'anima si è considerato un diametro ridotto per considerare la perdita per ossidazione di 1mm di raggio. I ferri al negativo sono stati invece considerati con il proprio diametro in quanto protetti e verificati con saggio durante l'indagine.

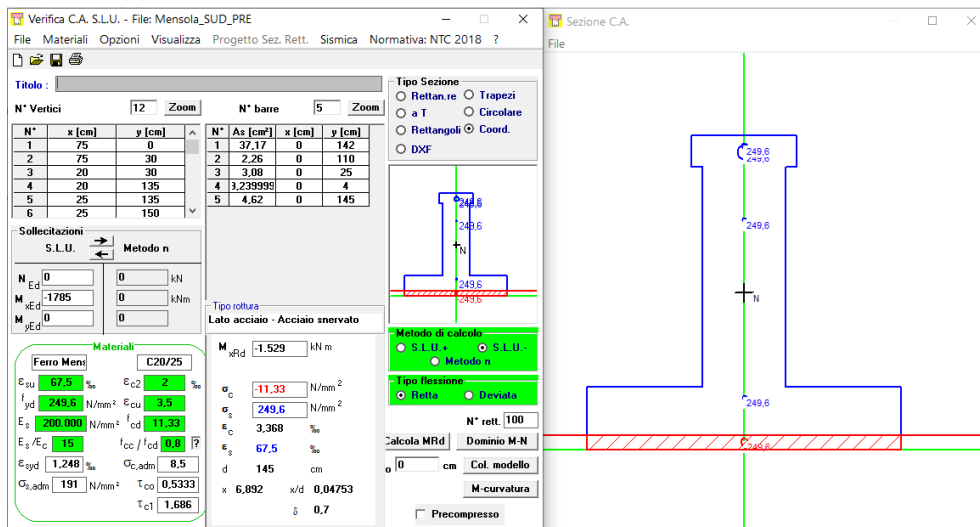


Figura 12 - Verifica a flessione della sezione esistente della mensola

Il momento resistente ultimo della sezione esistente risulta $M_{Rd,pre} = 1529$ kNm

Di fatto il momento resistente allo stato attuale non soddisfa il momento di progetto ricavato dal modello per la combinazione SLU (SLU 8) $M_{Ed,SLU} = 1808$ kNm

$$M_{Ed,SLU} > M_{Rd,Pre} \rightarrow \text{Verifica non soddisfatta}$$

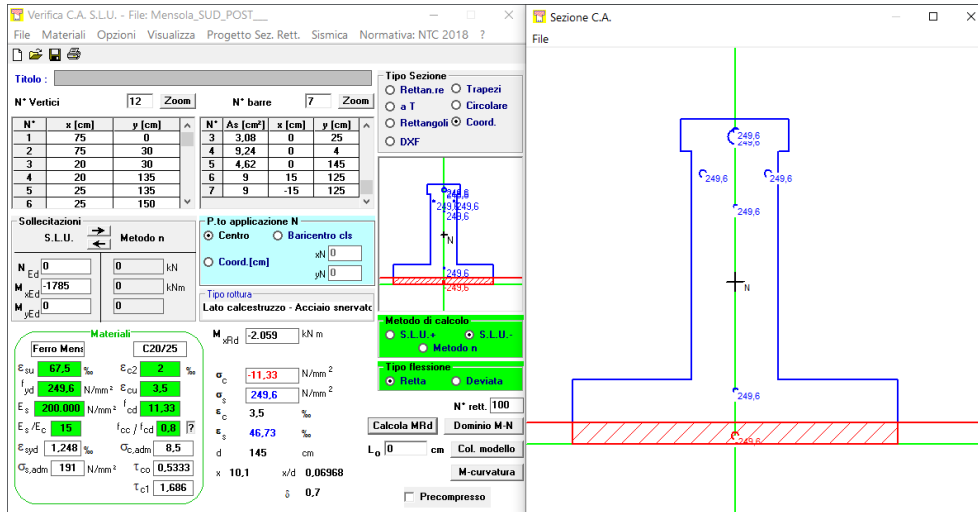


Figura 13 - Verifica a flessione della sezione post-intervento della mensola

Vista la necessità di rinforzare staticamente la trave mensola per il momento negativo, si è optato per un rinforzo puntuale nella porzione di trave all'intradosso soletta. Per questo, nel calcolo sono stati aggiunti i 2 ferri di diametro 20 mm su entrambi i lati dell'anima, appena sotto la soletta. Questi ferri sono stati inseriti nel calcolo con un'area maggiorata in quanto il loro materiale, B450c, ha caratteristiche maggiori rispetto a quanto considerato per i ferri esistenti. Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio esistente sono state desunte dalle indagini effettuate da LTL.

Il momento resistente ultimo risulta quindi $M_{Rd,post} = 2059$ kNm.

$$M_{Ed,SLU} < M_{Rd,Post} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

In merito alle sollecitazioni di taglio si riporta il grafico delle travi mensola ricavato dal modello.

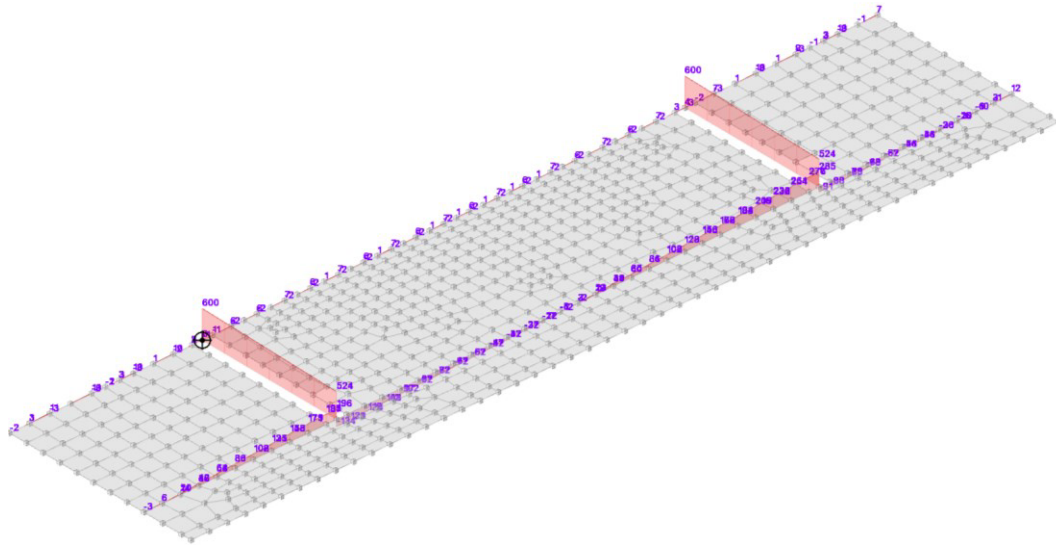


Figura 14 - Modello delle sollecitazioni di taglio allo SLU

Il taglio massimo, nella sezione all'appoggio, è pari a $V_{Ed, SLU} = 600$ kN in combinazione SLU.

Inserendo nel calcolo del taglio resistente le reali caratteristiche meccaniche del materiale cls ed acciaio, ricavate dai risultati delle indagini di LTL, si è calcolato il taglio resistente e il coefficiente di sicurezza rispetto alla sollecitante di progetto, $V_{Rd} = 718$ kN.

Elemento [-]	Trave mensola
Sezione [-]	Sezione appoggio
γ_c [-]	1.50 Coefficiente parziale per il calcestruzzo
γ_{cd} [-]	1.00 Fattore di confidenza
γ_s [-]	1.15 Coefficiente parziale per l'acciaio
R_{ck} [N/mm ²]	25 Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{ck} [N/mm ²]	20.75 Resistenza caratteristica cilindrica CLS
f_{cd} [N/mm ²]	11.8 Resistenza a compressione di progetto
f_{cd} [N/mm ²]	5.9 Resistenza a compressione ridotta di progetto
f_{yk} [N/mm ²]	287.0 Tensione caratt. di snervamento dell'acciaio
f_{yd} [N/mm ²]	249.6 Tensione di snervamento di progetto
α_c [-]	1.00 (vedi NTC2008)
d [mm]	1450 Altezza utile sezionale
b_w [mm]	400 Larghezza sezione
s [mm]	350 Passo armatura a taglio
n [mm]	4 numero armature a taglio
ϕ [mm]	10 diametro armatura a taglio
A_{sw} [mm ²]	314.0 Area armatura a taglio
α [°]	90 Inclinazione armatura a taglio
θ [°]	22.1 Inclinazione puntone compresso ($V_{RDS}=V_{RDC}$)
V_{Rsd} [kN]	718 Taglio resistente lato acciaio
V_{Rcd} [kN]	1071 Taglio resistente lato CLS
V_{Rd} [kN]	718 Taglio resistente di progetto
V_{sd} [kN]	600.00 Taglio sollecitante di progetto
F_s [-]	1.20 Coefficiente di sicurezza

$$V_{Ed, SLU} < V_{Rd} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

Si chiarisce che se durante la pulizia del cls degradato e del ferro esistente, l'acciaio d'armatura delle staffe dovesse presentare forti ammaloramenti o riduzioni di sezione, dovrà essere necessariamente disposta la sostituzione o l'accostamento di nuove staffature, con interventi di incamiciatura esterna o simili.

Gli interventi di progetto sulla trave mensola saranno quindi:

- Idrodemolizione con rimozione del cls ammalorato e pulizia profonda dell'acciaio. Passivazione dell'acciaio e ricostruzione con ripristino della sezione con malta strutturale tixotropica. Possibile sostituzione dell'acciaio d'armatura se fortemente ossidato o con sezione ridotta.
- Fissaggio dell'armatura aggiuntiva 2+2 ferri diam. 20 mm, resinatura dei ferri, creazione del cassero sagomato e getto strutturale con malta a ritiro compensato colabile dall'alto del cassero o da fori in soletta.
- Rasatura con malta impermeabilizzante e strato di vernice elastomerica di protezione su tutta la superficie.

4.3.2 Trave laterale

La trave laterale a sud è formata da 3 campate e 4 appoggi, due d'estremità e due formati da mensole in c.a. aggettanti dal ponte principale ad arco (a circa $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ della luce totale della trave).

La geometria della trave è stata rilevata durante l'indagine di LTL e grazie al rilievo con laser scanner. La sezione lungo le 3 campate è pari a 25x106 cm. In corrispondenza degli appoggi forniti dalle mensole la sezione risulta essere pari a 30x122 cm. L'altezza tra l'intradosso trave e l'intradosso soletta esterna passa dai 94/96 cm ai 108/110 cm in corrispondenza delle mensole.

I carichi applicati sulla trave derivano sostanzialmente dalla soletta in c.a. per metà della sua luce, dallo sbalzo in getto, dal relativo parapetto esistente, dal carico variabile considerato (folla compatta per Schema di carico 5 come da Par. 5.1.3.3.3 NTC 2018) e dalla stratigrafia portata relativa alla corsia pedonale.

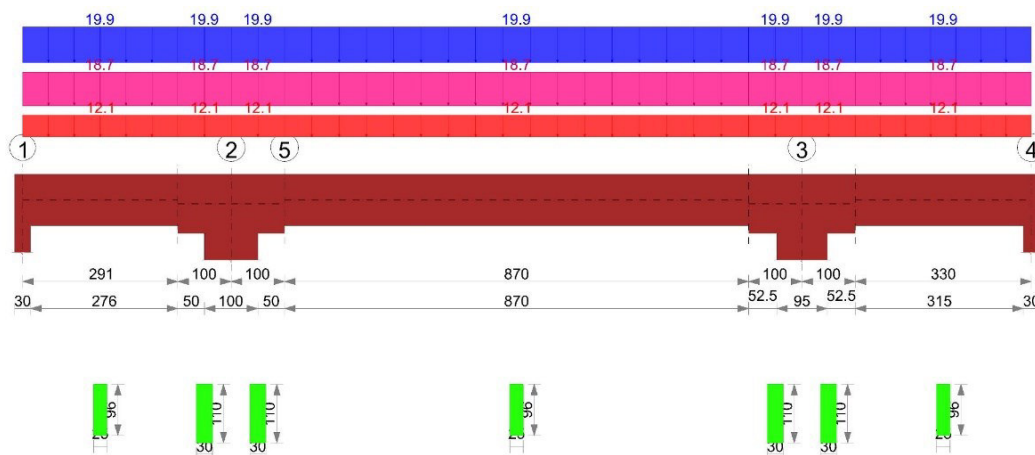


Figura 15: schema statico con carichi in kg/cm (dall'alto Var+ppp+pps)

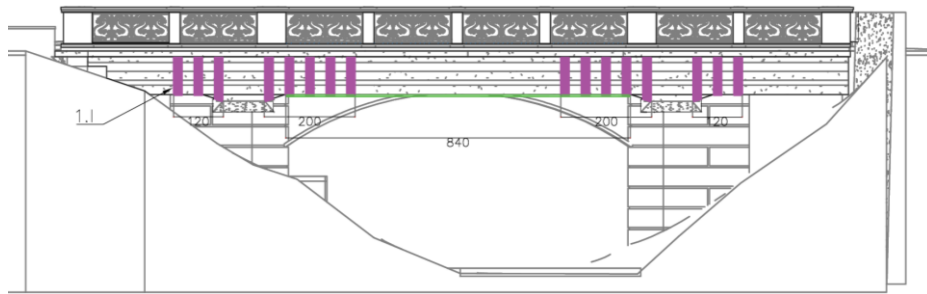


Figura 16: schema posizione rinforzi FRP

Effettuando le verifiche sull'elemento strutturale, considerando l'effettiva geometria della trave e l'armatura ridotta in sezione per le armature intradossali più degradate, si sono notate delle verifiche non soddisfatte in merito al taglio e al momento flettente della trave. Nello specifico, si è considerata la diminuzione di sezione resistente per quanto riguarda le armature intradossali la trave, diminuendo il raggio delle armature fino a 3 mm, a favore di sicurezza. A favore di sicurezza, le sezioni di verifica sono state considerate con altezza che non comprende lo spessore della soletta.

Per i motivi sopra descritti, gli interventi di progetto sulla trave laterale sud saranno:

- Idrodemolizione con rimozione del cls ammalorato e pulizia profonda dell'acciaio. Passivazione dell'acciaio e ricostruzione con ripristino della sezione con malta strutturale tixotropica. Possibile sostituzione dell'acciaio d'armatura se fortemente ossidato o con sezione ridotta (staffe affiancate dove possibile).
- Rinforzo a taglio tramite nastri in fibra di carbonio, installati ad U attorno alla trave di bordo, in doppio strato da 20/25cm di larghezza/ 50 cm (tipo MapeWrap C UNI-AX 300) con resine epossidiche di incollaggio e impregnazione. I nastri vengono installati ad U attorno alla sezione della trave, fino all'intradosso soletta e sbalzo. Le zone di rinforzo si concentrano ai lati degli appoggi delle mensole.
- Rinforzo a flessione tramite nastri in fibra di carbonio, installati lungo l'intradosso della trave di bordo nella campata centrale, in doppio strato da 25cm (tipo MapeWrap C UNI-AX 300) con resine epossidiche di incollaggio e impregnazione. I nastri vengono installati lungo l'intradosso trave nella zona della campata centrale, tra le mensole.
- Per entrambi i rinforzi con fibre, prima della rasatura, applicazione di polvere di polvere di quarzo sulle superficie rinforzate.
- Rasatura con malta cementizia impermeabilizzante di tutta la superficie della trave e strato di vernice elastomerica di protezione (da raggi U.V.) su tutta la superficie.

Con il ciclo di risanamento si risana la sezione dell'elemento strutturale e con la tipologia di rinforzi proposti si permette di soddisfare le verifiche a taglio e a momento della trave.

Si riportano i diagrammi di verifica della trave per quanto concerne il momento flettente [kg cm] e il taglio [kg] allo SLU.

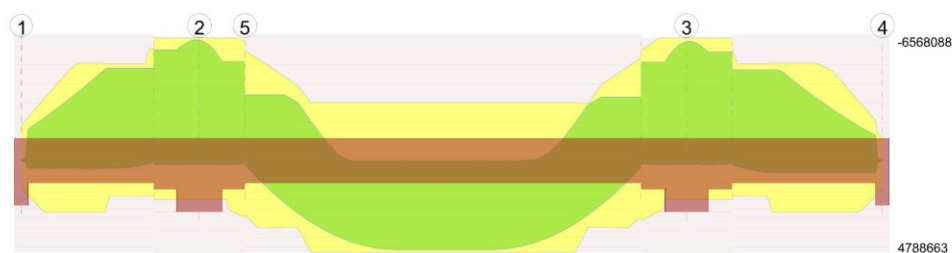


Figura 17 - Diagramma di verifica dei momenti flettenti (M_{Rd} in giallo, M_{Ed} in verde)

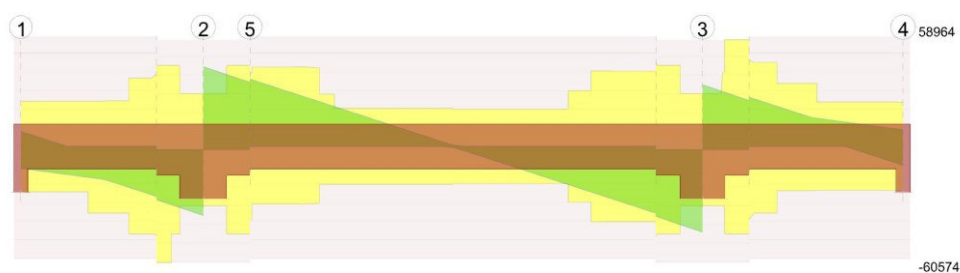


Figura 18 - Diagramma di verifica del taglio (V_{Rd} in giallo, V_{Ed} in verde)

4.3.3 Soletta e sbalzo

L'impalcato presente lungo la porzione di ponte in oggetto è caratterizzato da uno schema di soletta a doppio appoggio con uno sbalzo esterno (lato valle). La porzione principale di soletta, con luce pari a circa 2.8 m è vincolata al ponte esistente ad arco e alla trave laterale di bordo a sua volta mantenuta dalle mensole intradossali. Oltre a tale trave laterale, la soletta diventa a sbalzo con uno spessore di 12 cm e una luce di circa 1 m. Attraverso le indagini di LTL ed il rilievo laser scanner è stato possibile ricavare le geometrie delle solette e l'armatura delle stesse. E' stato controllato lo stato di degrado presente all'intradosso, la tipologia e resistenza dell'acciaio e del cls presenti. Alcune porzioni di soletta risultano degradate all'intradosso. Inoltre, la porzione a sbalzo, colpita dalla caduta dell'albero, ha subito un collasso di una porzione con interessamento di circa 10 m di lunghezza.

Utilizzando i dati ricavati da indagini e rilievi è stato possibile eseguire dei calcoli per verificare se le sezioni strutturali fossero verificate per i carichi presenti. Oltre a calcoli dei singoli elementi strutturali attraverso semplici schemi statici, è stato anche utilizzato il modello agli elementi finiti globale per verificare il comportamento, le sollecitazioni e le deformate della struttura nel suo insieme (escludendo il ponte esistente in muratura in quanto non oggetto di intervento).

Si riporta lo schema statico utilizzato per le verifiche della soletta e dello sbalzo esistente. Inoltre, si riporta il calcolo effettuato per la porzione del nuovo sbalzo in ricostruzione.

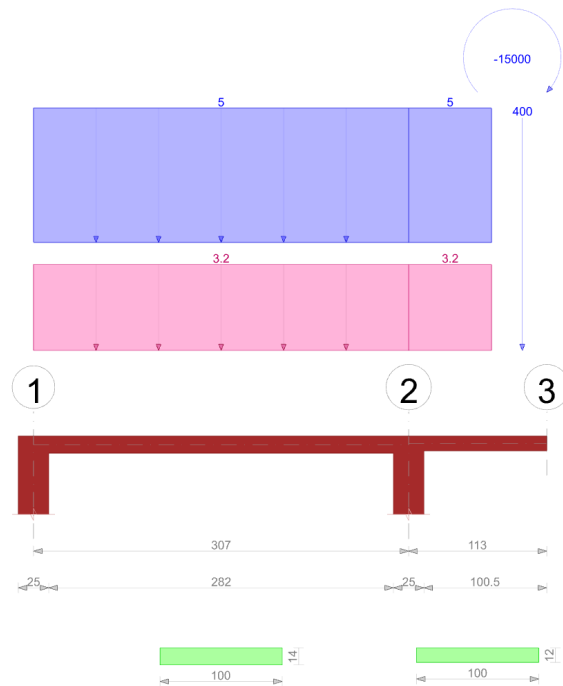


Figura 19 - Schema statico della soletta con sbalzo, sezioni e carichi

I carichi applicati su una striscia di soletta di larghezza 1 metro derivano sostanzialmente dal peso proprio della soletta in c.a. da 14 cm e dalla porzione a sbalzo in getto da 12 cm, dal peso proprio permanente fornito dal parapetto, dalla stratigrafia portata relativa alla corsia pedonabile presente e dal carico variabile considerato (Folla compatta per schema di carico 5 come da Par. 5.1.3.3.3 NTC 2018). Inoltre, si considera una coppia che rappresenta il momento dovuto alla spinta orizzontale da 150 kg applicata alla quota sommitale del parapetto.

Per le verifiche delle sezioni esistenti si sono considerate armature come rilevate da LTL, considerando l'armatura all'intradosso leggermente degradata (perdita di 2 mm di diametro). Il cls è stato considerato C20/25 come da prove (livello di conoscenza LC3).

Le verifiche delle sezioni interna e a sbalzo risultano soddisfatte per quanto concerne il momento flettente [kg cm] e il taglio [kg] allo SLU. Si riportano le viste estratte dalle verifiche.

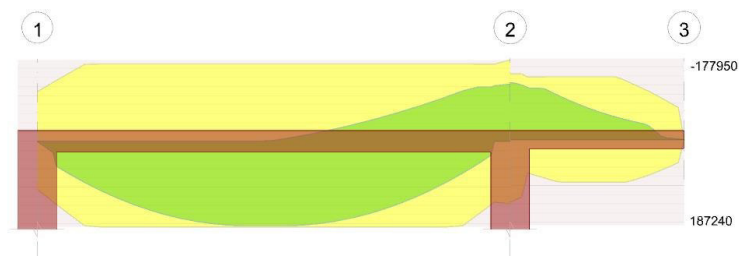


Figura 20 - Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

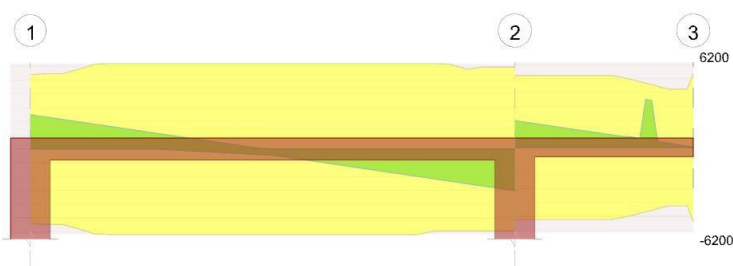


Figura 21 - Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

Sulle solette esistenti quindi, gli interventi di progetto saranno corticali e di ripristino:

- Idrodemolizione con rimozione del cls ammalorato e pulizia profonda dell'acciaio. Passivazione dell'acciaio e ricostruzione con ripristino della sezione con malta strutturale tixotropica. Possibile sostituzione dell'acciaio d'armatura se fortemente ossidato o con sezione ridotta
- Rasatura con malta impermeabilizzante e strato di vernice elastomerica di protezione su tutta la superficie.

In merito alla sezione collassata a causa della caduta di un albero nel luglio 2022, la soluzione di progetto prevede la demolizione ed il rifacimento della soletta, nella sua porzione a sbalzo, per una lunghezza di circa 10 m.

Il rifacimento è stato calcolato con le azioni provocate dai carichi in progetto già citati ma con uno schema a mensola, medesima sezione ma con un acciaio d'armatura B450c e un getto C28/35.

La demolizione dovrà essere prolungata fino a oltre la metà dell'appoggio fornito dalla trave di bordo, e prolungato per una lunghezza di circa 10 m. Si evidenzia che la demolizione in oggetto comporterà anche la rimozione dei pilastri superiori presenti nella medesima area. Alcuni di questi pilastri sono effettivamente già collassati e quindi da demolire. Qualora, in fase di verifica, si riscontrerà che la zona interessata da collasso o snervamento risulti limitata a un tratto di minore estensione, sarà possibile ridurre proporzionalmente la lunghezza dell'intervento di demolizione e successivo rifacimento.

Nella demolizione dovrà essere mantenuto il ferro esistente nelle zone in cui non presenta completa snervatura, in modo da fungere come ulteriore ancoraggio alla soletta interna e alla trave laterale.

Si riporta lo schema statico con i carichi e le sollecitazioni di momento e taglio per la porzione di sbalzo in rifacimento.

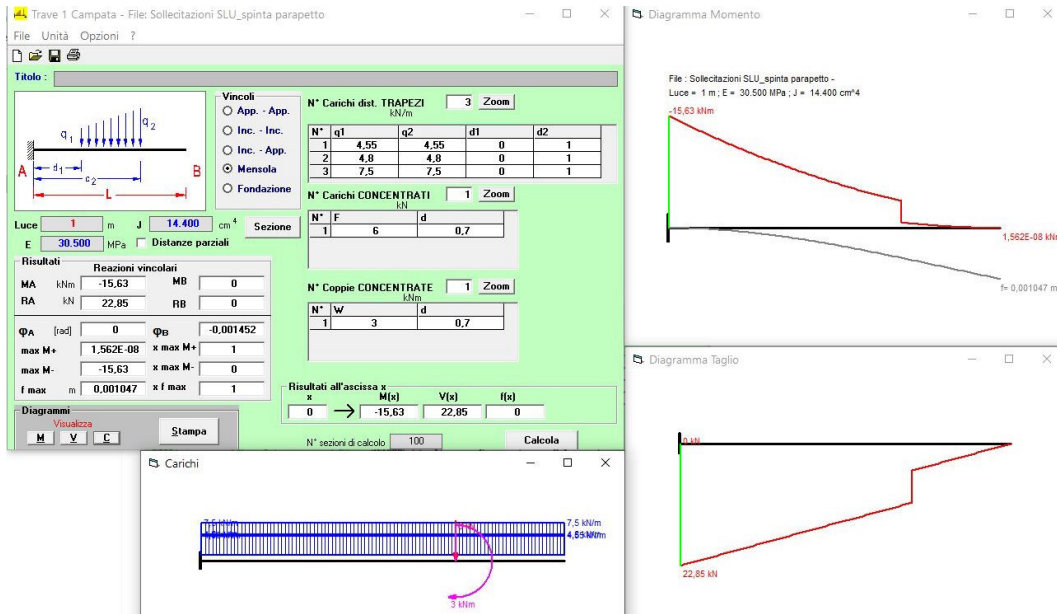


Figura 22 - Schema statico, carichi e sollecitazioni della porzione di sbalzo in ricostruzione

Si progetta un'armatura formata da mollettoni diam. 12 passo 20 cm e ferri trasversali, sopra e sotto, diam. 8 passo 25 cm.

Si riportano le verifiche a flessione e taglio della sezione maggiormente sollecitata armata come da descrizione.

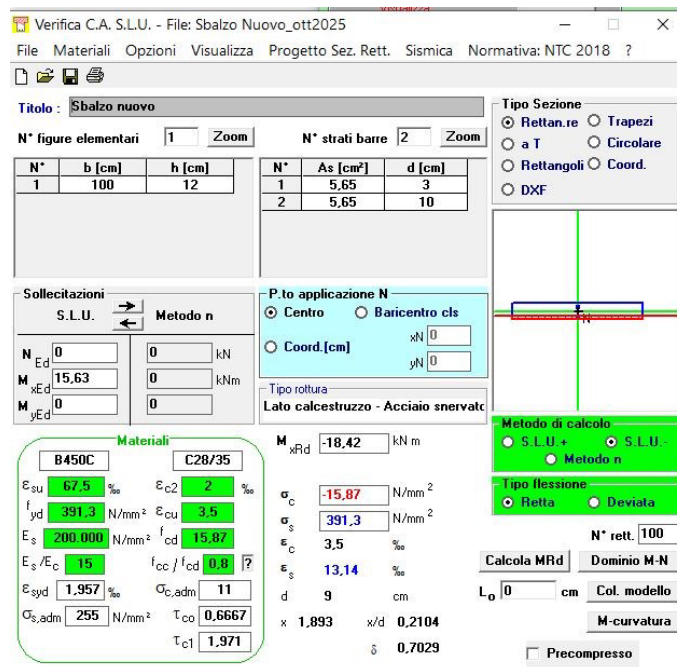


Figura 23 - Verifica a flessione della sezione a sbalzo

STRUTTURE IN C.A. - Resistenza a taglio elementi non armati - C.A.ORDINARIO

(rif. NTC2018 par.4.1.2.3.5.1)

El.	[-]	Travetto Laterale
Sez.	[-]	Appoggio
γ_c	[-]	1.50 Coefficiente parziale per il calcestruzzo
FC	[-]	1.00 Fattore di confidenza
R_{ck}	[N/mm ²]	35 Resistenza caratteristica cubica CLS
f_{ck}	[N/mm ²]	29.1 Resistenza caratteristica cilindrica CLS
f_{cd}	[N/mm ²]	16.5 Resistenza a compressione di progetto
A_s	[mm ²]	565.0 Armatura longitudinale tesa
d	[mm]	90 Altezza utile sezionale
b_w	[mm]	1000 Larghezza media sezione
ρ_L	[-]	0.0063 Rapporto geometrico di armatura
k	[-]	2.000 Vedi NTC2008
σ_{cp}	[N/mm ²]	0 Sforzo medio di compressione
$V_{Rd,min}$	[kN]	32.01 Resistenza minima
$V_{Rd,eff}$	[kN]	56.86 Resistenza effettiva
V_{Rd}	[kN]	56.86 Resistenza di calcolo
V_{Sd}	[kN]	22.85 Taglio sollecitante di progetto
F_s	[-]	2.49 Coefficiente di sicurezza

Figura 24 - verifica a taglio della sezione a sbalzo

La lunghezza di ancoraggio della nuova armatura (mollettone sbalzo) per il ramo superiore all'interno del getto esistente dovrà essere di 47 cm con resina strutturale e 25 cm per il ramo inferiore.

All'interfaccia tra getto esistente e nuovo, si applica un adesivo epossidico per riprese di getto strutturale.

A seguito del getto strutturale, si procederà con la rasatura con malta impermeabilizzante e con la stesura di uno strato di vernice elastomerica di protezione su tutta la superficie in modo da renderla uguale alle parti esistenti trattate.

4.3.4 Balastra, pilastri e cordoli

Insieme alla demolizione della porzione di soletta collassata, sarà necessario eseguire la demolizione e ricostruzione dei pilastri superiori corrispondenti. Prima della demolizione sarà necessario smontare con cura tutti i fregi presenti lungo il parapetto del lato sud per poi eseguirne il ripristino come descritto nel dettaglio nella Relazione Storico-Artistica-Architettonica.

Inoltre, vista la situazione di degrado presente su molte zone della trave superiore del parapetto risulta necessaria la sua completa demolizione e ricostruzione.

Anche il tratto centrale di cordolo inferiore della balastra, in corrispondenza della porzione di soletta a sbalzo, dovrà essere demolito e ricostruito.

Nella ricostruzione di tutti gli elementi strutturali preesistenti, dovranno essere mantenute le stesse dimensioni e sagomature dei getti e delle copertine.

Le porzioni ricostruite saranno in calcestruzzo C28/35 con acciaio d'armatura B450c. I ferri verticali dei pilastri saranno inseriti nei getti inferiori (sbalzo e cordolo inferiore) o resinati dove necessario.

Si riporta il modello rappresentativo della balastra nelle sue parti in c.a..

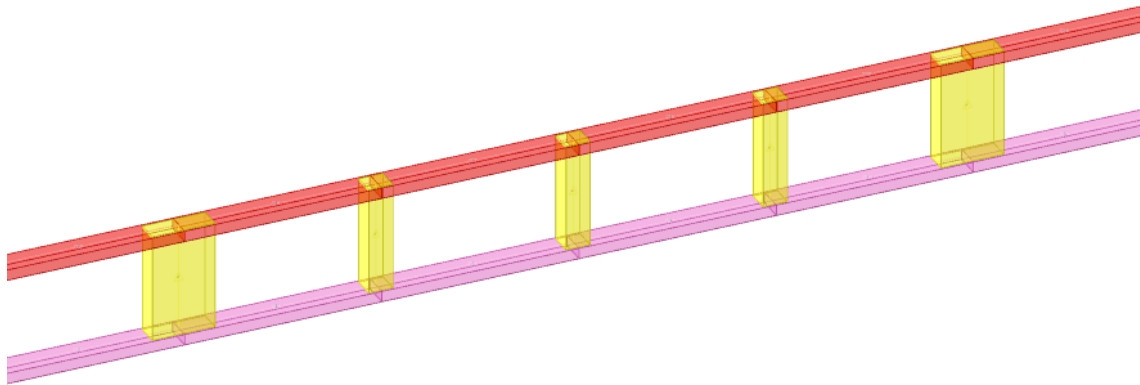


Figura 25: modello relativo al rifacimento balastra

Oltre al peso proprio strutturale sono stati aggiunti i pesi permanenti portati dei telai con fregi in ghisa e la spinta orizzontale in testa al parapetto.

Dalle sollecitazioni calcolate sono state effettuate le verifiche armando i pilastri da 70x25 cm con ferri verticali 5+5 diam. 12 mm e staffe diam. 6 mm con passo 15 cm. Per i pilastri da 27x25 è stata mantenuta la stessa staffatura ma con 3+3 ferri verticali diam. 12 mm.

La trave copertina superiore è stata armata con ferri long. 2+2 diam. 12 mm e staffe diam. 6 mm con passo 20 cm. Stessa armatura, ma con sezione leggermente maggiore, per il cordolo di base, gettato in parte nel tratto di soletta a sbalzo in rifacimento.

5. CONCLUSIONI

La società Centro Padane Engineering s.r.l. è stata incaricata dal comune di Cremona di redigere il progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE), il progetto esecutivo e il coordinamento della sicurezza in fase di progettazione (CSP) nell'ambito delle "Opere finalizzate alla manutenzione straordinaria delle strutture dell'impalcato e della balastra del ponte urbano sul canale Morbasco, sito nel comune di Cremona" come da determina n. 1179 del 27/06/2025.

Oggetto della presente relazione è l'approfondimento dal punto di vista strutturale in merito allo stato di fatto e di progetto delle porzioni strutturali in aggetto al ponte principale sul canale Morbasco su lato sud per la fase progettuale di PFTE.

Il ponte, la cui datazione e storia è meglio descritta nella Relazione Storica-Artistica-Architettonica allegata al PFTE, presenta una parte centrale principale ad arco in muratura sopra la quale transitano due corsie ciclabili e i flussi veicolari. Sui bordi longitudinali del ponte in muratura sono presenti due ampliamenti a sbalzo in c.a. costruiti attorno all'anno 1956. Un forte evento atmosferico, il 4 luglio 2022, portò alla caduta di un albero presente sulla sponda sud-ovest del ponte che causò il profondo danneggiamento della balastra lato sud e di porzione dello

sbalzo esistente in c.a.. Da allora, la zona prospiciente la balaustra sud è stata transennata per evitare pericoli ai pedoni in transito sulla corsia di loro competenza.

A dicembre 2023 sono stati eseguiti una prova di carico ed il relativo collaudo del ponte ad arco in muratura da parte dell'ing. Stefano Rossi su incarico del Comune di Cremona, unitamente alla stesura di una vulnerabilità sismica dell'impalcato e di uno studio ispettivo.

A fine 2024 la società Centro Padane s.r.l. ha commissionato al Laboratorio Tecnologico Lombardo s.r.l. l'esecuzione di un'indagine diagnostica finalizzata al rilievo dei particolari costruttivi e delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti i manufatti a sbalzo in c.a. rispetto al ponte principale in muratura. Si rimanda all'allegato al PFTE denominato "EXT226-0-3_B-05-10-10 Relazione Indagini Strutturali".

La caratterizzazione geometrica e dei materiali eseguita su tali strutture ha permesso di rivalutare le sezioni resistenti rispetto alle assunzioni di massima considerate dall'Ing. Rossi e riverificare le componenti portanti delle strutture a sbalzo. L'esito di tali verifiche e lo stato di degrado in cui versa lo sbalzo sud, ha portato a progettare un intervento di consolidamento e ripristino corticale dei getti esistenti, il rinforzo della trave di bordo laterale a sud e delle due mensole dello sbalzo sud. Inoltre, è stato studiato in modo approfondito un intervento di risanamento delle balaustre, con la ricostruzione e/o ripristino delle parti in getto dove collassate o degradate e il recupero dei fregi in ghisa sottoposti a vincolo come meglio descritto nel documento denominato "EXT226-0-3_A-01-10-10 Relazione Storica-Artistica-Architettonica" a cui si rimanda.

Si sottolinea come gli interventi strutturali, di impermeabilizzazione e di risanamento dei cordoli sullo sbalzo a sud risultino necessari in tempi brevi e come gli interventi di ripristino della balaustra siano fondamentali per ripristinare la sicurezza dei pedoni.

In un successivo lotto progettuale, potranno essere proposti gli interventi di risanamento sulle strutture dello sbalzo nord oltre che di impermeabilizzazione, risanamento dei cordoli e di recupero e conservazione della balaustra nord.

Ottobre 2025

Dott. Ing. Vincenzo Bernardelli
Centro Padane s.r.l.

