
COMUNE DI PADOVA



PROGETTO ESECUTIVO
INTERVENTI DI RECUPERO STRUTTURALE DEL
CAVALCAVIA BORGOMAGNO



COMMITTENTE: COMUNE DI PADOVA
Settore Lavori Pubblici

RUP: ING. MASSIMO BENVENUTI

PROGETTISTA
STRUTTURALE: ING. MASSIMILIANO LAZZARI
Collaboratore: ING. LUCA PELLIZZER



Laboratorio di Archeologia, Ingegneria, Restauro e Architettura
via Tagliamento, 8 - 35036 Montegrotto Terme (PD)
tel. fax 049 8911890 e-mail info@laira.it

titolo

Relazione tecnica

elaborato

data

scala

revisione

B

13/12/2019

0

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto dell'intervento	4
2	RICOSTRUZIONE STORICA	5
3	RICOSTRUZIONE TIPOLOGICA	6
4	CRITERI PROGETTUALI DELL'INTERVENTO.....	7
5	ANALISI DELLO STATO DI FATTO E DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI	8
5.1	Cavalcaferrovia storico ❶	8
5.1.1	Descrizione	8
5.1.2	Interventi di rinforzo successivo	12
5.1.3	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	12
5.1.4	Principali fenomeni di degrado osservati.....	14
5.1.5	Interventi di recupero strutturale	14
5.2	Allargamento del cavalcaferrovia storico ❷	16
5.2.1	Descrizione	16
5.2.2	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	18
5.2.3	Principali fenomeni di degrado osservati.....	18
5.2.4	Interventi di recupero strutturale	19
5.3	Impalcato ❸	20
5.3.1	Descrizione	20
5.3.2	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	21
5.3.3	Principali fenomeni di degrado osservati.....	23
5.3.4	Interventi di recupero strutturale	23
5.4	Prolungamento del cavalcavia storico ❹	26
5.4.1	Descrizione	26
5.4.2	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	27
5.4.3	Principali fenomeni di degrado osservati.....	27
5.4.4	Interventi di recupero strutturale	27
5.5	Tratto ❺	28
5.5.1	Descrizione	28
5.6	Cavalcavia est su via Avanzo ❻	29
5.6.1	Descrizione	29
5.6.2	Interventi di rinforzo successivo	30

5.6.3	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	30
5.6.4	Principali fenomeni di degrado osservati.....	31
5.6.5	Interventi di recupero strutturale	31
5.7	Sovrappasso di via Eremitano ⑦	32
5.7.1	Descrizione.....	32
5.7.2	Interventi di rinforzo successivo	33
5.7.3	Documentazione fotografica dello stato di fatto.....	33
5.7.4	Principali fenomeni di degrado osservati.....	33
5.7.5	Interventi di recupero strutturale	33
6	CONSIDERAZIONI FUNZIONALI.....	34
6.1	Assenza di barriera di sicurezza	34
6.2	Assenza di salubrità degli ambienti.....	37
7	CONSIDERAZIONI INGEGNERISTICHE DI CARATTERE GENERALE.....	38
8	CONSIDERAZIONI SULLE ATTIVITÀ.....	40

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tratta la descrizione dello stato di fatto e gli interventi di recupero strutturale del Cavalcavia Borgomagno, situato nei pressi della stazione ferroviaria di Padova. Si tratta di un'opera che presenta delle problematiche legate al verificarsi di fenomeni di degrado. Tali fenomeni, oltre a compromettere la durabilità di alcuni elementi strutturali, hanno provocato il distacco di pezzi di calcestruzzo (copriferri) nella sede ferroviaria e nelle sedi stradali introducendo quindi una problematica legata alla sicurezza degli utenti.

Sebbene nel programma di sviluppo cittadino sia prevista nel medio periodo l'abbattimento dell'intera struttura esistente e l'eventuale realizzazione di un nuovo scavalco, la situazione attuale, monitorata da recenti ispezioni svolte dai tecnici del Comune di Padova e di RFI ha comunque messo in luce la necessità di intervenire.

L'obiettivo dell'ente è quello di risolvere le maggiori criticità presenti in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria legate ai fenomeni di degrado, in modo tale da consolidare l'opera consentendo di estenderne la vita utile per un periodo stimato in 10 anni.

In questa relazione si tratteranno quindi i seguenti punti:

- Descrizione della struttura esistente;
- Analisi delle maggiori criticità rilevate;
- Descrizione degli interventi proposti.

Gli interventi individuati potranno essere adattati durante l'attività di esecuzione dei lavori in funzione dello stato di conservazione effettivamente riscontrato negli elementi strutturali al momento delle attività. Eventuali altri interventi non evidenziati in fase di progetto potranno rendersi necessari nel caso in cui, durante l'esecuzione dei lavori, si manifestino stati di degrado ulteriori non prevedibili o non valutabili durante la fase di progettazione.

1.1 Oggetto dell'intervento

Il cavalcavia Borgomagno risulta essere un complesso strutturale molto articolato. L'intera opera si estende per una lunghezza complessiva di circa 150 m, dal superamento di Via Eremitano (direzione centro città) al passaggio su via Avanzo (direzione Arcella). Nella parte centrale invece è collocato il cavalcaferrovia.

L'impalcato risulta essere suddiviso in due carreggiate:

- Carreggiata lato est: destinata al transito del tram (sono installate due monorotaie) e in generale dei mezzi del trasporto pubblico. È provvista inoltre di un'ampia fascia destinata a marciapiede e pista ciclabile;
- Carreggiata lato ovest: destinata al transito del traffico ordinario, prevede due corsie, una per senso di marcia, e un marciapiede sul lato esterno.

Le due carreggiate sono caratterizzate da un andamento altimetrico differente e sono separate da una sorta di cordolo (non idoneo al transito dei mezzi) privo di guardrail.

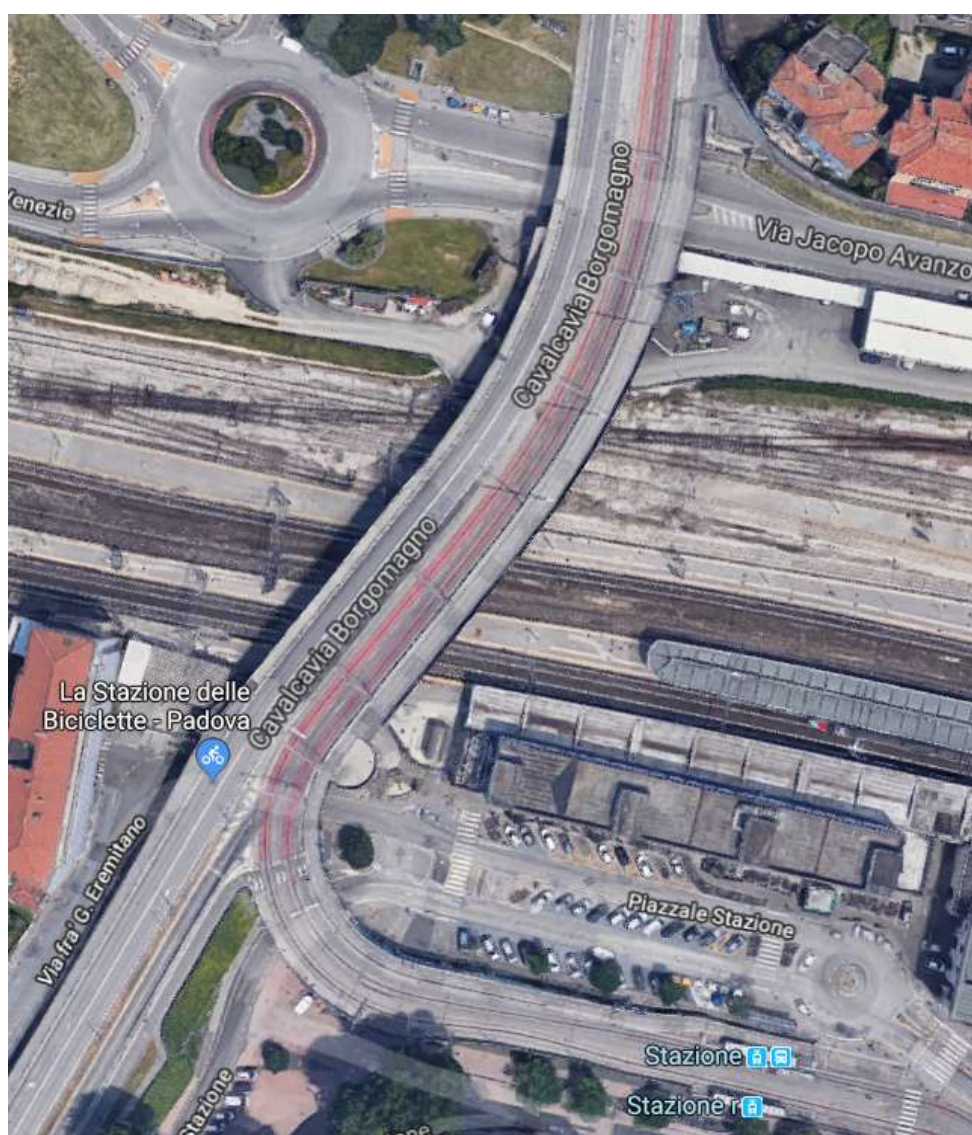


Figura 1 Immagine satellitare del cavalcavia Borgomagno

2 RICOSTRUZIONE STORICA

L'intera opera risulta essere stata realizzata in più stralci, in diversi periodi storici e con diverse tipologie costruttive. Dal materiale messo a disposizione dello scrivente le principali fasi di sviluppo dell'opera sono state le seguenti:

- 1903** L'Amministrazione, dopo aver vagliato diverse proposte progettuali, deliberò i lavori nel 1899 stipulando una convenzione con l'allora Amministrazione Ferroviaria e affidò i lavori all'impresa ing. Porcheddu Giovanni Antonio. Venne quindi realizzato il primo cavalcavia che comprendeva 3 campate di scavalco ferroviario e il sovrappasso di via Eremitano.
- 1948** Il Comune di Padova deliberò una convenzione per la ricostruzione della Stazione ferroviaria e del cavalcavia, dopo anni di attesa, nel 1957 divenne urgente l'allargamento cosicché vennero affidati i lavori alla Società Appalti Lavori carpenteria S.A.L.C. che realizzò l'intervento nel 1959 realizzando l'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo in corrispondenza delle 3 campate ferroviarie e totalmente in calcestruzzo nella prosecuzione verso via Avanzo.
- 1969** Le FF.SS. richiamata l'attenzione del Comune di Padova sulla necessità di intervenire sulla statica delle travi in c.a. del cavalcavia storico che presentavano condizioni di grave pericolosità (distacco di blocchi di calcestruzzo su una locomotiva in transito) furono affidati i lavori di ripristino delle strutture in c.a. alla ditta Fratelli Ferraro S.n.c. che furono completati nel 1977.
- 1991** L'ing. Giovanni Zuccolo, su incarico dell'Amministrazione Comunale, a seguito di una analisi sul degrado e sulla durabilità dei manufatti redasse un progetto generale di ripristino e rafforzamento delle strutture su tutti gli impalcati (campata su via Eremitano, terna di campate ferroviarie, campata su via Avanzo, e passerella metallica).
- 1991-1995** Per l'incremento delle linee ferroviarie in partenza dalla stazione di Padova si rese necessario l'ammodernamento della struttura che costituiva la prosecuzione verso Nord del cavalcavia storico (struttura costituita da archi in muratura di piccola luce in serie) e venne quindi costruito un impalcato in acciaio con soletta in c.a..
- 2000- 2010** Attività di verifica delle strutture esistenti per la nuova destinazione d'uso della carreggiata est a linea tranviaria svolta dallo studio Iconia di Padova.
- 2011** L'ing. Lamberto Briseghella, su incarico dell'Amministrazione Comunale, ha predisposto un progetto di manutenzione straordinaria sulle pile e sull'impalcato in corrispondenza degli appoggi della carreggiata ovest del cavalcavia in struttura mista.

3 RICOSTRUZIONE TIPOLOGICA

Viene riportata di seguito uno schema che identifica in modo qualitativo le diverse tipologie di impalcati presenti che costituiscono l'intero cavalcavia Borgomagno.

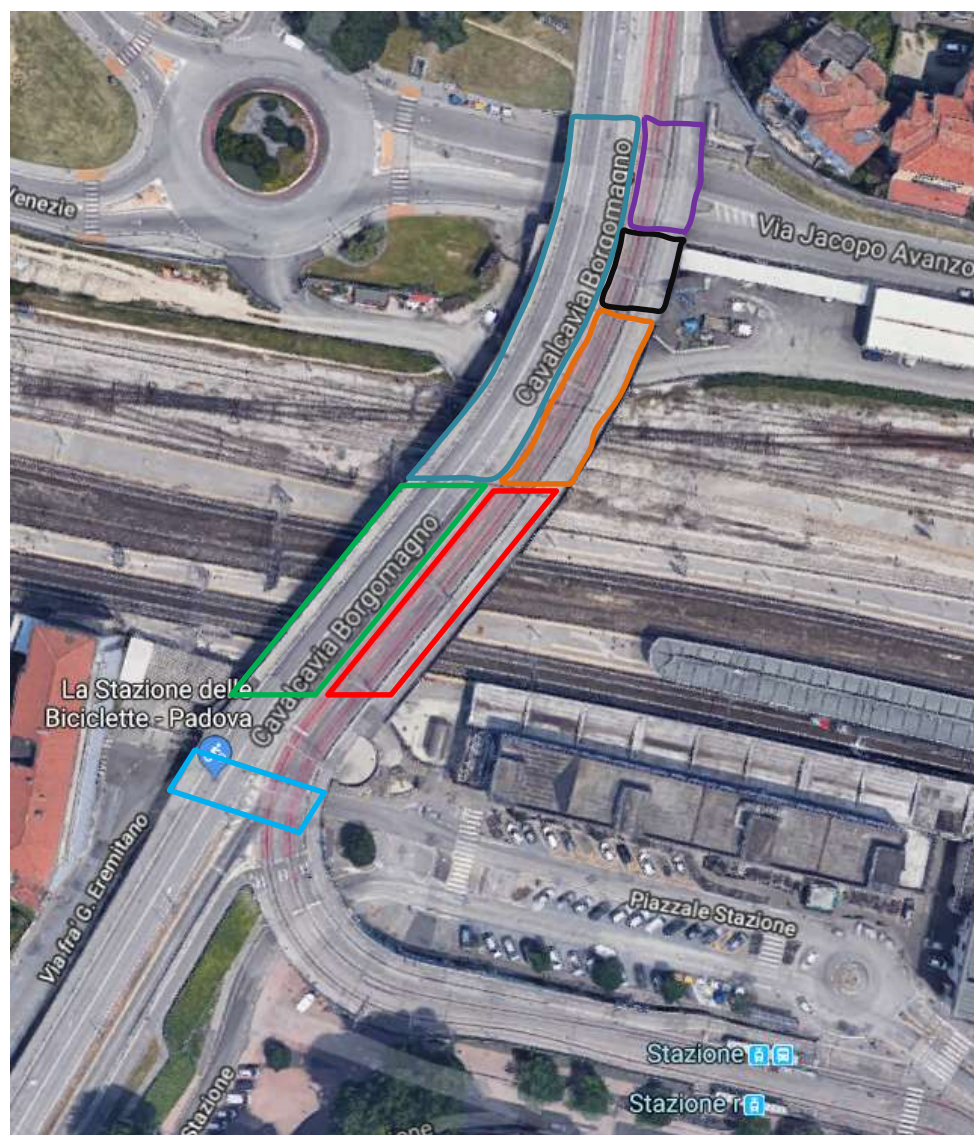


Figura 2 Individuazione tipologie strutturali presenti

- ① Cavalcaferrovia storico del 1903 con pile in muratura e travi in c.a. Sul lato est è presente un allargamento in struttura metallica per sostenere la pista ciclopedonale.
- ② Allargamento del cavalcaferrovia storico, oggetto successivamente degli interventi di manutenzione straordinaria del 2011. Pile in calcestruzzo e impalcato in struttura mista acciaio – calcestruzzo.
- ③ Impalcato in calcestruzzo armato coevo all'impalcato tipo ②.
- ④ Impalcato in struttura mista acciaio – calcestruzzo in prosecuzione dell'impalcato storico ①
- ⑤ Terrapieno
- ⑥ Cavalcavia est in calcestruzzo armato su via Avanzo
- ⑦ Sovrappasso su via Eremitano

4 CRITERI PROGETTUALI DELL'INTERVENTO

Il criterio progettuale che ha condotto alla definizione degli interventi descritti in questa relazione e negli elaborati grafici che la accompagnano è riportato al §8.4.1 delle NTC2018: “ripristino, rispetto alla configurazione precedente al danno, delle caratteristiche iniziali degli elementi o parti danneggiate”. Gli interventi previsti, e più avanti analizzati nel dettaglio non producono infatti alcuna sostanziale modifica al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e si collocano quindi nell'ambito degli interventi di riparazione locale.

In particolare, gli interventi A e C1 prevedono rispettivamente l'integrazione delle armature esistenti mediante l'installazione di barre d'armatura in fibra di vetro e il rinforzo degli elementi metallici oggetto di corrosione pesante mediante la saldatura di piatti metallici integrativo alle sezioni ridotte dai fenomeni di ossidazione.

I rimanenti interventi, non hanno invece un vero e proprio carattere strutturale ma si possono intendere come interventi atti ad affidare alle strutture una adeguata durabilità che consentirà loro di conservare le proprie caratteristiche per i successivi anni.

Per la limitata disponibilità economica dell'amministrazione gli interventi sono stati concentrati nella zona dello scavalco ferroviario. Gli interventi necessari per il ripristino delle strutture poste fuori dall'ambito ferroviario saranno oggetto di un altro progetto e di un successivo appalto.

5 ANALISI DELLO STATO DI FATTO E DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

In questo capitolo vengono riportate per ciascuna porzione di impalcato che costituisce l'intera opera una serie di immagini fotografiche scattate dallo scrivente nel corso dei sopralluoghi effettuati al fine di consentire una veloce identificazione della parte in esame e di mettere in luce le principali criticità. In seguito vengono evidenziate le problematiche e i possibili interventi atti a risolverle.

5.1 Cavalcaferrovia storico ①

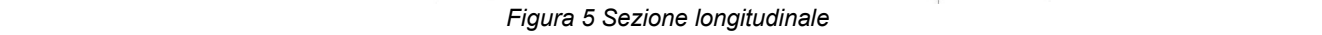
5.1.1 Descrizione

Il cavalcaferrovia storico è costituito da 3 campate di luce netta 17.84 m – 17.87 m – 6.93 m a partire da sud. La spalla sud e le pile centrali sono di tipo massivo, mentre la spalla nord è costituita da una parete in cls di spessore 80 cm. Ciascun impalcato conta 8 travi poste ad interasse 1.60 m. Le travi delle campate di luce maggiore presentano alle estremità dei rinforzi estesi per 1.20 m che ne consentono un aumento di sezione in altezza. Le travi non sono collegate da traversi ma solo dalla soletta di spessore 18 cm che rappresenta anche l'unico elemento di ripartizione. L'attacco della soletta non avviene all'estradosso delle travi, ma bensì in posizione intermedia. Sul prospetto est è fissata nelle pile una struttura metallica che consente di ospitare nell'impalcato soprastante la passerella ciclopedonale. L'impalcato attualmente ospita la sede tranviaria.



Figura 3 Prospetto est del cavalcaferrovia storico

Figure 1 is a schematic diagram of the experimental setup. It shows a subject seated at a table, looking at a video screen. A vertical scale bar labeled 'B' is positioned between the subject and the screen. The screen displays a horizontal line with a vertical tick mark. Below the screen, a horizontal line is labeled 'PRIMA CARATA FISSATA' on the left and 'SECONDA CARATA FISSATA' on the right. A vertical line labeled 'B' is also shown below the screen. The subject's eye is positioned at a distance 'B' from the screen. The screen is at a distance 'B' from the subject's eye. The screen is at a distance 'B' from the subject's eye.



L'opera venne realizzata nel 1903 dalla Società Porcheddu adottando il metodo Hennebique, la società era infatti concessionaria per l'Italia del sistema costruttivo brevettato da Francois Hennebique basato sulla realizzazione di strutture in calcestruzzo armato impiegando barre d'armatura piegate e staffe.



Figura 8 Foto storica del collaudo del cavalcavia della stazione 1903



Figura 9 Foto storica della costruzione delle travi del cavalcavia della stazione 1903

A scopo puramente informativo si riportano alcune figure che descrivono il sistema Hennebique, che insieme al sistema Monier furono i precursori del calcestruzzo armato.



Figura 10 Timbro utilizzato dal Bureau Hennebique per ricordare la necessità di terminare le barre di armatura con piegature ad uncino e di disporre di ancoraggi agli estremi



Figura 12 Brevetto Sistema Hennebique

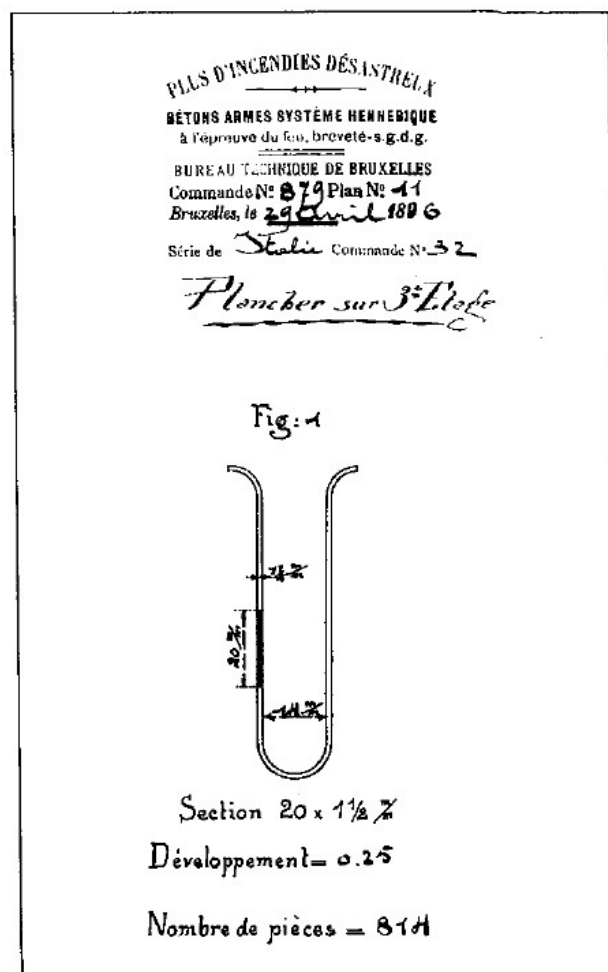


Figura 11 Foglio prestampato con indicate le dimensioni delle staffe delle travi, proveniente dal Bureau Technique de Bruxelles

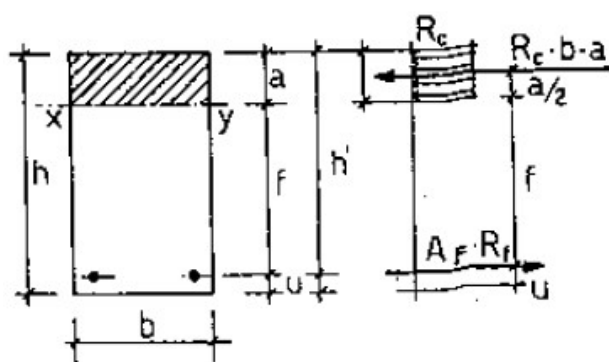


Figura 13 Metodo di calcolo delle travi inflesse secondo il sistema Hennebique

5.1.2 Interventi di rinforzo successivo

Nel corso della sua vita l'impalcato è stato oggetto di due importanti interventi di ripristino e rinforzo:

- 1971-1973 Furono eseguiti lavori di ripristino strutturale della ditta F.lli Ferraro basati essenzialmente sul ripristino dei calcestruzzi degradati o mancanti con malte antiritiro (tipo embeco) e sulla passivazione delle armature esposte.
- 1991 Furono eseguiti lavori di ripristino e rinforzo strutturale per ovviare oltre che ai fenomeni di degrado che erano tornati a manifestarsi anche alle carenze strutturali emerse dall'aggiornamento normativo rispetto al periodo di costruzione.

5.1.3 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Si riportano di seguito alcune immagini che descrivono lo stato di fatto e le zone con maggiori criticità.



Figura 14
Campata 3 - Distacco del copriferro e fenomeni di
corrosione delle armature nella trave di bordo lato est



Figura 15
Campata 3 - Estesi fenomeni di fessurazione del
calcestruzzo

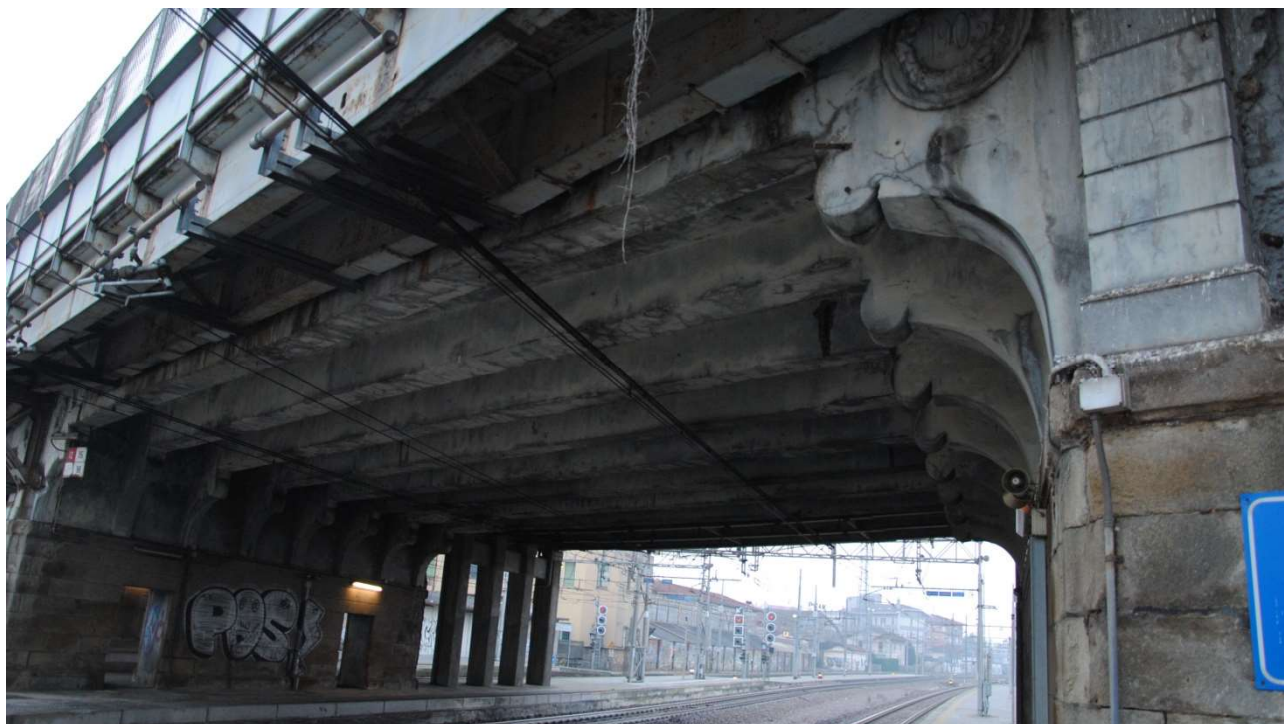


Figura 16
Campata 2 – Fenomeni di fessurazione diffusa



Figura 17
Mensole di sostegno passerella e impalcato della passerella
Fenomeni di ossidazione e di percolamento delle acque dall'impalcato

5.1.4 Principali fenomeni di degrado osservati

Generalmente l'impalcato storico non manifesta preoccupanti stati di degrado tranne che per la campata di luce minore che mostra nelle travi di bordo uno stato di conservazione compromesso. Si evidenzia in mezzeria un avanzato stato di degrado che ha portato al distacco del copriferro e alla corrosione delle armature longitudinali inferiori delle travi. È da segnalare come queste travi, che sono caratterizzate da un intradosso arcuato non siano stata oggetto degli interventi di ripristino del 1991.

La passerella metallica evidenzia un diffuso fenomeno di ossidazione, ma gli elementi che maggiormente sono oggetto dei fenomeni di corrosione sono le mensole metalliche.

5.1.5 Interventi di recupero strutturale

A) Interventi di ripristino delle zone maggiormente degradate

Nelle zone soggette ai fenomeni di degrado più intensi (ad es. quelli evidenziati in Figura 14 e Figura 15) si propone un intervento che si articola nei seguenti punti:

- Rimozione del calcestruzzo ammalorato (fortemente fessurato e/o carbonatato e/o aggredito da cloruri) mediante idroscarifica a 800 bar, ottenendo alla fine un supporto macroscopicamente ruvido;
- Pulizia delle barre d'armatura, valutazione della sezione resistente residua e protezione delle stesse mediante passivanete cementizio tipo *BASF MasterEmaco P5000AP*;
- Integrazione dell'armatura mediante barre in fibra di vetro tipo *BASF MasterBrace BAR*;
- Installazione dei connettori a L in fibra di vetro;
- Installazione di rete in acciaio inox;
- Ripristino della sezione dell'elemento mediante applicazione a spruzzo di betoncino a base di malta cementizia tixotropica, fibrorinforzata ad espansione contrastata tipo *BASF MasterEmaco S499FR*.

B) Interventi di ripristino delle zone poco degradate

Nelle zone di calcestruzzo che non presentano fenomeni di degrado profondi ma che comunque evidenziano uno stato di conservazione tale da non garantire la durabilità nel tempo delle strutture (ad esempio le zone in cui si manifestano le fessurazioni evidenziate in Figura 16) viene previsto un intervento meno intenso che consiste nelle seguenti lavorazioni:

- Idropulizia a 350 bar al fine asportare eventuali parti incoerenti e/o ammalorate ottenendo alla fine un supporto macroscopicamente ruvido;
- Eventuale pulizia delle barre d'armatura affioranti e protezione delle stesse mediante passivante cementizio tipo *MasterEmaco P 5000 AP*.
- Rasatura superficiale della zona trattata mediante applicazione a spruzzo di betoncino a base di malta cementizia tixotropica, fibrorinforzata tipo *BASF MasterEmaco S950*.

C) Interventi di ripristino della passerella metallica

Costituito da strati di vernice protettiva ad alta durabilità il cui strato di finitura è di tipo poliuretanico alifatico, come da scheda ciclo del C.S.A. Il ciclo da applicare è il seguente:

- Idrolavaggio ad alta pressione (> 60 MPa) per rimuovere sporco, grasso, unto, pitture incoerenti, aggregati di ossidi incoerenti; in caso di ruggine localizzata di difficile asportazione, condurre pulizia localizzata mediante spazzolatura manuale o molatura; dopo il lavaggio, lo spessore minimo delle pitture pre-esistenti e non rimosse deve essere > 80 micron DFT;
- Applicazione sulle zone dove si è in presenza di metallo nudo e sugli spigoli (stripe coat), di una prima mano di pittura epossidica bicomponente del tipo surface tolerant avente residuo solido in volume $> 80\%$; lo spessore minimo > 80 micron DFT;
- Applicazione su tutta la superficie della struttura di seconda mano di pittura epossidica bicomponente del tipo surface tolerant avente residuo solido in volume $> 80\%$; lo spessore 100 micron DFT;
- Applicazione a pennello su spigoli, bordi, contorni dadi e bulloni, di pittura di finitura poliuretanica alifatica bicomponente;
- Applicazione su tutta la superficie di pittura di finitura poliuretanica alifatica bicomponente, spessore 80 micron DFT.

C1) Interventi di ripristino della passerella metallica

Per le mensole della passerella si prevede un intervento analogo al precedente descritto ma con integrazione di piatti mediante saldatura per gli elementi metallici eccessivamente intaccati da fenomeni di corrosione. La posizione dei rinforzi e la dimensione degli stessi saranno definiti in fase di esecuzione dei lavori in accordo con la Direzione Lavori. In tale fase infatti si potrà avere pienamente accesso alle aree e definire nel dettaglio l'intervento necessario per il rinforzo degli elementi degradati.

5.2 Allargamento del cavalcaferrovia storico ②

5.2.1 Descrizione

L'impalcato in oggetto costituisce l'allargamento del cavalcaferrovia storico. Dalla documentazione in possesso dello scrivente risulta essere stato realizzato nel 1959 dalla ditta S.A.L.C. per la necessità di aumentare il numero di corsie. Il proseguimento verso nord (impalcato 3) è stato realizzato nello stesso ambito, ma presenta una tipologia strutturale diversa in quanto all'epoca di costruzione non serviva come scavalco ferroviario, i binari infatti venivano superati tutti dalla tre campate dell'opera 2.

Questo impalcato rispetta la scansione di campate dell'impalcato storico prevedendo 3 campate in schema statico di semplice appoggio di luce 19.30 m – 19.50 m – 9.25 m partendo da sud.

Strutturalmente è costituito da spalle pile in c.a. fondate su pali mentre l'impalcato è composto da quattro travi principali in acciaio di altezza 900 mm composte da profili INP 300 tagliati a metà a costituire le ali e collegati in anima da lamiere di spessore 9 mm.

Le travi principali, in numero di quattro, presentano interasse pari a 2.00 m. I traversi, disposti in corrispondenza degli appoggi ed in campata ad interasse di circa 4.80 m, presentano nei tratti centrali fra trave e trave sezione analoga delle travi principali, mentre nei lati presentano sezioni ridotta con schema a mensola. La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 10.72 m.



Figura 18 Prospetto ovest dell'impalcato di allargamento del cavalcaferrovia storico

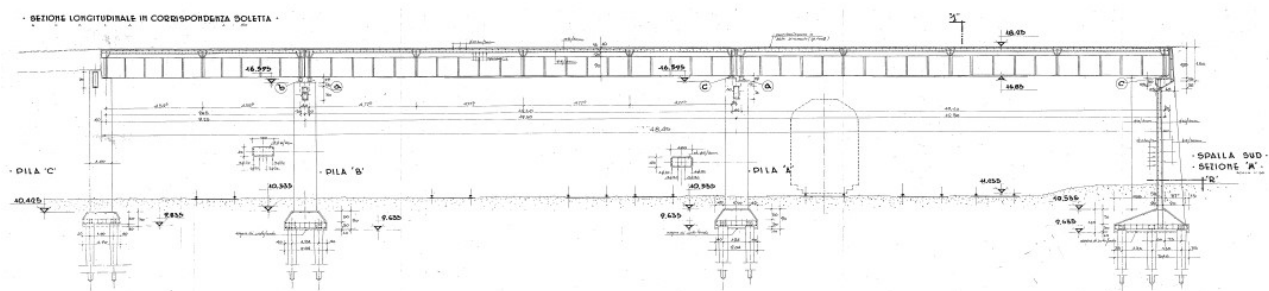


Figura 19 Estratto della tavola 1658/1b redatta dalla ditta SALC nel 1959 – Prospetto laterale

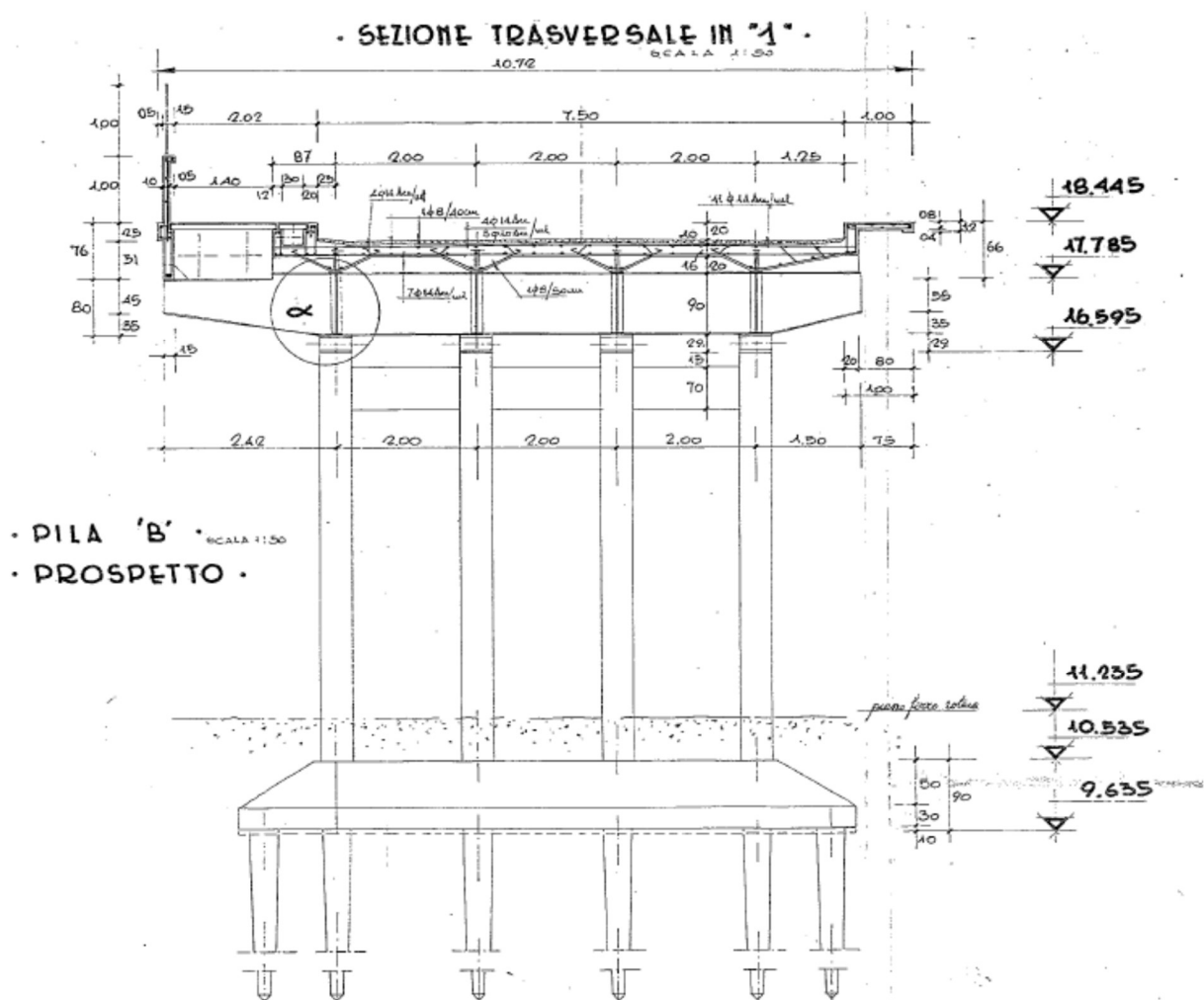


Figura 20 Estratto della tavola 1658/1b redatta dalla ditta SALC nel 1959 – Sezione trasversale

Questa struttura nel corso del 2011 è stata oggetto di interventi di manutenzione straordinaria progettati dall'ing. Briseghella come conseguenza di una perizia statica redatta precedentemente. Gli interventi hanno riguardato le zone maggiormente degradate, essendo già nota la prossima dismissione dell'opera e hanno consistito nel consolidamento delle parti ammalorate delle pile in c.a. ed il ripristino delle strutture metalliche dell'impalcato nelle zone in prossimità degli appoggi, nonché i dispositivi di appoggio stessi che presentavano avanzati stati di degrado. È stato inoltre creato un sistema di raccolta e allontanamento delle acque provenienti dal manto stradale in corrispondenza di ciascun giunto.

5.2.2 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Di seguito alcune immagini che mettono in luce le maggiori problematiche riscontrate.



Figura 21

Fenomeni di distacco del copriferro dalle plotte e fenomeni di ossidazione delle mensole



Figura 22

Fenomeni di distacco del copriferro dal parapetto

5.2.3 Principali fenomeni di degrado osservati

Generalmente le strutture portanti dell'impalcato (travi e soletta) e delle pile non manifestano evidenti stati di degrado. I principali problemi legati allo stato di conservazione si manifestano invece nelle plotte removibili in c.a. che costituiscono i marciapiedi, nei parapetti e nella trave di bordo in c.a.. Tali fenomeni hanno portato a diffusi fenomeni di distacco del copriferro (si possono notare molti pezzi di calcestruzzo intercettati dalle reti messe in opera all'intradosso dell'impalcato).

L'assenza di sigillatura delle plotte porta al percolamento delle acque meteoriche che hanno attaccato nelle zone di bordo le strutture metalliche che solo in queste zone sono soggette a fenomeni di ossidazione.

5.2.4 Interventi di recupero strutturale

D) Interventi a carico delle plotte

L'avanzato stato di degrado delle plotte rende qualsiasi intervento di recupero inopportuno e si preferisce quindi proporre la completa sostituzione delle plotte con nuovi elementi analoghi realizzati con un calcestruzzo con classe di esposizione XD3 / XF4 e caratterizzato da basso rapporto a/c, additivi aeranti e aggregati non gelivi. La sigillatura dei bordi, per evitare il percolamento all'intradosso avviene adottando la tecnica dei giunti delle pavimentazioni industriali che prevede l'impiego di un sigillante polisolfurico ad alta resistenza chimica nei confronti degli idrocarburi, elastico e colabile tipo *BASF Master Seal CR171*.

E) Interventi a carico del parapetto

Per il risanamento del parapetto si prevede l'esecuzione dell'intervento tipo *B)* descritto in precedenza, dove la rimozione del calcestruzzo ammalorato si prevede venga eseguita manualmente a martello e scalpello per evitare l'impiego dell'idroscarifica che comporterebbe il rischio della proiezione dei detriti nell'intera sede stradale e quindi la necessità di procedere alla chiusura al traffico veicolare.

5.3 Impalcato ③

5.3.1 Descrizione

L'impalcato in oggetto, coevo all'impalcato tipo 2, ne costituisce il prolungamento verso nord. Sebbene fosse coevo allo stesso (1959) adotta una tipologia costruttiva differente in quanto, all'epoca di costruzione non serviva al superamento della linea ferroviaria che invece veniva integralmente superata dal cavalcaferrovia 2 in struttura mista acciaio – calcestruzzo.

Questo impalcato in realtà è composto da tre impalcati (i due a sud simili) indipendenti posti in serie l'uno all'altro fino al superamento di via Avanzo.

I due impalcati posti più a sud contano ciascuno tre campate di luce ≈ 8.00 e sono costituiti da pile composte ciascuna da 4 colonne in c.a., collegate in sommità da un pulvino e fondate su pali. L'impalcato, tutto in c.a. conta 4 travi principali nella zona centrale e due travi di bordo laterali sostenute dalle mensole dei pulvini. Le travi adottano schema statico di trave continua e non hanno traversi intermedi. All'estradosso delle travi, a sostenere la carreggiata c'è una soletta in c.a. Nelle pile intermedie, per fornire alla struttura adeguata resistenza nei confronti del momento flettente negativo è presente una controsoletta.

Il superamento di via Avanzo prevede tre campate di luce $9.00\text{ m} - 9.00\text{ m} - 2.20\text{ m}$. La tipologia strutturale è simile, ma prevede che tutte le sei travi abbiano la medesima sezione e vengano tutte sostenute direttamente da sei colonne di sezione rettangolare.



Figura 23 Prospetto ovest dell'impalcato 3

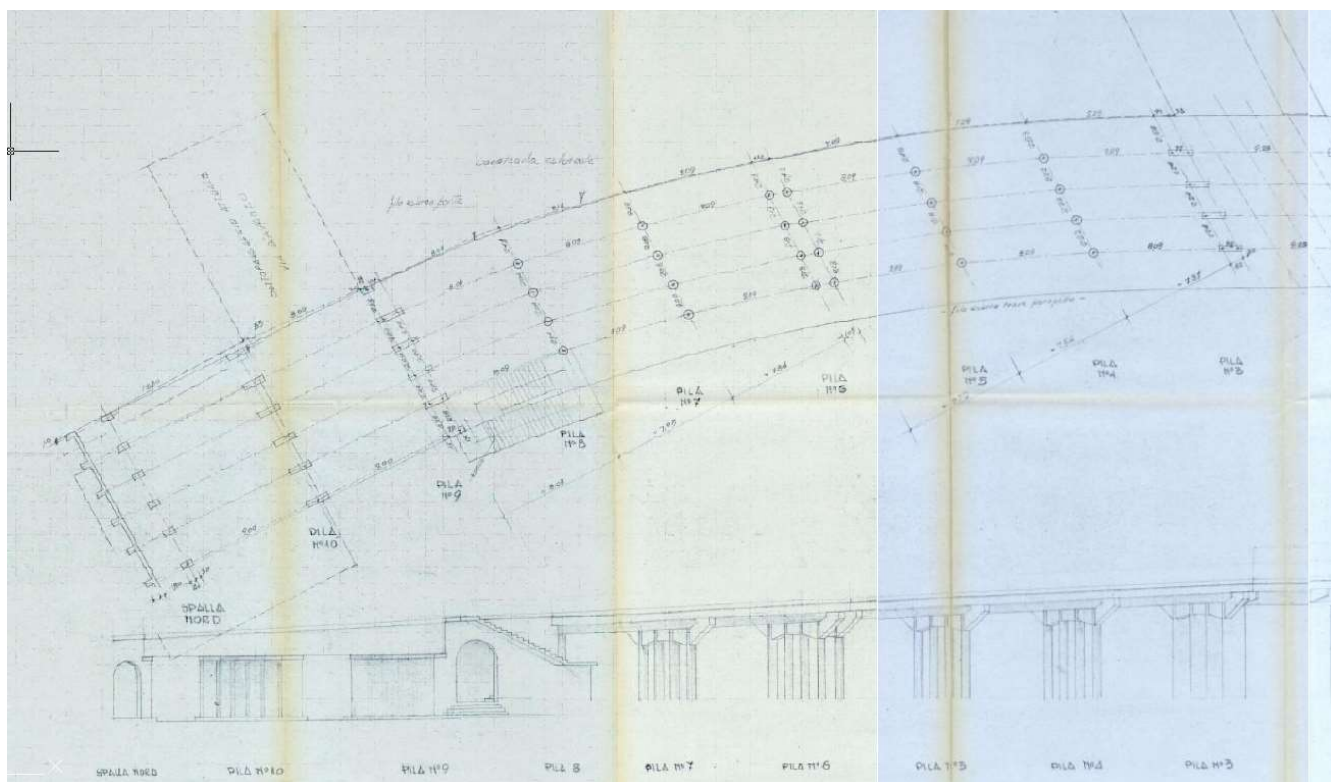


Figura 24 Pianta e prospetto laterale – Estratto da tavola costituente il progetto originale

5.3.2 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Di seguito alcune immagini che descrivono lo stato di conservazione dell'opera.



Figura 25

Impalcato su sede ferroviaria - Fenomeni di distacco del copriferro e ossidazione delle armature nella zona di bordo ponte (lato ovest) per effetto dell'esposizione e percolamento delle acque e dei cloruri



Figura 26

Impalcato su sede ferroviaria - Analoghi fenomeni di degrado che interessano anche le plote poste a chiusura dello spazio con l'impalcato adiacente



Figura 27

Impalcato intermedio magazzini comunali - Fenomeni di distacco del copriferro e ossidazione delle armature nella zona di bordo ponte per percolamento delle acque e dei cloruri



Figura 28

Impalcato intermedio magazzini comunali - Fenomeni di distacco del copriferro e ossidazione delle armature nella zona di giunto tra due impalcati successivi per percolamento delle acque



Figura 29

Impalcato finale su via Avanzo – Fenomeni locali di distacco del copriferro e di non igiene per la presenza di colonie di piccioni



Figura 30

Impalcato finale su via Avanzo - Fenomeni di distacco del copriferro e percolamento delle acque

5.3.3 Principali fenomeni di degrado osservati

Per quanto è stato possibile ricostruire dal sopralluogo condotto si è potuto capire come le prime due opere (scavalco ferroviario e magazzini comunali) versino in uno stato di conservazione compromesso. Le zone maggiormente degradate sono le zone di bordo ponte e di giunto dove l'esposizione e il percolamento delle acque ha provocato estesi fenomeni di distacco del copriferro e di corrosione delle armature. Nei mesi precedenti sono state svolte delle attività di sostituzione della canaletta di raccolta delle acque meteoriche nel giunto tra i due impalcati e di tinteggiatura.

Diversamente invece accade per il sovrappasso su via Avanzo che non presenta evidenti segni di degrado ma piuttosto una mancanza di salubrità dell'ambiente dovuta alla presenza di colonie di piccioni che nidificano all'interno del vano creato dalla controsoletta.

5.3.4 Interventi di recupero strutturale

Gli interventi da attuare sono i medesimi descritti precedentemente che in questo caso vanno però estesi anche ai fusti delle colonne che costituiscono le pile. Sono da prevedere quindi:

- A) Interventi di ripristino delle zone maggiormente degradate
- B) Interventi di ripristino delle zone poco degradate
- D) Interventi a carico delle plotte

Stima del rinforzo delle travi

Viene condotta in questo capitolo una valutazione sulle barre integrative da disporre nelle travi degradate oggetto dell'intervento tipo A.

La quantità di barre d'armatura in fibra di vetro da disporre in opera per il rinforzo delle travi oggetto di fenomeno di degrado è stata effettuata analizzando la documentazione tecnica originale e valutando lo stato di conservazione delle armature allo stato attuale.

Secondo il progetto originale, il numero di barre longitudinali disposte all'intradosso, nella sezione di mezzzeria è pari a 9 Ø18 in acciaio avente tensione ammissibile 220 MPa assimilabile ad un Aq50.

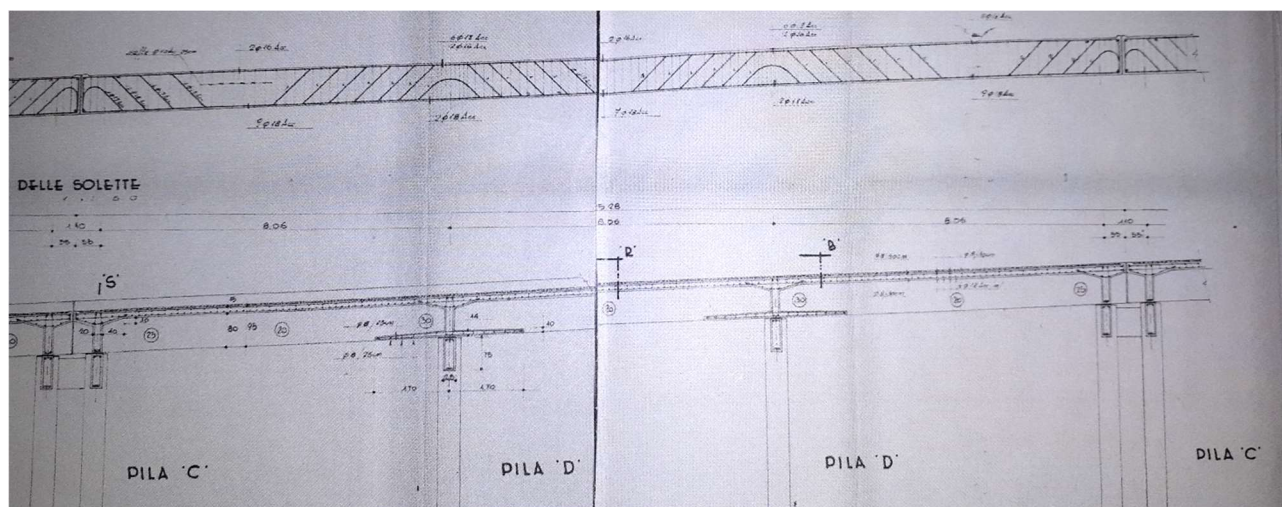
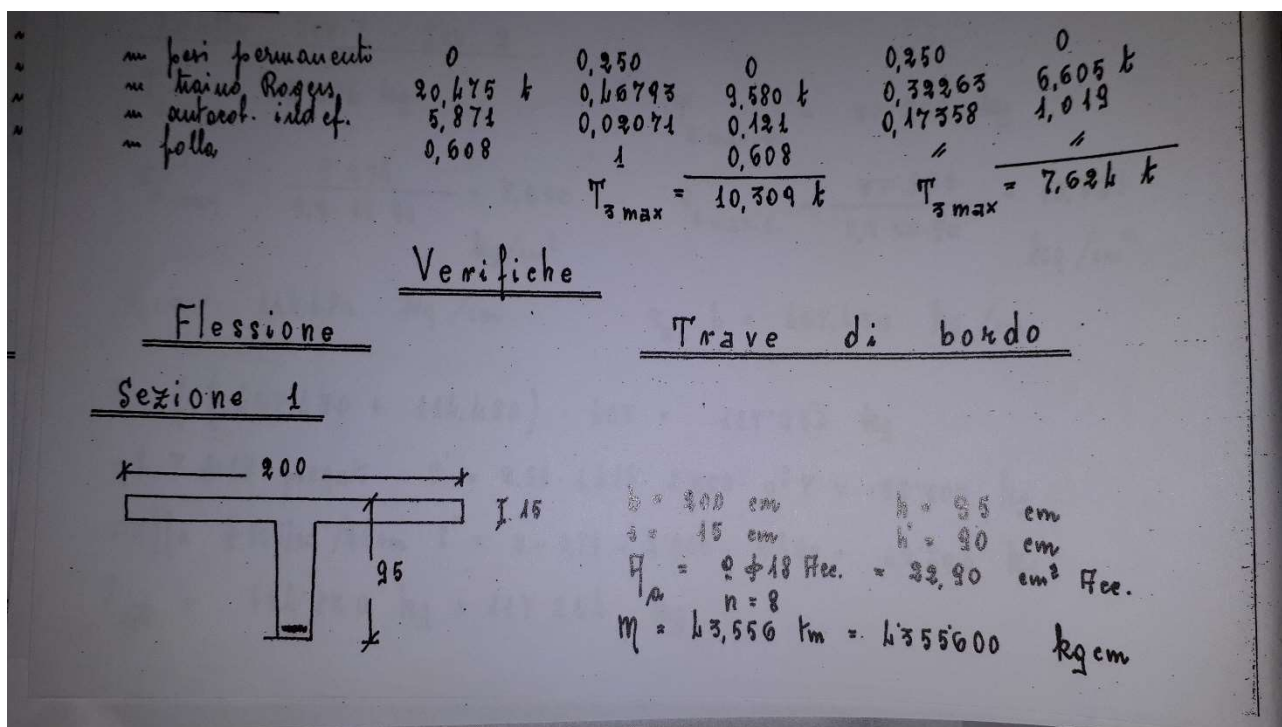


Tavola originale carpenterie e armature impalcato 3



Estratto della relazione di calcolo del progetto originale

La resistenza ultima della trave originale non oggetto di fenomeni di degrado è stata valutata con il programma vca.slu e viene di seguito riportata.

Verifica C.A. S.L.U. - File: rinforzo vetro_SDF

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° figure elementari: 2 **Zoom** **N° strati barre:** 1 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	15
2	20	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22,9	90

Sollecitazioni

S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 567,5 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

Aq50 C35/45

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 278,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,392 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13,5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 220 N/mm² τ_{co} 0,8
 τ_{c1} 2,257

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd **Dominio M-N**

L₀ 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Results:

M_{xRd} 567,5 kNm
 σ_c -19,77 N/mm²
 σ_s 278,3 N/mm²
 ϵ_c 1,887 ‰
 ϵ_s 67,5 ‰
d 90 cm
x 2,448 x/d 0,0272
 δ 0,7

La resistenza risulta pari a 567 kNm.

Dalle indagini condotte da Metralab srl in sito emerge come nella trave analizzata si siano riscontrati 4 Ø18 con fenomeni di corrosione in atto. Il sondaggio non essendo stato eseguito perfettamente in mezz'ora non ha portato alla luce tutte le 9 barre in quanto alcune barre sono ripiegate verso l'estradosso per armare a momento negativo e a taglio.

Considerando quindi che il fenomeno di corrosione abbia ridotto il diametro da Ø18 a Ø16 è avvenuta una riduzione della sezione resistente.

Area resistente originale 9Ø18	22.90 cm ²
Area resistente ridotta 9Ø16	18.09 cm ²
Perdita di sezione	4.81 cm ²
Barre in fibra di vetro integrative	4 Ø16
Area delle barre integrative	8.04 cm ²
Resistenza caratteristica barre	800 MPa
Coefficiente parziale sul materiale	1.10
Fattore per condizioni ambientali	0.65
Resistenza di progetto	472 MPa

Viene quindi rivalutata la resistenza della sezione nella configurazione di progetto.

Verifica C.A. S.L.U. - File: rinforzo vetro_SDP

File

Materiali

Opzioni

Visualizza

Progetto Sez. Rett.

Sismica

Normativa: NTC 2008

Titolo :

N° figure elementari

2

Zoom

N° strati barre

1

Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	200	15
2	20	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8.04	95

Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

0

0

kN

M_{Ed}

567.5

435

kNm

M_{yEd}

0

0

P.to applicazione N

Centro

Baricentro cls

Coord.[cm]

xN

0

yN

0

Tipo rottura

Lato acciaio - Cavo snervato

M_{xRd}

802.2

kN m

σ_c

-19.83

N/mm²

σ_s

471.3

N/mm²

ε_s

67.5

‰

d

95

cm

x

3.106

x/d

0.03269

ξ

0.7

Armatura Precompressione

N° strati cavi

1

Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	18.09	90	0

Diagramma

Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta

Deviata

N° rett.

100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀

0

cm

Col. modello

Aq50

Aq50

ε_{su}

67.5

‰

f_{yd}

278.3

N/mm²

E_s/E_c

6

ε_{syd}

1.392

‰

σ_{s,adm}

220

N/mm²

σ_{sp}

278.3

N/mm²

ε_{sp}

63.83

‰ compresa pref.

Materiali

Barra vetro

C35/45

ε_{su}

67.5

‰

f_{yd}

471.3

N/mm²

E_s

200.000

N/mm²

f_{cd}

19.83

‰

E_s/E_c

15

f_{cc}/f_{cd}

0.8

?

ε_{syd}

2.357

‰

σ_{s,adm}

400

N/mm²

τ_{co}

0.8

τ_{cl}

2.257

‰

Precompresso

La resistenza integrativa fornita dalle barre Ø16 in fibra di vetro è tale da garantire alla trave una resistenza di 802 kNm in grado quindi ripristinare la resistenza della condizione iniziale di progetto.

5.4 Prolungamento del cavalcavia storico ④

5.4.1 Descrizione

L'impalcato in oggetto costituisce il prolungamento verso nord del cavalcaferrovia storico. Dalle informazioni in possesso dello scrivente risulta essere stato realizzato negli anni 1991 - 1995 in sostituzione ad un impalcato costituito da un serie di volte in muratura. Il potenziamento infrastrutturale della rete ferroviaria portò all'incremento del numero di binari che però non erano compatibili con le strutture del tempo. Per questo motivo le strutture in muratura vennero abbattute e venne realizzata l'opera descritta in questo paragrafo. L'impalcato ospita attualmente la sede tranviaria e la pista ciclopeditonale.

Questo impalcato conta due campate e adotta uno schema statico di ponte integrale. Strutturalmente l'impalcato è costituito da cinque telai d'acciaio formati da una trave continua su due campate di luce 17.50 m solidarizzata ad un montante centrale incastrato a terra ed ai due montanti di estremità appoggiati verticalmente. I telai sono collegati mediante traversi che suddividono ogni luce in quattro campi. Sopra le travi è realizzata una soletta gettata su lastre predalles di spessore complessivo pari a $4 + 21 = 25\text{cm}$



Figura 31 Prospetto est dell'impalcato di prolungamento del cavalcaferrovia storico

5.4.2 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Di seguito alcune immagini che mostrano i più evidenti segni di degrado riscontrati.



Figura 32

Fenomeni di ossidazione diffusa ma non profonda della struttura metallica



Figura 33

Fenomeni di ossidazione profonda del traverso di mezzeria

5.4.3 Principali fenomeni di degrado osservati

L'impalcato non presenta preoccupanti fenomeni di degrado se non in una determinata posizione, ossia in corrispondenza del traverso posto sulla pila intermedia. In questa zona infatti l'effetto del percolamento delle acque meteoriche dal giunto presente in soletta (sebbene sia presente un giunto da ponte tipico) ha aggredito il traverso inducendo importanti fenomeni di ossidazione. Nelle altre zone l'impalcato non presenta segni di degrado profondi ma piuttosto una diffusa superficiale ossidazione.

5.4.4 Interventi di recupero strutturale

C) Intervento di ripristino delle strutture metalliche

Si propone un intervento analogo a quanto descritto per la passerella metallica. L'intervento, per ragioni economiche è limitato alla sola campata che ricade in ambito ferroviario.

5.5 Tratto 5

5.5.1 Descrizione

Questo tratto, collocato tra via Avanzo e il cavalcaferrovia 4, dalle informazioni ricavate dalla documentazione in possesso dello scrivente è un terrapieno confinato da muri di sostegno sui quattro lati. Il terrapieno ospita oltre che la pista ciclopedonale anche la sede tranviaria.



Figura 34 Vista terrapieno, tratto 5

5.6 Cavalcavia est su via Avanzo 6

5.6.1 Descrizione

L'impalcato in oggetto, affiancato ad una porzione dell'impalcato 3 consente alla pista ciclopedonale e alla sede tranviaria lo scavalco di via Avanzo.

Questo impalcato conta due campate sopra la sede stradale e una di luce minore di scavalco al marciapiede lato nord. Strutturalmente l'impalcato è costituito da pile e impalcato in calcestruzzo. La campata sud conta 9 travi, mentre quella nord 8 con due travi poste nella parte centrale affiancate. Sulla facciata est trova spazio una struttura metallica che ospita la pista ciclopeditone.



Figura 35 Prospetto est dell'impalcato 6 su via Avanzo.

Si riportano di seguito alcune immagini estratte dalla tavola 1.3 redatta nel 1990 dall'ing. Zuccolo nell'ambito delle indagini teorico sperimentali volte a valutare lo stato di conservazione dell'opera.

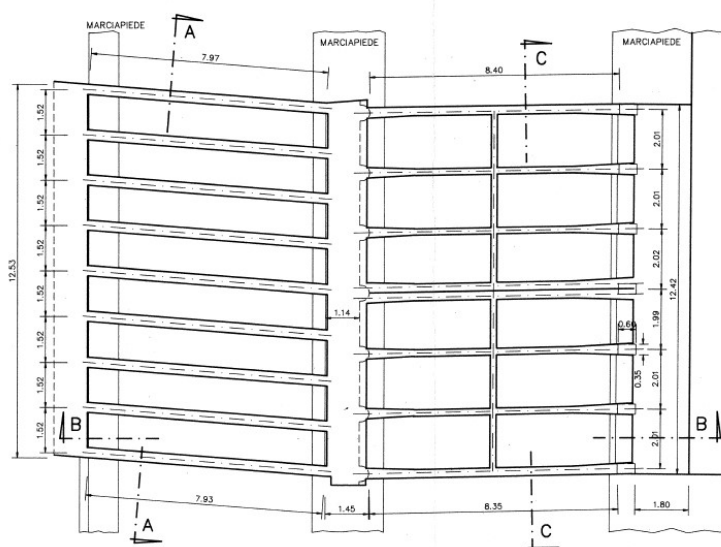


Figura 36 Pianta Strutturale

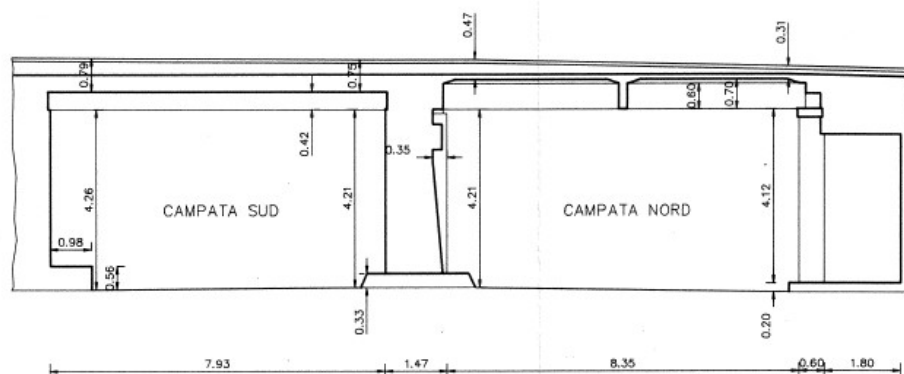


Figura 37 Prospetto laterale

5.6.2 Interventi di rinforzo successivo

Nel corso della sua vita l'impalcato è stato oggetto un importante intervento di ripristino e rinforzo:

1991 Furono eseguiti lavori di ripristino e rinforzo strutturale nelle travi della campata lato centro città per ovviare oltre che ai fenomeni di degrado del calcestruzzo anche a danneggiamenti provocati da urti di veicoli di eccessiva altezza.

5.6.3 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Di seguito alcune immagini che mostrano i più evidenti segni di degrado riscontrati.

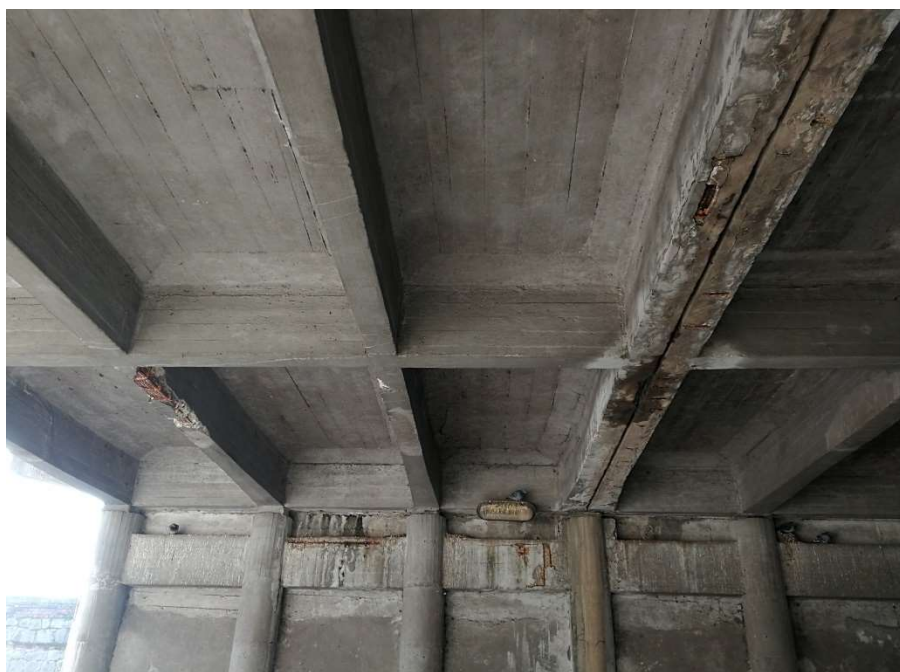


Figura 38
Fenomeni di distacco del copriferro e corrosione delle armature

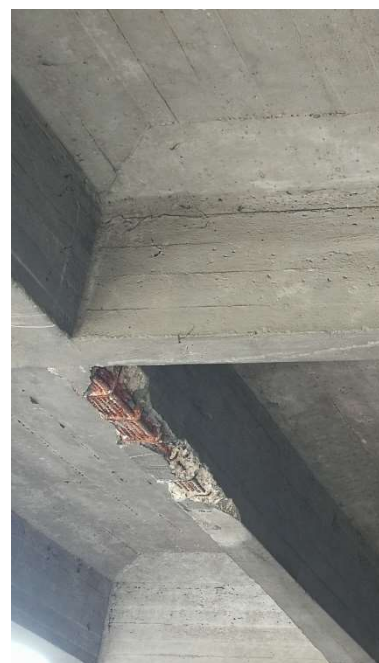


Figura 39
Fenomeni di danneggiamento probabilmente connessi a urti di veicoli di eccessiva altezza

5.6.4 Principali fenomeni di degrado osservati

L'impalcato presenta fenomeni di degrado che si concentrano nelle travi di bordo e nei traversi principali per effetto del percolamento dell'acqua meteorica dall'impalcato che hanno provocato il distacco di porzioni di copriferro e la corrosione di armature. In alcune travi poi si notano danneggiamenti locali che potrebbero essere stati causati da urti di veicoli di eccessiva altezza non essendo visibili altri particolari segni di degrado.

5.6.5 Interventi di recupero strutturale

In queste zone non si sono individuati interventi per il ripristino delle strutture in quanto le limitate risorse economiche a disposizione, su indicazione del committente, sono state dedicate agli impalcati di scavalco ferroviario piuttosto che ai sovrappassi di via Avanzo e via Eremitano.

5.7 Sovrappasso di via Eremitano 7

5.7.1 Descrizione

L'impalcato in oggetto, caratterizzato da un'unica campata consente lo scavalco di via Eremitano. Dal sopralluogo si può capire come la sede originariamente fosse più stretta e fu successivamente allargata nel corso degli anni. Si nota infatti nella parte centrale del sovrappasso una porzione "storica" e ai due lati allargamenti, da una parte realizzati con travi in acciaio (lato stazione) e dall'altra con travi in calcestruzzo. Nel lato della stazione, senso unico di ingresso al sottopasso, è stato installato un portale metallico con lo scopo di evitare urti di veicoli di eccessiva altezza con le travi in c.a..

La parte storica è costituita da 12 travi in c.a. poste ad interasse 1.60 m con luce netta di 8.00 m.



Figura 40 Vista sovrappasso di via Eremitano

Si riportano di seguito alcune immagini estratte dalla tavola 1.3 redatta nel 1990 dall'ing. Zuccolo nell'ambito delle indagini teorico sperimentali volte a valutare lo stato di conservazione dell'opera.

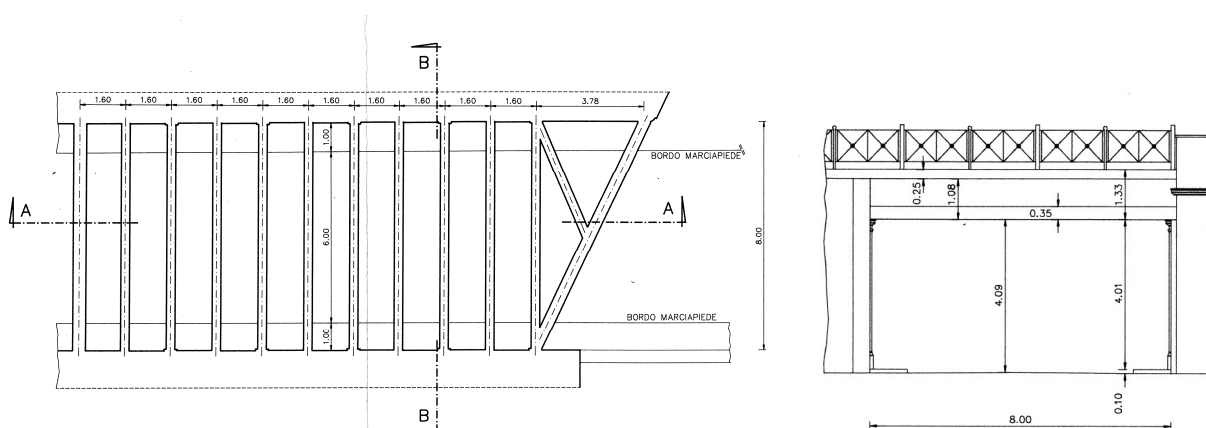


Figura 41 Pianta Strutturale e prospetto laterale

5.7.2 Interventi di rinforzo successivo

Nel corso della sua vita l'impalcato è stato oggetto un importante intervento di ripristino e rinforzo:

1991 Furono eseguiti lavori di ripristino e rinforzo strutturale per ovviare oltre che ai fenomeni di degrado del calcestruzzo anche a danneggiamenti provocati da urti di veicoli di eccessiva altezza.

5.7.3 Documentazione fotografica dello stato di fatto

Di seguito alcune immagini che mostrano i più evidenti segni di degrado riscontrati.



Figura 42
Fenomeni di distacco del copriferro e corrosione delle armature



Figura 43
Fenomeni di danneggiamento probabilmente connessi a urti di veicoli di eccessiva altezza

5.7.4 Principali fenomeni di degrado osservati

L'impalcato presenta fenomeni di degrado che si concentrano nella trave di bordo per effetto del percolamento dell'acqua meteorica dall'impalcato che hanno provocato il distacco di porzioni di copriferro e la corrosione di armature. In alcune travi poi si notano danneggiamenti locali che potrebbero essere stati causati da urti di veicoli di eccessiva altezza non essendo visibili altri particolari segni di degrado.

5.7.5 Interventi di recupero strutturale

In queste zone non si sono individuati interventi per il ripristino delle strutture in quanto le limitate risorse economiche a disposizione, su indicazione del committente, sono state dedicate agli impalcato di scavalco ferroviario piuttosto che ai sovrappassi di via Avanzo e via Eremitano.

6 CONSIDERAZIONI FUNZIONALI

Oltre alle considerazioni legate ai fenomeni di degrado indotti principalmente dall'infiltrazione di acqua meteorica e dalla scarsa manutenzione delle opere, si vuole portare attenzione anche ad altri aspetti di carattere funzionale.

6.1 Assenza di barriera di sicurezza

Le due carreggiate, traffico ordinario nel lato ovest e sede tranviaria nel lato est, sono caratterizzate da quote del piano stradale differenti con dislivelli che raggiungono anche il metro di altezza. Tuttavia queste non sono separate da una barriera di sicurezza centrale. I veicoli della carreggiata ovest, in caso di incidente potrebbero quindi facilmente oltrepassare il cordolo centrale e cadere nella carreggiata adiacente. Inoltre il cordolo in questione degli impalcati 2 e 3, è costituito da plotte removibili semplicemente appoggiate sopra le travi di bordo che non sono idonee al transito dei veicoli. Vi è quindi una importante problematica connessa alla sicurezza della viabilità. Un incidente di questo tipo si è già verificato nel 2013.



Figura 44 Foto che illustra l'incidente verificatosi sul cavalcavia con il mezzo in bilico sopra il cordolo centrale tra i due impalcati

Di seguito alcune immagini che mostrano le carreggiate del cavalcavia e le problematiche delle plotte removibili.



Figura 45 Estradosso cavalcavia, con in evidenza il dislivello tra le carreggiate e il cordolo centrale formato da plotte removibili



Figura 46 Marciapiede lato ovest con barriera di sicurezza in telai di tubi metallici



Figura 47 Fenomeni di degrado delle plotte



Figura 48 Fenomeni di degrado delle plotte

Oltre alla problematica connessa alla zona centrale precedentemente descritta, una situazione critica si registra anche a bordo ponte dove attualmente le barriere installate sono dei semplici telai in tubo verniciati, del tutto non idonei all'uso quale sono destinati. In caso di urto infatti, tali elementi non essendo idonei al contenimento dei veicoli in svio si deformerebbero investendo l'area di pertinenza della pista ciclopeditonale mettendo in pericolo gli utenti.

Gli interventi previsti di sostituzione delle plotte non risolvono queste problematiche di sicurezza stradale, in quanto rimangono comunque elementi non idonei a sostenere il traffico stradale.

Lo scrivente, in accordo con l'amministrazione comunale, prevede quindi l'installazione di barriere di sicurezza a muretto in cemento tipo New Jersey atte a garantire i requisiti di sicurezza richiesti dalla normativa vigente UNI EN 1317.

Tab. 4: Identificazione delle classi minime nelle diverse destinazioni

Tipo di strade	Traffico	Destinazione barriere		
		Spartitraffico	Bordo laterale	Bordo ponte
Autostrade (A) e strade extra-urbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
Strade extra-urbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Tabella UNI EN1317 – Classi minime delle barriere di sicurezza

Le barriere, di categoria H2, saranno installate in entrambi i lati della carreggiata ovest (quella ora destinata al traffico ordinario) e saranno posizionate a 65cm dai bordi dei cordoli laterali. Tale distanza rappresenta infatti la larghezza operativa W_r con l'incidente più probabile per usi su strade esistenti. L'installazione delle nuove barriere comporta quindi una riduzione di carreggiata che da circa 7.20 metri si riduce a 4.80 metri. Tale larghezza non consente l'organizzazione della carreggiata ovest in due corsie, come avviene attualmente, e di concerto con l'amministrazione si procederà quindi a istituire il senso unico (in direzione centro città). I mezzi pubblici con destinazione il quartiere Arcella usufruiranno come ora della carreggiata est, mentre il traffico ordinario con destinazione il quartiere Arcella potrà invece usufruire dei ponti Sarpi e Unità d'Italia.

Di seguito si riporta una sezione trasversale che mostra graficamente l'intervento qui descritto.

Sezione trasversale A-A
SCALA 1:50

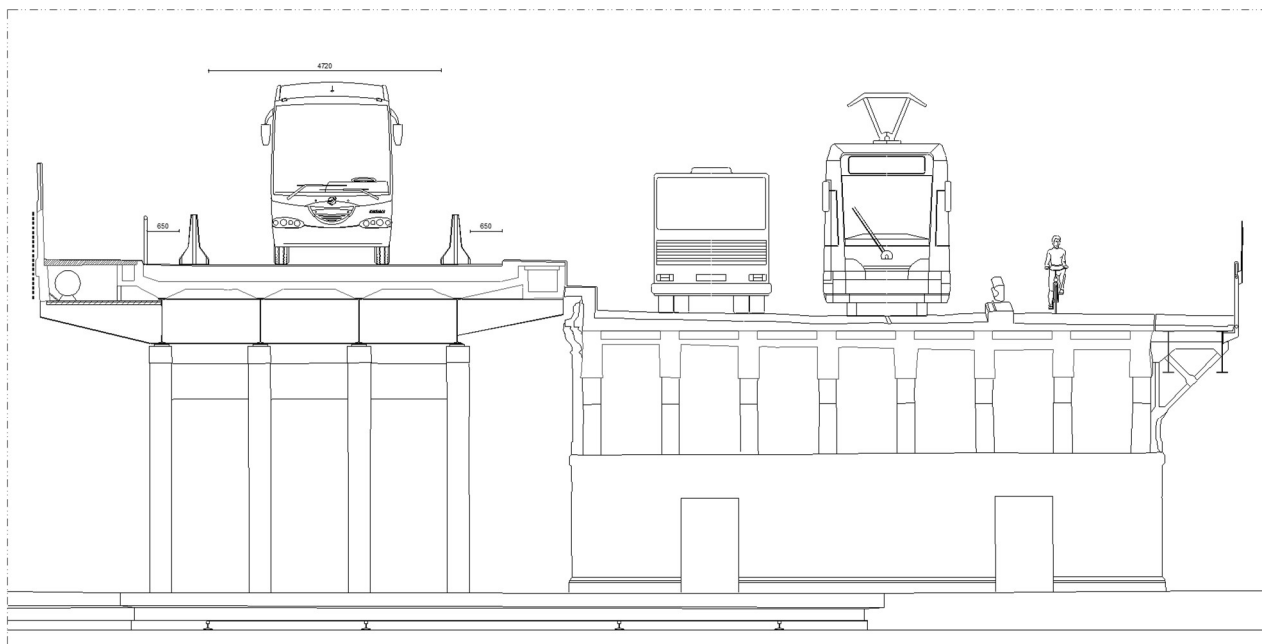


Figura 49 Sezione trasversale A-A – Organizzazione stradale del cavalcavia Borgomagno

6.2 Assenza di salubrità degli ambienti.

L'intradosso di tutto il ponte è infestato da colonie di piccioni che nidificano sugli elementi strutturali (travi metalliche a doppio T, vani delle controsolette, sporgenze dei pulvini, ecc.). La presenza di questi volatili comporta la presenza di guano e sporcizia in genere che nel corso degli anni si è accumulata e ha reso alcune zone dell'impalcato non salubri. Si propone quindi il ripristino della rete, nell'impalcato 2 e la chiusura dei vani delle controsolette mediante reti nelle zone oggetto dell'intervento.

7 CONSIDERAZIONI INGEGNERISTICHE DI CARATTERE GENERALE

A scopo di offrire una panoramica in ambito strutturale del cavalcavia si vuole portare all'attenzione che mentre la carreggiata est, oltre ad essere stata sottoposta nel 1991 ad importanti e profondi interventi di rinforzo strutturale è stata oggetto nei primi anni 2000 ad una valutazione tecnica svolta nell'ambito dell'installazione della linea tranviaria, gli impalcati costituenti la carreggiata ovest sono stati caratterizzati da una minore attenzione, se non i recenti interventi del 2011 di consolidamento delle pile e di pitturazione del cavalcavia 2 in struttura mista acciai-calcestruzzo.

Gli impalcati 2 e 3, dalla documentazione in possesso dello scrivente sono stati progettati facendo riferimento ai carichi che venivano indicati nella circolare Ministero della Difesa n° 19096 del 16/08/1953. Tali carichi venivano poi incrementati con il coefficiente dinamico definito in funzione della luce della campata.

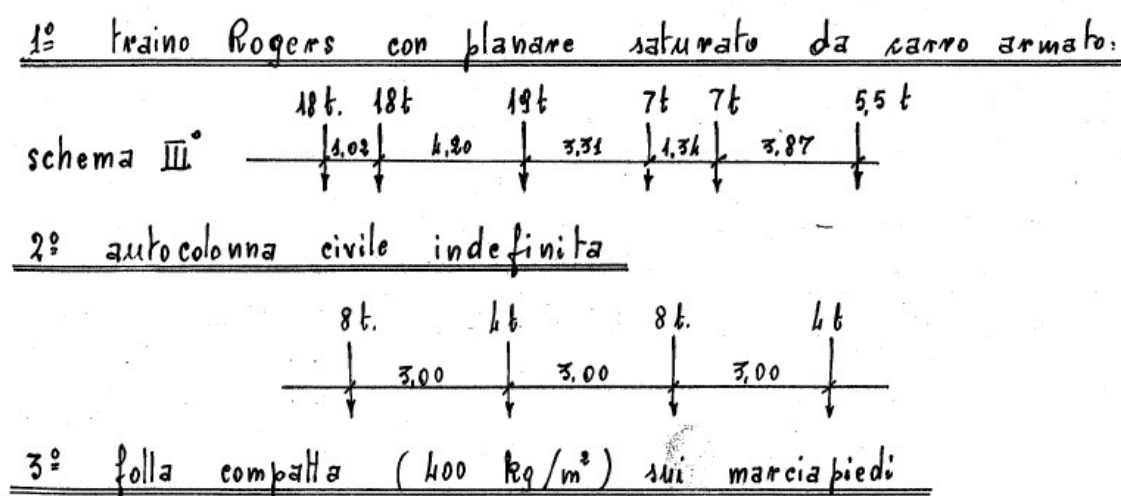


Figura 50 Estratto relazione di calcolo con descrizione dei carichi impiegati

L'impalcato veniva caricato con due corsie convenzionali nelle corsie stradali e con la folla nel marciapiede.

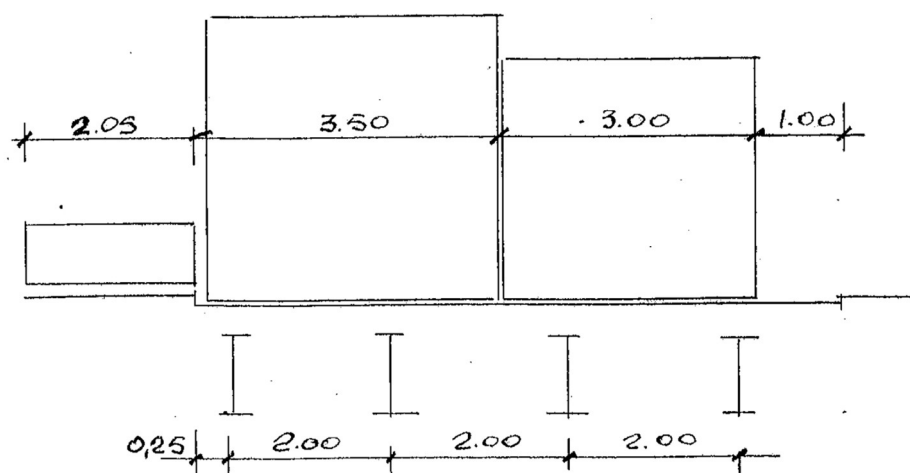


Figura 51 Estratto disposizione dei carichi nella sezione trasversale

Volendo condurre un confronto semplicemente in termini di carichi adottati per le verifiche tra la normativa del tempo e quella attuale per la campata 19.50m (campata dell'impalcato 2 in struttura mista) si riporta di seguito una tabella riassuntiva.

	Circolare 19096/53		NTC 2018	
	Concentrati	Distribuiti	Concentrati	Distribuiti
1 ^a corsia	74.5 ton (Rogers) +12 ton (colonna indefinita)	/	60 ton	52.6 ton
2 ^a corsia	36 ton	/	40 ton	14.6 ton
Area rimanente	/	/	/	6.3 ton
Marciapiede	/	16 ton	/	10 ton
TOT.	122.5 ton	16 ton	100 ton	83.5 ton

Il coefficiente di incremento dinamico per la normativa del tempo risultava $\phi=1+16/(40+L)=1.269$

Somma carichi 19096/53, $Q_{TOT} = 175.7$ ton

Somma carichi NTC2018, $Q_{TOT} = 183.5$ ton

In modo analogo si opera un confronto per la campata da 8.10m (campata tipica dell'impalcato 3 in c.a.).

	Circolare 19096/53		NTC 2018	
	Concentrati	Distribuiti	Concentrati	Distribuiti
1 ^a corsia	55 ton (Rogers)	/	60 ton	21.9 ton
2 ^a corsia	20 ton	/	40 ton	6.1 ton
Area rimanente	/	/	/	2.6 ton
Marciapiede	/	6.5 ton	/	4.1 ton
TOT.	75 ton	6.5 ton	100 ton	34.7 ton

Il coefficiente di incremento dinamico per la normativa del tempo risultava $\phi=1+16/(40+L)=1.332$

Somma carichi 19096/53, $Q_{TOT} = 108.6$ ton

Somma carichi NTC2018, $Q_{TOT} = 134.7$ ton

Il confronto mette in evidenza come la normativa attuale risulti più gravosa rispetto a quella vigente all'epoca, tuttavia essendo al tempo di costruzione l'opera considerata di rilevanza per il Genio Civile ed essendo quindi stata dimensionata per i carichi militari, tale differenza di carichi accidentali tra le due normative non appare estremamente evidente, ma pur sempre significativa soprattutto per le campate di luce minore dove i nuovi carichi comporterebbero un incremento delle sollecitazioni indicativamente del 20%.

8 CONSIDERAZIONI SULLE ATTIVITÀ

Dalle indagini e dalle valutazioni svolte emerge come gli interventi necessari per consentire il recupero strutturale dell'opera risultino molto estesi. La vicinanza dei cavi di alimentazione dei treni, nonché il loro stesso fissaggio mediante attacchi alle strutture oggetto dell'intervento rendono le attività intimamente connesse all'esercizio ferroviario.

L'attività di progettazione è stata svolta in sintonia con RFI al fine di individuare le lavorazioni e le modalità di esecuzione idonee, nel rispetto degli impianti e della massicciata. Le lavorazioni in ambito ferroviario o che possono produrre effetti sull'ambito ferroviario verranno svolte in regime di interruzione del traffico ferroviario in orario notturno con personale di scorta RFI.

Per le lavorazioni, dopo un dialogo con gli uffici di RFI, si è valutato che il mezzo d'opera più idoneo allo svolgimento delle attività è una motoscala ferroviaria. È stato quindi previsto a progetto tale mezzo d'opera che è dotato di una pedana mobile che può essere movimentata verticalmente e lateralmente (con uno sbraccio di circa 4m) permettendo agli operai di raggiungere le zone di intradosso degli impalcati. Il mezzo previsto nel progetto è dotato inoltre di una cesta di dimensioni ridotte che permette di raggiungere le posizioni più lontane. Inoltre per consentire il trasporto dell'attrezzatura di lavoro è stato previsto un carro ferroviario da agganciare alla medesima motoscala. Di seguito un'immagine del tipo di scala motorizzata prevista a progetto.



Scala motorizzata tipo prevista a progetto

Viste le limitate risorse economiche a disposizione gli interventi di ripristino, di comune accordo con l'amministrazione, sono stati concentrati nella zona di scavalco ferroviario. Tale zona presenta le maggiori criticità in quanto il distacco del copriferro può compromettere il regolare esercizio ferroviario. Si invita l'amministrazione a procedere con la definizione degli interventi necessari al ripristino nelle zone del Piazzale di RFI e dei sovrappassi di via Avanzo e via Eremitano al fine di eliminare le criticità presenti anche in questi manufatti che sebbene non presentano lo stesso grado di pericolosità delle zone in ambito ferroviario potrebbero comunque portare all'instaurarsi di problematiche.