



# Provincia di Verona

AREA PROGRAMMAZIONE E SVILUPPO DEL TERRITORIO  
SETTORE SVILUPPO DEL TERRITORIO  
SERVIZIO PROGETTAZIONE

## S.P. 47 DIR "Del Menago" Lavori di ristrutturazione del ponte sul Canalbianco nel Comune di Cerea (Verona)

### Fattibilità tecnica ed economica

elaborato:

**Relazione tecnica**

IL PROGETTISTA  
ing. Stefano Brunelli

I COLLABORATORI  
SERVIZIO PROGETTAZIONE  
SERVIZIO ESPROPRI

IL COORDINATORE D'AREA  
ing. Carlo Poli

Data:

Allegato:

**02**

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

data conclusione progetto

data consegna progetto al RUP

firma del RUP per ricevuta



**SP 47dir “DEL MENAGO” LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E ADEGUAMENTO  
DEL PONTE SUL CANAL BIANCO IN COMUNE DI CERE A (VERONA)  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA - Relazione tecnica**

- **Ponte su Sp 47dir “del Menago”** - ubicato alla progr. Km 0+970, in comune di Cerea  
Ponte di attraversamento del canal Bianco, per una lunghezza totale di 80 m ed una larghezza complessiva di 7,50 m con 5,50 m di carreggiata stradale (6,10 m piattaforma).  
Ubicazione: 45° 05' 45,03" N 11° 14' 29,70" E quota elevazione 10 m

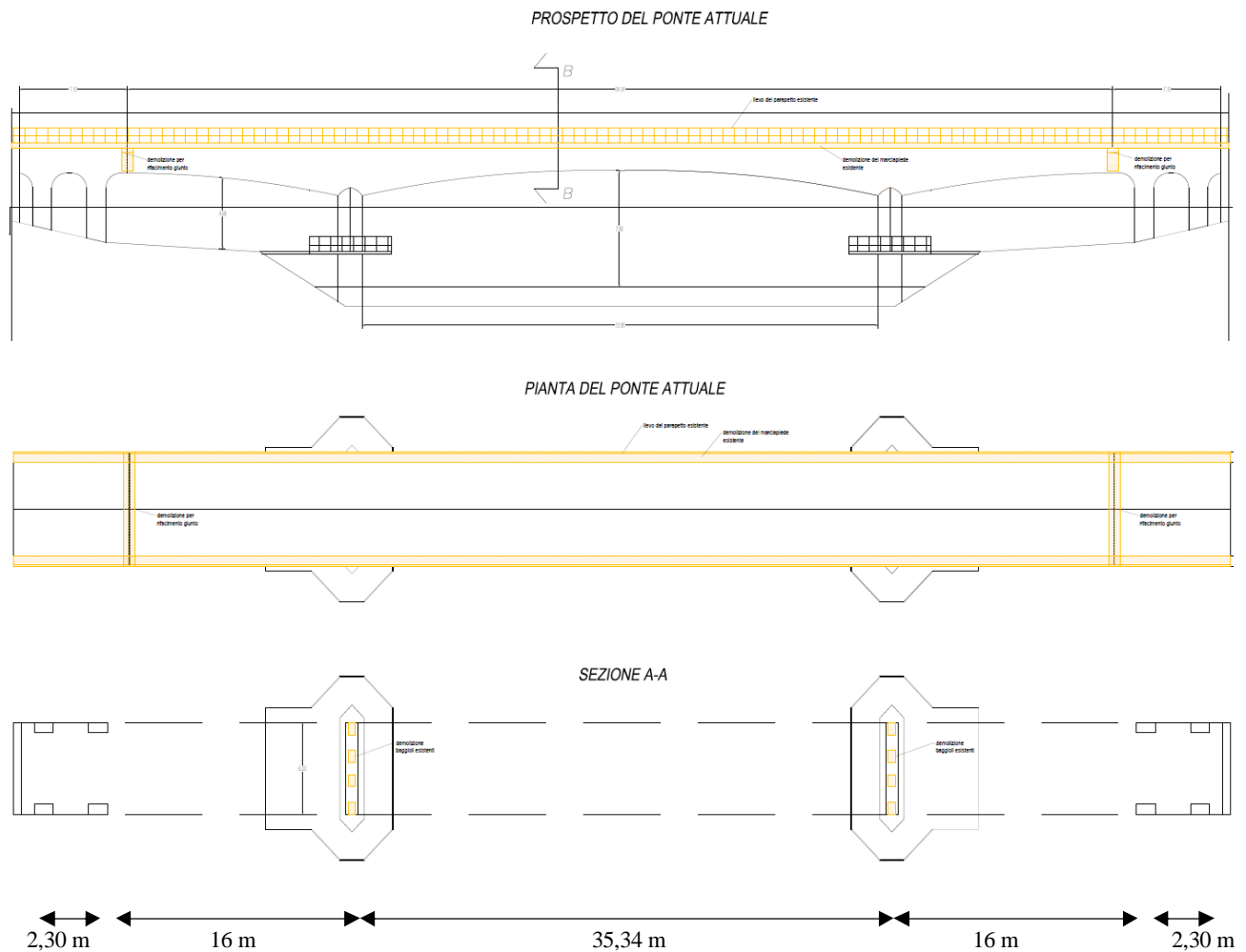
Ponte in c.a. sul canale navigabile (per natanti di classe V) Canal Bianco, ad arco ribassato su tre luci principali e due minori, strutturato con la luce centrale netta ad arco ribassato di 33,80 m sul canale per il passaggio dei natanti (luce di calcolo 35,34 m), due luci laterali sulla strada alzaia a semiarco o a cantilever di 15,24 m, seguite da due luci minori in scarpata spondale di circa 2,3 m. Strutturalmente è concepito con due spalle spondali costituite da un portalino (la luce minore) cui si appoggiano con un giunto di dilatazione i due sbalzi di 14,60 m a cantilever (i semiarchi) che fanno contrappeso alla luce centrale ad arco ribassato. L'elemento di soletta su arco ribassato è lungo così 64,50 m senza giunti, compresi gli sbalzi. L'arco centrale è appoggiato su due pile in alveo, di tipo idrodinamico, di circa 1,60 m di spessore, circondate da ballatoio di ispezione.



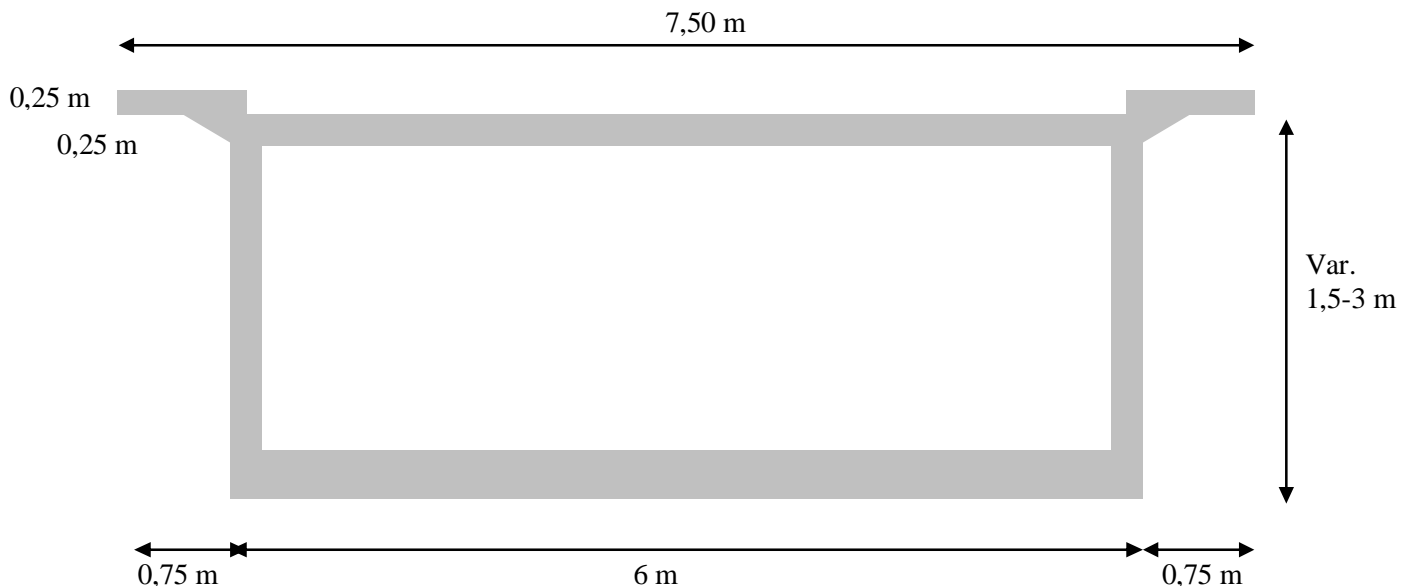
Il manufatto ha lunghezza complessiva 80 m comprese le spalle e 64,50 m di impalcato da giunto di dilatazione a giunto di dilatazione. La struttura del ponte vera e propria di 64,50 m è isostatica su appoggio-cerniera ed è realizzata con un'unica trave a cassone ad altezza variabile da 1,5 a 3 m con due ampi sbalzi ed una luce centrale come sopra descritto.

Vista aerea del ponte su Sp 47dir (via Burchiellara - Comune di Cerea)

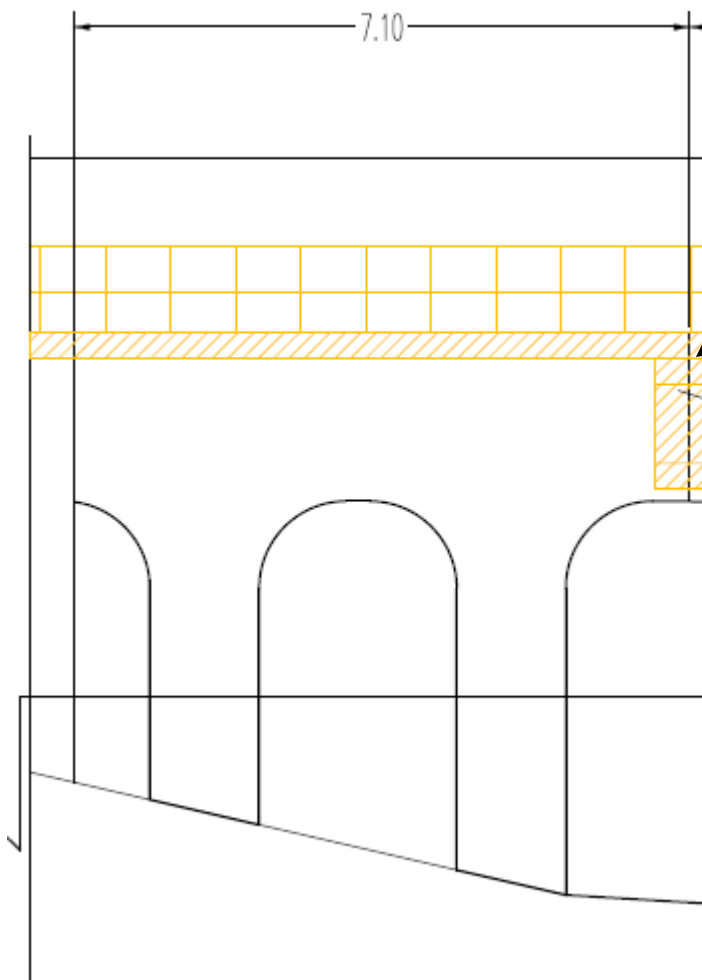
Vista in prospettiva e in pianta del ponte attuale, vista in sezione orizzontale e verticale.  
 Lo schema statico è ad arco ribassato con cerniere o cerniera-appoggio sulle pile e sbalzi (le due luci laterali da 16 m) incastrati alle imposte dell'arco.



La sezione in c.a. del ponte si suppone sia a cassone di larghezza 6 m, oltre due piccoli sbalzi di 0,75 m che reggono il marciapiede, l'altezza è variabile da 1,5 a 3 m, minima in chiave arco centrale e sui giunti, massima sugli appoggi, all'imposta dell'arco e agli incastrati.

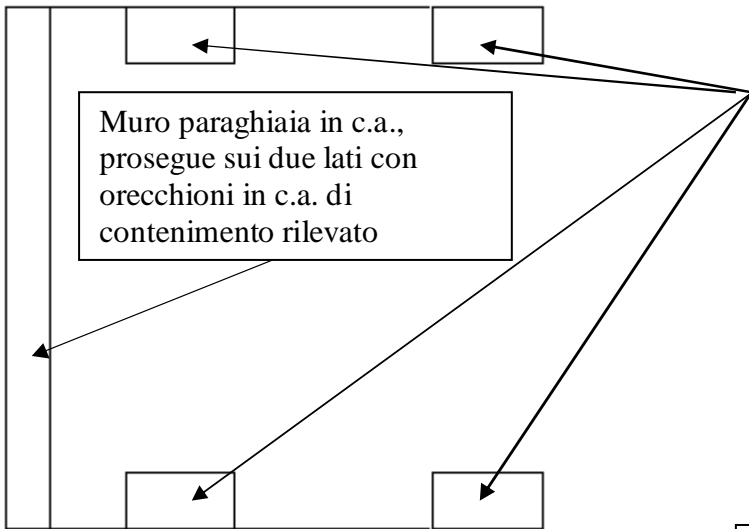


ELEMENTI STRUTTURALI DEL PONTE – SPALLE A PORTALINO



Giunto di dilatazione verticale, attualmente completamente danneggiato e inefficace. L'abbassamento della parte a sbalzo per il transito dei mezzi pesanti sul giunto è veramente notevole, anche di 4-5 cm. Contemporaneo innalzamento del ponte nella luce centrale.

Spalla a portalino prospetto



Muro paraghiaia in c.a., prosegue sui due lati con orecchioni in c.a. di contenimento rilevato

4 pilastri in c.a. 1,20x0,65 m Non svolgendo il portale, allo stato, funzione di sostegno alla luce a sbalzo, i pilastri (facendo astrazione dalla situazione fondale non nota) appaiono sufficientemente dimensionati allo scopo: possono essere gravati da 1200 kN (1770 kN agli S.L.) tra peso proprio, carichi permanenti e carichi accidentali, pertanto soggetti ad una tensione del materiale sensibilmente inferiore ad 1 MPa e prossimo a 1 MPa con carico mobile concentrato su due pile, salvo particolari problemi di eccentricità non valutati.

Spalla a portalino - pianta

## STRUTTURA DEL PONTE – APPOGGI

Non è noto lo schema statico degli appoggi se cerniera-cerniera o più probabilmente cerniera-appoggio, vista la conformazione esterna diversa, si opta per cerniera - appoggio:

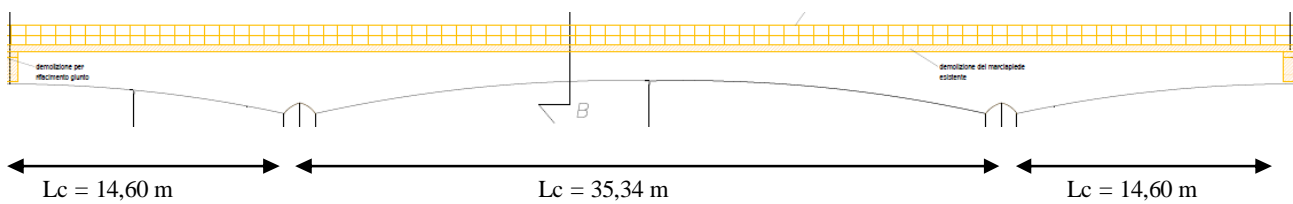


appoggi in sponda sinistra, discontinui su 4 elementi, con particolare sotto, conformazione piana degli elementi. Non distinguibili eventuali cuscinetti.

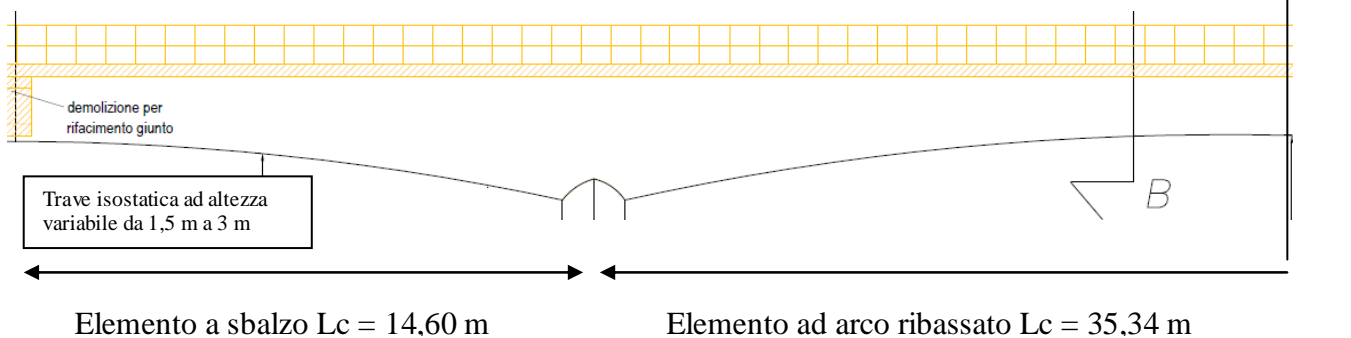


In primo piano l'appoggio in sponda destra, è continuo su tutta la larghezza del ponte e appare chiaramente conformato a sella = chiaramente da considerarsi cerniera. Sullo sfondo l'appoggio in sponda sinistra organizzato su 4 elementi distinti, come meglio dettagliato nelle foto sopra.

## TRAVE AD ARCO RIBASSATO SU DUE APPOGGI CON SBALZI LATERALI



## SEMISTRUTTURA



La struttura, benché probabilmente isostatica o basata su uno schema statico isostatico, appare inusuale: l'elemento a sbalzo ha una luce davvero importante rispetto l'elemento centrale ad arco ed ciò è ancor più percepibile nella raffigurazione della semistruttura, la luce di calcolo dello sbalzo è molto prossima alla semilunghezza della luce dell'arco: si ha perciò una struttura molto flessibile, il suo peso proprio complessivo (trave) è di circa 1000 t, con i carichi permanenti, tuttavia, singoli elementi, come l'arco della luce centrale ha un peso di 400 t circa, confrontabili con i carichi mobili accidentali previsti dalle attuali normative NTC2008, che assommano, per ponti di 1<sup>a</sup> categoria per la luce centrale complessivamente a (distribuito+concentrato su due corsie di carico):  $3,45 \times 35,40 + 100 = 222,13$  t.

Similmente per lo sbalzo, si ha un pp+cp di 175 t con carichi mobili di: 150,37 t.

Che la struttura venga fortemente sollecitata a fronte delle sue caratteristiche dimensionali dai carichi mobili previsti per normativa, peraltro abbastanza assimilabili al transito di moderni mezzi d'opera (fino a 56 t totali transito consentito da CDS non eccezionale) lo si nota anche per le frecce davvero importanti che il ponte presenta, anche per il passaggio di un solo mezzo pesante, come si ha attualmente occorrenza osservare, per il restringimento della carreggiata ad una sola colonna di carico come misura cautelativa attualmente realizzata dal servizio viabilità.

Dalle foto è possibile evincere che il flusso di traffico pesante è intenso: è possibile vedere più mezzi pesanti impegnare contemporaneamente la struttura del ponte, pertanto le verifiche di normativa con l'ipotesi di un doppio asse tandem coincidente nei due sensi di marcia potrebbero non essere esaustive della situazione reale.

Peraltro la larghezza della carreggiata attuale di 6,10 m obbliga necessariamente ad una verifica del manufatto con due colonne di carico.

Anche con il transito di un solo mezzo pesante per volta, come si è inteso ottenere con le restrizioni al traffico in ordinanza, si percepisce facilmente l'abbassamento del giunto di dilatazione (che a vista è di alcuni cm), semplicemente stando sul ponte: l'abbassamento dello sbalzo all'ingresso del mezzo sul ponte, l'innalzamento dello stesso con il mezzo in mezz'aria della luce centrale, di nuovo il sensibile abbassamento del giunto, con il transito del carico mobile in uscita dal ponte.

Una valutazione molto speditiva dello schema statico ipotizzato e della struttura conferma in pieno ciò che si percepisce visivamente e fisicamente con il transito dei mezzi sul ponte:

l'inerzia  $J$  della trave a cassone, raddoppiando la sua altezza tra chiave o giunti di dilatazione e sezioni di appoggio, è molto variabile e, con le misure usuali, puramente ipotizzate, non verificate, degli spessori normalmente in uso per le parti di membratura, si può stimare che vari da circa  $17.000.000 \text{ cm}^4$  a  $135.000.000 \text{ cm}^4$  tra la sezione di minima altezza e quella di massima. Con un valore medio del modulo di elasticità (non è conosciuta né la geometria interna della trave né alcuna caratteristica dei materiali),  $E = 30000 \text{ MPa}$ ;

è facile verificare con le usuali formule che il transito di assi tandem realistici, da 12 t ciascuno, come sono stati osservati, comportano un abbassamento di diversi cm sul giunto nel passaggio sullo stesso, l'innalzamento di 3 cm circa della mezzeria della luce centrale, pertanto la deformata dell'arco si riflette sugli sbalzi e si ottiene un abbassamento complessivo per la somma delle due deformazioni di ben circa 5 cm, parte per deformata propria dello sbalzo, parte per rotazione sull'appoggio per deformata della luce centrale al momento della mensola, contestualmente, si abbassa (di circa metà) anche l'estremo opposto dell'altra mensola.

Indenticamente il carico mobile che transita nella sezione di mezzeria abbassa l'arco in chiave e alza gli estremi delle mensola incastrate delle luci laterali. E' evidente che l'accesso sul ponte di un altro mezzo pesante in questo momento amplifica notevolmente i momenti di incastro della trave, che costituisce l'impalcato, sugli appoggi.

## INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto è quindi strutturato su due tipi di intervento:

- un progetto di adeguamento completo, non solo un ripristino del manufatto (demolizione delle parti ammalorate e ricostituzione di copriferri con malte tixotropiche a ritiro compensato, sostituzione dei giunti di dilatazione, sollevamento del ponte e realizzazione di apparecchi di appoggio), con un adeguamento consistente in un modesto allargamento dell'impalcato per accogliere cordoli idonei alla posa di barriere di sicurezza bordo ponte a norma, contempla inoltre un intervento più pesante, che prevede la modifica della statica del manufatto, con opere definitive, che consentano di ovviare al problema dell'eccessiva flessibilità della struttura sugli sbalzi in corrispondenza dei giunti.
- La seconda soluzione progettuale prospettata non prevede modifiche strutturali, pertanto il ponte viene ripristinato con l'eliminazione degli ammaloramenti, adeguato solo in merito alla posa di barriere di sicurezza a norma e quindi con demolizione e rifacimento di cordoli, mantenendo lo stesso funzionamento statico attuale.

La scelta dell'intervento deve essere attentamente valutata e supportata da una conoscenza ben più approfondita del manufatto, attualmente molto limitata (non si conosce di fatto la struttura e tantomeno l'armatura, non si conosce il progetto del ponte e il tipo di verifiche cui è stato assoggettato e sotto quali normative). Indubbiamente se si sceglie la seconda strada, di costi chiaramente più contenuti, dovrà essere attentamente valutato il tipo di giunto da utilizzare, in quanto l'escursione verticale differenziale cui sono soggette le due parti di struttura che affacciano in corrispondenza del giunto è notevole e normali giunti non sono idonei allo scopo.

A fronte di un solo ripristino del ponte, risulta peraltro inaccettabile la creazione di un gradino di 5 cm sul piano viabile per l'incrocio nei due sensi di marcia di due mezzi pesanti contemporaneamente sul giunto, ciò crea problemi non solo alle barriere di sicurezza ma anche a tutta la struttura con continue percussioni.

Il problema dell'eccessivo abbassamento per eccessiva flessibilità della struttura dell'impalcato deve essere affrontato e risolto con idonei presidi.

Tutto questo ragionevolmente potrà essere fatto dopo che la conoscenza della struttura e le verifiche strutturali che saranno state condotte nelle fasi successive della progettazione, potranno determinare



che vi è idoneità all'utilizzo della struttura come ponte di prima categoria, secondo le attuali normative in vigore (NTC2008), stante la necessità di transito di numerosi carichi pesanti.

Nel caso la struttura a seguito degli approfondimenti conoscitivi non risulti idonea bisogna mettere in atto interventi atti a riqualificarla. Pertanto, alla luce di quanto sopra, sembrerebbe più cautelativo considerare fin da subito una soluzione che preveda anche interventi volti a riqualificare la struttura. Nel progetto, nelle tavole grafiche e nel CME ne è stato esemplificato uno, che prevede la realizzazione di due nuove spalle fondate su pali trivellati in corrispondenza degli attuali giunti di dilatazione, creando quindi due nuovi appoggi negli estremi dell'impalcato dotati di apparecchi d'appoggio antisismici eliminando quindi la flessibilità dell'attuale struttura a sbalzo.

Ciò implica modificare lo schema statico, passando da una struttura isostatica ad una iperstatica sostanzialmente di trave a tre campate, con le conseguenze del caso che devono essere approfondite e studiate: considerando i carichi mobili in varie posizioni sull'impalcato, in quasi tutti i casi l'effetto risulterà benefico per la struttura, con una riduzione della sollecitazione - ad esempio, considerando il carico mobile di normativa (2 assi tandem da 300 kN ciascuno in contemporanea con altri due sull'altra corsia da 200 kN) in fase di ingresso del carico sull'impalcato in corrispondenza delle nuove spalle, non si genera più l'elevato momento negativo in appoggio, bensì momento nullo, quando poi il carico mobile transita nella mezzeria della prima luce, si genera un momento negativo in appoggio mediano sempre minore di quello che si genera nello schema isostatico originale, ma si genera anche un nuovo momento positivo, non trascurabile, in mezzeria della prima campata, per il quale la struttura non era prevista. Salvo verifiche successive, con miglior conoscenza della struttura e della sua armatura, potrà essere necessario quindi provvedere dei rinforzi per assorbire le nuove sollecitazioni a momento positivo non previste. A tal fine è stato contabilizzato nel progetto dell'acciaio lento aggiuntivo (potrebbero essere anche fibre di carbonio), per quanto l'uso di armatura aggiuntiva, nel caso specifico, risulta difficoltoso, infatti, data la conformazione dell'intradosso dello sbalzo, leggermente concava, essa non si presta alla posa di acciaio aggiuntivo curvo, difficile da staffare pesantemente e fittamente come richiederebbe per un corretto funzionamento, con il risultato che, entrando in trazione, espellerebbe il copriferro e perderebbe la sua efficacia. Men che meno per le fibre di carbonio, molto più facili come posa per incollatura, ma posate su superficie concava strapperebbero il cls dell'intradosso entrando in trazione. Per ovviare tale problema, qui volutamente non analizzato a fondo, potrebbe essere più opportuno posare dei trefoli da precompressione all'interno della struttura a cassone, oppure, in alternativa, la posa di carpenteria in acciaio esterna.

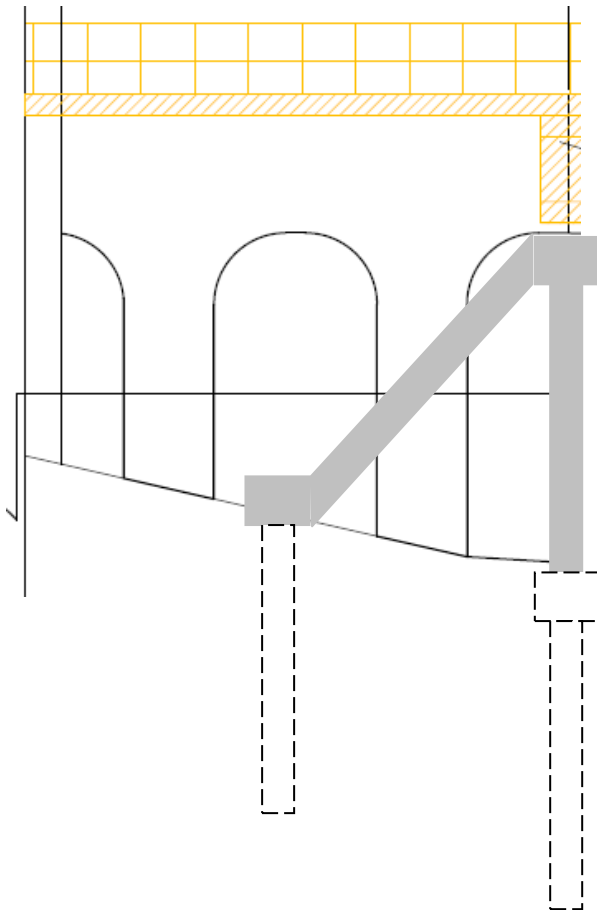
Identico ragionamento deve essere fatto anche per l'assorbimento dei nuovi sforzi di taglio che si generano con la modifica strutturale sopra descritta.

Anche le nuove pile previste in progetto, sono piuttosto complesse da realizzare, potrebbero essere sostituite da altri dispositivi più facili da realizzare, anche esterni al portalino, non necessariamente in c.a. ma eventualmente anche in acciaio o in tecnica mista: una volta approfondita la situazione statica del portalino, del quale attualmente non è nota la situazione fondazionale, questo potrebbe anche essere sfruttato in parte o del tutto per integrare un sistema d'appoggio per lo sbalzo ed ottenere quindi gli ulteriori due appoggi stabili e sicuri, ottenendo una collaborazione dalle attuali spalle.

La struttura del portale-spalla, considerando la sola struttura verticale delle 4 pile e facendo astrazione dal muro posteriore paraghiaia, che non è stato possibile identificarne le caratteristiche e tantomeno la possibile collaborazione (sulla quale è però lecito dubitare, si veda la foto della fondazione della spalla destra a pag. 11 della relazione illustrativa), risulta probabilmente dimensionata per i carichi verticali mobili propri della superficie viabile del portale-spalla, della lunghezza di 7,10 m.

Infatti le dimensioni delle pile sono compatibili con i carichi mobili che possono insistere sul tratto di superficie viabile di competenza della spalla. Non è noto allo stato se tale portale è in grado di assumere quota parte dei carichi dello sbalzo e fornire quindi punto di appoggio a tale parte della struttura che costituisce l'impalcato.



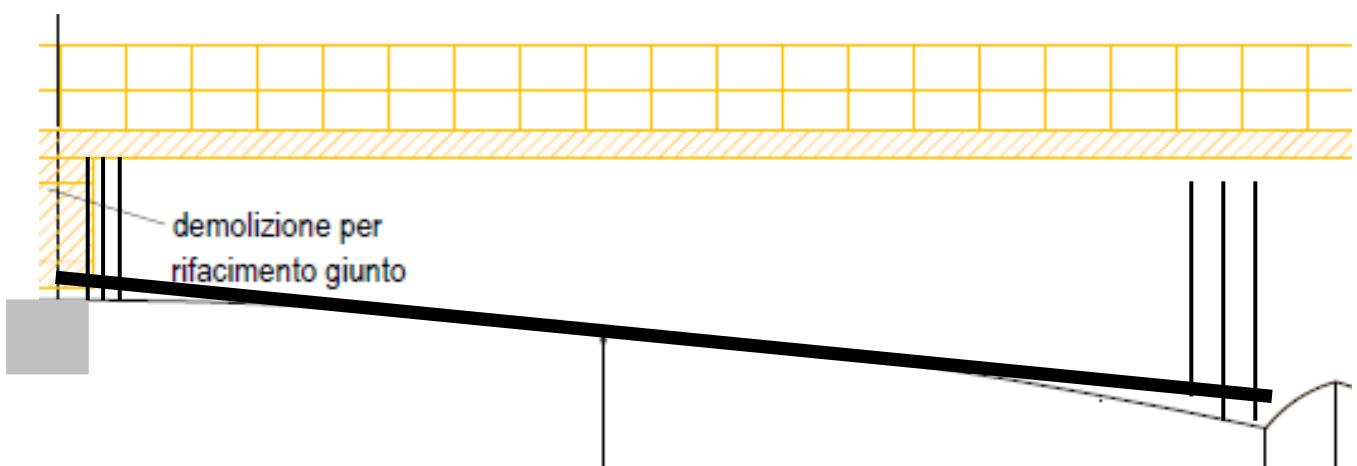


### SPALLE A PORTALE

Possibile struttura anche esterna (più facilmente realizzabile per le palificazioni di fondazione che saranno inevitabilmente necessarie), con funzioni anche antisismiche oltre che di appoggio aggiuntivo sugli sbalzi. La struttura deve essere dotata di apparecchi di appoggio antisismici.

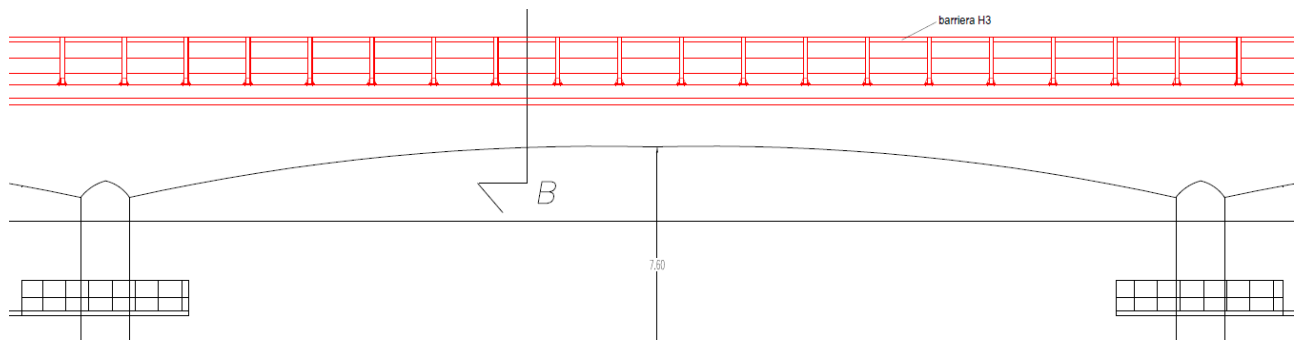
Non è da escludere una eventuale collaborazione tra struttura a portale attuale e rinforzo, al contrario, in caso di verifica di inadeguatezza di questa, la nuova struttura di appoggio potrebbe essere del tutto autonoma e in grado di assicurare da sola la portanza richiesta, in alternativa potrebbe risultare conveniente anche solo un intervento di rinforzo fondale della struttura della spalla. L'attuale passaggio su strada alzaia a fianco del canale sotto il fornice misura circa 10 m in larghezza, si ridurrebbe a circa 8 m, quindi sempre sufficiente per il transito anche di un mezzo d'opera. L'altezza minima di sottotrave resta invariata pari a 4,16 m.

### INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SULLO SBALZO DELLA TRAVE IMPALCATO



Possibile rinforzo in carpenteria per momento positivo dello sbalzo, eventualmente esterno, oppure con realizzazione più complessa con trefoli interni. Eventuali rinforzi a taglio da valutare.

## CAMPATA CENTRALE



La campata centrale, invece, riceve soltanto benefici dall'aggiunta di due appoggi negli estremi degli sbalzi, in quanto, al transito del carico mobile in mezzeria, si ha un momento positivo in mezzeria ridotto e, naturalmente, nasce un momento negativo sugli appoggi centrali, che però è sempre minore del momento negativo di incastro che viene impresso allo stato attuale sugli appoggi con il carico mobile in estremità di sbalzo.

Tutte le analisi fin qui condotte possono e devono essere approfondite con verifiche con combinazioni di carichi mobili più complesse di quanto previsto nelle NTC2008, tuttavia da tutte le ipotesi più plausibili di disposizione dei carichi sulle tre campate, l'adeguamento completo migliora in tutti i casi il sistema di sollecitazioni che cimenta la campata centrale.

## DATI DEL TRAFFICO

Sono mancanti specificatamente per la Sp 47dir, ma si stima che sia di tipo III, sulla scorta delle misurazioni del traffico sulla vicina Sp 46 "di Torretta", dove il TGM non è elevatissimo (4000 ca), ma la percentuale dei mezzi pesanti supera il 15%. (Tipo III TGM > 1000, percentuale mezzi pesanti > 15%).

## COSTO PREVISTO DELLE DUE SOLUZIONI DI INTERVENTO

Nel caso del solo ripristino del manufatto è stato stimato un costo complessivo dell'intervento di 760.000,00 euro, con 497.100,00 euro di lavori e 262.900,00 euro di somme a disposizione.

Nel caso dell'adeguamento completo si è stimato un costo complessivo di 1.060.000,00 euro con 672.000,00 euro di lavori e 388.000,00 euro di somme a disposizione.

Quest'ultimo è il tipo di intervento auspicabile, dato che la flessibilità del manufatto nello schema attuale per transito dei carichi mobili non è compatibile con le caratteristiche del piano viabile ed è foriero di futuri ulteriori danni per effetti dinamici normalmente non compatibili con il tipo di struttura.