



COMUNE DI ALFONSINE
Provincia di Ravenna
MEDAGLIA D'ARGENTO AL VALOR CIVILE
MEDAGLIA D'ARGENTO AL VALOR MILITARE

Area Tecnica - Gestione Associata LLPP
Alfonsine, Cotignola e Fusignano




Cofinanziato
dall'Unione europea

**LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
DEL PONTE SUL TORRENTE SENIO**

PNRR - M2C4 I2.2 - INTERVENTI PER LA RESILIENZA, LA VALORIZZAZIONE DEL
TERRITORIO E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEI COMUNI

CUP: H27H17001390004

Progetto Esecutivo

Assessore ai LL.PP: Sig. Roberto Laudini		Sindaco: Avv. Riccardo Graziani	
Responsabile Area Tecnica Gestione Associata LLPP Alfonsine, Cotignola e Fusignano			
RUP:Dott. Rodolfo Gaudenzi			
PROGETTISTA COORDINATORE:		Ing. Antonio Tassinari	
PROGETTISTI OPERE STRADALI:		Studio Tassinari e Associati Ing. Antonio Tassinari	
COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:		Studio Tassinari e Associati Ing. Antonio Tassinari	
		<div><p>STUDIO TASSINARI • ASSOCIATI ingegneria • architettura • infrastrutture</p><p>Viale L. Cilla 54 - 48123 - Ravenna Tel: 0544.218506 - Fax: 0544.248148 www.ingtassinari.it - studio@ingtassinari.it</p></div>	

ELABORATO: Relazione generale

Codice Intervento: SEN2019	Data: OTTOBRE 2022	Codice Elaborato: E.GEN-01
Scala:	File: 2_ALF-002R2_E.GEN-01	Revisione: R02

SOMMARIO

PREMESSA	2
1 - INQUADRAMENTO GENERALE	3
1.1 - UBICAZIONE DELL'INTERVENTO	3
1.2 - ANALISI STORICO-CRITICA	3
1.3 - ATTIVITÀ PRELIMINARI ALLA PROGETTAZIONE	4
1.3.1 - <i>Indagini topografiche</i>	5
1.3.2 - <i>Indagini diagnostiche</i>	6
1.4 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	7
1.5 - STATO DI CONSERVAZIONE DELL'OPERA	8
2 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA	9
3 - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	10
3.1 - INTERVENTI SULL'IMPALCATO	10
3.2 - INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E RIPRISTINO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI PORTANTI	13
3.3 - INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA PER GLI UTENTI DEBOLI DELLA STRADA	16
4 - SICUREZZA	17
5 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO	17

PREMESSA

La presente Relazione generale accompagna il PROGETTO ESECUTIVO per i lavori di manutenzione straordinaria “Ponte sul Fiume Senio”.

Il Ponte sul torrente Senio in fregio alla via Reale nel Comune di Alfonsine è divenuto di competenza del Comune di Alfonsine a partire dal 2007, anno cui fu inaugurata la Variante alla S.S. 16.

L'intervento si inquadra negli interventi programmati dall'amministrazione per garantire l'adeguata manutenzione e la sicurezza delle opere pubbliche ricadenti nel territorio del Comune di Alfonsine.

I lavori di manutenzione straordinaria hanno l'obiettivo di messa in sicurezza della struttura del ponte nel rispetto delle vigenti norme specifiche di settore.



Figura 1: vista del ponte sul Senio

1 - INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 - Ubicazione dell'intervento

L'attraversamento oggetto di intervento si trova nella zona Nord- Est dell'abitato del comune di Alfonsine lungo la via Reale.



Figura 2. Inquadramento satellitare

1.2 - Analisi Storico-Critica

Di seguito viene riportata la documentazione progettuale originaria, reperita presso l'archivio ANAS della Direzione Generale Di Cesano:

- BO C 389 PT - SS 16 Adriatica Lavori di adeguamento della luce del ponte sul fiume Senio al km 134+975 Progetto del 23/12/1983 Progetto esecutivo Relazione Liquidazione finale Collaudo Disegni Sezioni Spalle Campata Planimetria Computo metrico Relazione geotecnica Calcoli statici 1983/1995 (Rif. X235000001164263 e X235000001157943);
- BO 16/86 - Gara Atto aggiuntivo SS 16 Adriatica Lavori di adeguamento della luce del ponte sul fiume Senio al km 134+975 Corografia Planimetria Profilo longitudinale Pianta e fondazioni Sezioni stradali Muri di sostegno Rivestimento alveo 1987 (Rif. X2350000G1344883);
- Progetto esecutivo SS 16 Adriatica Lavori di adeguamento della luce del ponte sul fiume Senio al km 134+975 Progetto del 23/12/1983 Sagome trasversali e sezioni tipo Sezione e pianta impalcato Pianta e profilo longitudinale Pile e spalle Sezioni Planimetria 1983/1984 (Rif. 2005).
- Relazione di collaudo statico.
- Collaudo tecnico amministrativo.

Copia dei documenti è fornita in allegato.

Tale documentazione è stata visionata, studiata nel dettaglio e verificata in fase di campagna di indagine.

La storia progettuale e costruttiva dell'infrastruttura viaria ha inizio nel 1983 con la progettazione dei lavori di adeguamento della luce del ponte sul fiume Senio, in seguito alla necessità sopraggiunta di sovralzamento e allargamento della struttura esistente nell'ambito di una generale risistemazione della viabilità nella zona.

L'opera è stata realizzata negli anni 1987-1988 e, per garantire la viabilità del tratto stradale, è avvenuta in due fasi successive:

Fase 1: preventiva costruzione della parte in allargamento costituita da 3 campate. L'elevazione delle pile è stata costituita da colonne realizzate in prosecuzione dei pali di fondazione, collegate in testa ed allo spiccato da appositi traversi orizzontali.

Fase 2: demolizione dell'impalcato originario e delle pile. Realizzazione delle nuove pile del tipo a colonna, collegate in testa ed allo spiccato in proseguimento della parte realizzata in precedenza. Sovralzamento delle spalle originarie, le cui fondazioni erano state consolidate nel 1982. Infine, è avvenuto il completamento dell'impalcato.

In seguito alla realizzazione avvenuta in due fasi distinte è presente un giunto longitudinale in prossimità dell'asse stradale.

Il 15/16 giugno 1988 è stata effettuata una prova di carico su palo esterno a sinistra rispetto alla direzione Ferrara-Ravenna della pila lato Ferrara, di cui si dispone copia del verbale di prova originale.

Il 10 settembre 1988 si è svolta la prova di carico dell'impalcato, di cui si dispone copia del verbale di prova originale.

Nell'anno 1988 è avvenuto il Collaudo Statico delle strutture del ponte sul fiume Senio e dei muri in cemento armato di sottoscarpa adiacenti al ponte redatto dal collaudatore ing. Enzo Palermo, di cui si dispone copia dell'originale.

Anno 1991 atto unico di Collaudo, di cui si dispone copia dell'originale.

1.3 - Attività preliminari alla progettazione

Al fine di acquisire le caratteristiche dimensionali del manufatto e per valutarne il grado di conservazione è stato svolto un rilievo laser scanner del ponte un indagine storico-critica e normativa. .

La restituzione delle indagini e elaborazioni condotte, svolte dallo Studio Tassinari e Associati di Ravenna, è riportata negli elaborati:

E.GEN-11-Inquadramento satellitare e urbanistico normativo

E.GEN-12-Rilievo planoaltimetrico dell'area di intervento (Laser scanner e gps)

E.GEN-13-Documentazione fotografica

E.GEN-14-Planimetria Stato di fatto – sezioni tipo e prospetti

E.STR-04-Planimetria strutturale stato di fatto – sezioni strutturali tipo e prospetti

E.STR-05-Pianta impalcato, sezione longitudinale, pianta fondazioni stato di fatto

E.STR-06-Sezioni trasversali, sezioni travi Stato di fatto

Per stabilire le caratteristiche di resistenza meccanica degli elementi strutturali costituenti il ponte è stata svolta un'indagine diagnostica, redatta e sottoscritta dai tecnici della società "4 EMME Service S.p.A."

1.3.1 - Indagini topografiche

Il rilievo è stato svolto ad agosto 2018 mediante Laser Scanner 3D Topcon. Sono state impiegate 12 differenti stazioni di rilievo collimate topograficamente mediante triangolazione automatica e sono stati infissi n. 3 chiodi topografici per la collimazione al rilievo GPS "generale" arricchito successivamente dal rilievo GPS svolto ad aprile 2020.

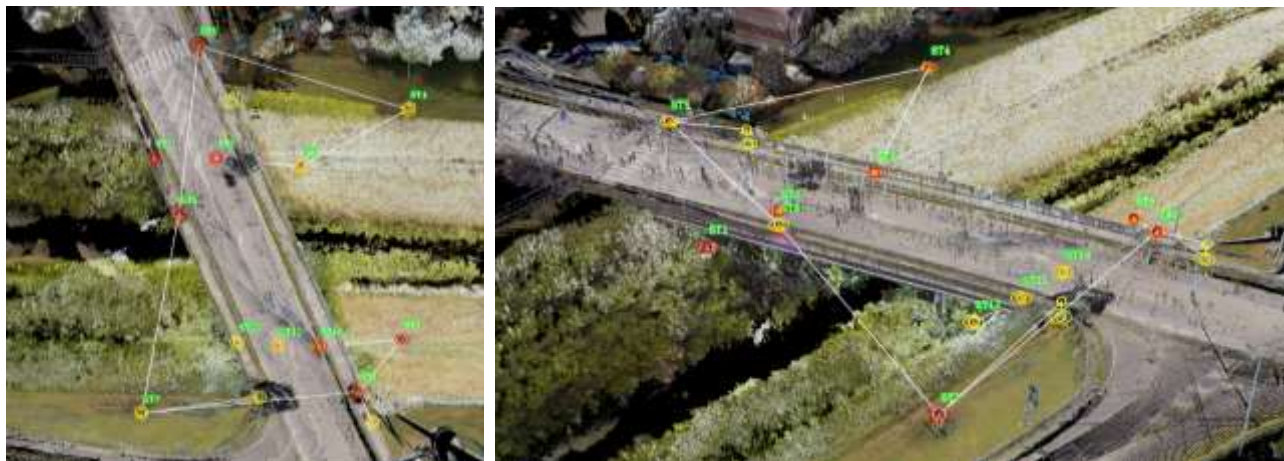


Figura 3: stazioni di presa e punti noti

Grazie all'importante banca dati geometrica acquisita durante il rilievo laser scanner eseguito in fase preliminare è stato possibile eseguire direttamente dalla nuvola di punti, attraverso apposite elaborazioni software, l'estrazione di specifici elementi essenziali per la fase di progettazione esecutiva tra le quali: luci intradosso, altezze, quote, planimetrie, prospetti e individuazione esatta di elementi di discontinuità.



Figura 4: nuvola di punti, vista intradosso, discontinuità.

Mediante l'elaborazione dei dati oltre ad aver ricavato l'esatta geometria strutturale del viadotto sono state rilevate, oltre alle criticità già evidenziate dal Comune in fase richiesta di offerta, ulteriori elementi che hanno permesso di indirizzare le prove materiali da svolgere sulla struttura nella successiva fase di indagini diagnostiche.

1.3.2 - Indagini diagnostiche

Come descritto nell'elaborato "E.GEN-01.B-Verifica generale ponte sul torrente Senio" allegato al progetto esecutivo, sono state svolte nel 2018 le indagini diagnostiche sugli elementi strutturali costituenti l'attraversamento qui di seguito:

- Ispezione visiva primaria
- Indagini sperimentali sui materiali
 - o Rilievo pacometrico delle armature
 - o Prove di Pull-Out
 - o Carotaggi
 - o Determinazione della profondità di carbonatazione del calcestruzzo
 - o Misura dello spessore della soletta
 - o Profilo di penetrazione degli ioni cloro
- Caratterizzazione dinamica mediante tomografia
- Prova di carico statica di analisi e di verifica

CALCESTRUZZI

SINTESI DEI VALORI RILEVATI PROVE DI PULL-OUT		RISULTATI PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE CAROTE	
Elemento	R _c media per elemento [MPa]	Elemento	f _c [MPa]
Travi campata centrale	48,9	Campata centrale – 14° trave da monte L/4	35,0
		Campata centrale – 14° trave da monte app. sx	43,7
Travi campata destra	45,2	Campata dx – 6° trave da monte L/4	45,9
		Campata dx – 5° trave da monte L/4	28,2
Travi campata sinistra	47,6	Campata sx – 6° trave da monte L/2	44,6
		Campata sx – 5° trave da monte L/2	44,1
Soletta	31,6	Soletta campata centrale lato valle	38,1
Pila destra	18,0	Pila dx – 4° pilastro da monte	17,2
Pila sinistra	25,5	Pila sx- 5° pilastro da monte	19,7
Pulvino destra	17,5	Pulvino sx lato monte	28,1
Pulvino sinistra	35,4	Pulvino sx lato valle	26,0
Spalla sinistra	31,1	Spalla sx lato valle	25,7
		Spalla sx lato monte	16,8
Spalla destra	19,1	Spalla dx lato valle	19,4
		Spalla dx lato monte	38,4

La resistenza caratteristica delle travi in c.a.p. di progetto del 1983 era indicata pari a $R_{bk} = 50$ MPa, da qui si evince che il calcestruzzo, per quanto riguarda l'elemento trave, presenta caratteristiche meccaniche leggermente inferiori alle prescrizioni di progetto.

Il calcestruzzo delle solette e dei traversi di progetto è pari a $R_{bk} = 35$ Mpa, mentre per i pulvini le pile e le spalle è indicato in progetto un cls con $R_{bk} = 30$ Mpa. Anche per questi elementi dalle prove svolte si evince che gli elementi presentano in alcuni casi caratteristiche leggermente inferiori ma in alcuni casi superiori rispetto a quelle prescritte in progetto.

E' stata svolta una nuova prova di carico statica di identiche caratteristiche rispetto a quella di collaudo del 1988, con risultati ottimi.

Da questi risultati è poi stata svolta una analisi di vulnerabilità sismica rispetto alle vigenti azioni sismiche che ha determinato una capacità pari al 90% delle azioni, a patto di rendere cinematicamente solidale tutto l'impalcato, anche in virtù della ridotta lunghezza totale.

1.4 - Descrizione dello stato di fatto

In seguito alle indagini svolte, si afferma che il ponte ha una geometria obliqua così riassumibile:

- Lunghezza totale 42 m
- Larghezza totale impalcato 15.00 m
- 3 campante, di cui le laterali da 9.10 m e quella centrale da 23.80 m.
- Inclinazione delle pile di 28° rispetto all'asse stradale
- Impalcato realizzato a graticcio così composto:
 - Soletta collaborante di spessore 25 cm omogenea
 - Travi prefabbricati a I di altezza 100 cm e larghezza 100 cm ad interasse 102-115 cm per la campata centrale ed intersasse 183-185 cm per quelle laterali
 - Trave pulvino 100x186 in sezione retta
 - Pile composte da 5 colonne circolari di diametro 120 cm ed interasse 330 cm
 - Fondazioni a ciabatta e pali di fondazione in prolungamento delle colonne delle pile.

Dal rilievo e dalla documentazione visionata presso l'archivio è emerso che il viadotto è stato realizzato in due momenti diversi e per questa ragione presenta una discontinuità dovuta all'unione dei due impalcati.

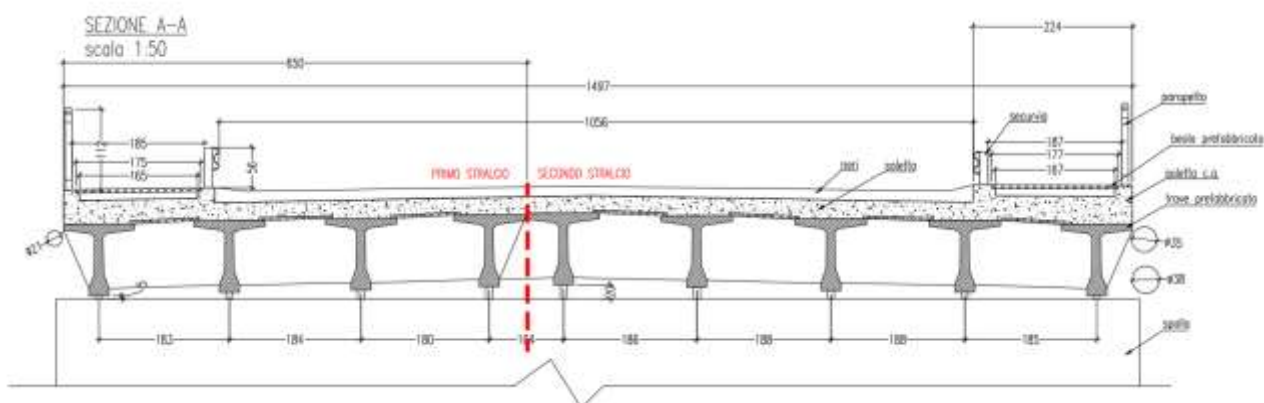


Figura 5. Sezione trasversale

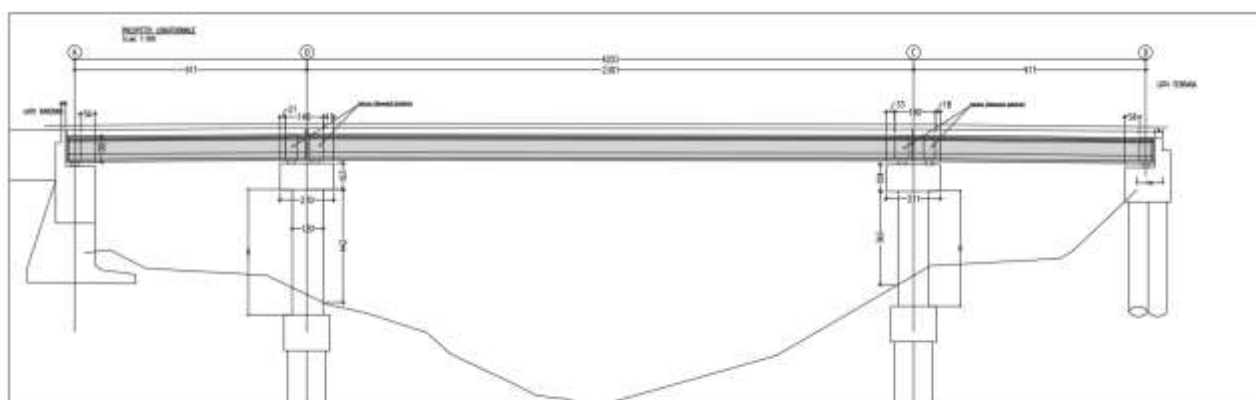


Figura 6. Profilo longitudinale

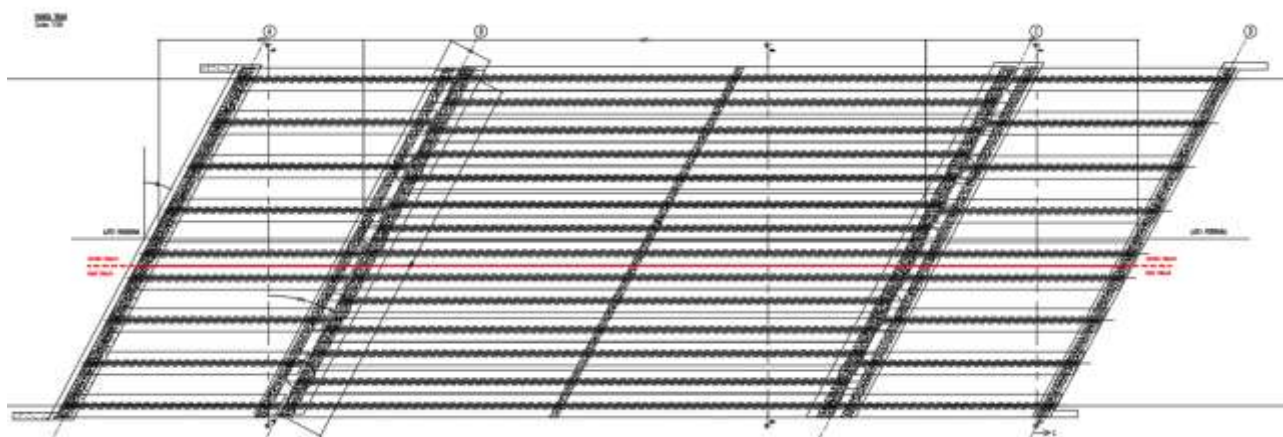


Figura 7. Pianta impalcato

1.5 - Stato di conservazione dell'opera

Attualmente il ponte manifesta diversi ammaloramenti non gravi, ovvero si sono rilevati i seguenti elementi che comportano interventi di ripristino:

- Securvia non rispondente alle vigenti normative
- Il cordolo laterale in totale disfacimento, con crescita di vegetazione

- Le beole prefabbricate, già sostituite in precedenza, presentano degrado diffuso, probabilmente per mancanza di giochi di dilatazione
- I giunti longitudinali dell'impalcato non sono adeguatamente presidiati e protetti con appositi dispositivi, che possano anche permettere la raccolta delle acque. Questo ha comportato il degrado della pavimentazione.
- Convogliamento delle acque totalmente assente
- Infiltrazioni meteoriche in corrispondenza dei pulvini del giunto di costruzione longitudinale, questi presentano distacco del copriferro, corrosione delle armature e evidenti segni di dilavamento diffusi.
- Scalzamento del terreno attorno alle pile ed alle spalle.
- Nelle spalle sono presenti dilavamento diffuso e fessurazioni e screpolature superficiali.
- Le strutture portanti presentano distacchi dei copriferri con fenomeni di corrosione dell'armatura, tale fenomeno è principalmente localizzato nei punti di percolazione delle acque dell'impalcato.

2 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA

Durante la fase preliminare è stata svolta una verifica di vulnerabilità sismica descritta nel dettaglio nell'elaborato PA06-PROGETTO-RELAZIONE DI VULNERABILITA' SISMICA.

Per valutare in dettaglio il comportamento d'insieme della struttura nonché le sollecitazioni nei vari elementi strutturali, si è proceduto con una modellazione FEM dell'intera opera d'arte, comprensiva di impalcato e sottostruttura (Pulvini, Pile e Fondazioni) con monodimensionali tipo "frame" relativi a travi e traversi, collaboranti con soprastanti elementi bidimensionali (shell) per rappresentare la soletta con spessore uniforme $s=20$ cm; sono state inoltre impostate, sia a livello planimetrico che in elevazione, le quote dei singoli elementi congruenti con la geometria effettiva dell'impalcato. I vincoli applicati alla struttura sono rispettivamente costituiti da:

- Incastri alla base delle pile (in corrispondenza delle fondazioni su pali);
- Vincoli elastici di tipo longitudinale in corrispondenza delle spalle.

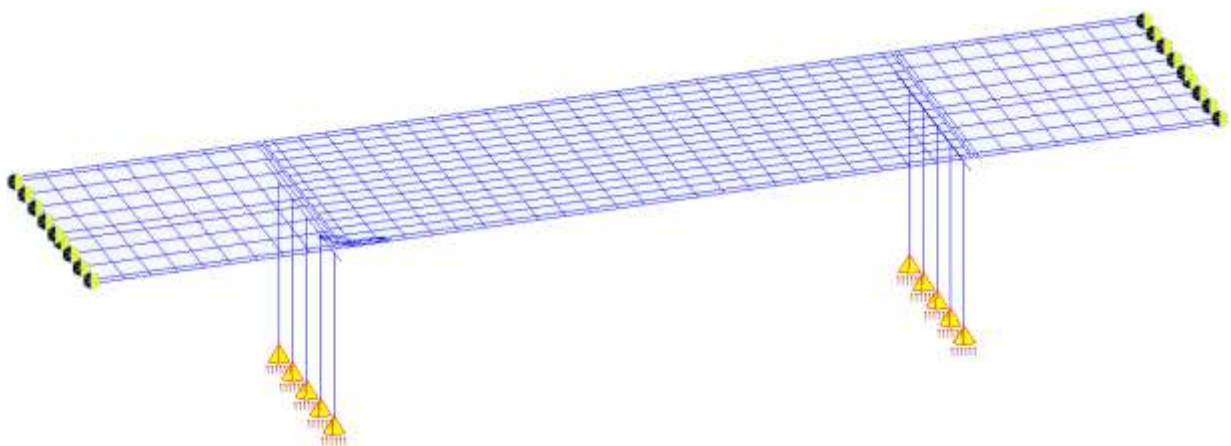


Figura 8: modello ad elementi finiti

Si rimanda alla relazione specialistica.

3 - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi che si ritengono necessari al fine di una manutenzione straordinaria sono i seguenti:

1. Rimozione del securvia esistente ed installazione di nuovo come da vigente normativa;
2. Demolizione delle porzioni ammalorate del cordolo laterale della carreggiata e ripristino come da progetto originale;
3. Fresatura del manto stradale fino alla soletta strutturale;
4. Realizzazione di collegamento strutturale sui giunti agli appoggi e sul giunto di costruzione per rendere cinematicamente unico l'impalcato;
5. Posa di guaina impermeabilizzante su tutta la carreggiata;
6. Realizzazione della rete di raccolta acque meteoriche e scarichi acque impalcato;
7. Posa in opera di nuovo manto stradale (binder ed usura) e posa segnaletica orizzontale e verticale;
8. Rimozione di tutte le beole prefabbricate e realizzazione nuovo percorso ciclo pedonale;
9. Pulizia delle porzioni ammalorate del copriferro delle strutture delle pile e delle spalle;
10. Posa in opera di malta minerale tixotropica certificata di ripristino ad alte prestazioni con funzione passivante e di ripristino delle strutture;
11. Realizzazione di muro di consolidamento e rivestimento della Spalla lato Ferrara, con successivo inserimento di tiranti passivi realizzati con tecnica autoperforante;
12. Rafforzamento delle pile a partire dallo spiccatto di fondazione;
13. Realizzazione di manto di scapolame di protezione idraulica alle strutture di fondazione;

3.1 - Interventi sull'impalcato

Il primo intervento sarà quello di rimozione dei securvia esistenti e del disfacimento della pavimentazione stradale di spessore variabile e della pavimentazione pedonale fino ad arrivare all'estradosso della soletta superiore del ponte, congiuntamente verranno demolite le porzioni di cordolo laterale ammalorate.



Figura 9: vista del ponte esistente – manto stradale, securvia e particolare cordolo da rimuovere.

Con il disfacimento e la rimozione della pavimentazione stradale per tutta la lunghezza del ponte, si potrà procedere con l'intervento sulla soletta per la quale è prevista la cucitura strutturale, durante questa fase verrà verificato anche lo stato

conservativo delle porzioni di soletta che non si sono potute rilevare in fase di conoscenza. Per la realizzazione di tale intervento si dovrà procedere al taglio e alla demolizione di una parte di soletta a cavallo dei giunti per una lunghezza di circa un metro e mezzo per parte, la porzione di nuova soletta verrà poi cucita attraverso la posa di barre di armatura nelle parti precedentemente preparate ed eventualmente mediante fori e resina epossidica strutturale bicomponente in modo tale da avere una continuità dell'intera struttura. (Andrà realizzato il collegamento strutturale anche tra soletta e spalle).



Figura 10: vista del ponte esistente: Giunto su Pile oggetto di intervento di collegamento strutturale

Verranno demoliti e ricostruiti anche i cordoli, i quali presentano evidenti segni di ammaloramento e ai fini dell'installazione delle nuove barriere.

Il secondo intervento prevede la realizzazione della nuova rete di raccolta e smaltimento acque meteoriche.

Tale intervento risulta di fondamentale importanza in quanto, come evidenziato nella descrizione dello stato di fatto, è stato rilevato un degrado generale degli elementi strutturali dovuto alle infiltrazioni d'acqua causate dalla mancata esistenza del sistema di raccolta. Per ovviare alle problematiche descritte viene progettato un nuovo sistema idraulico e viene prevista l'impermeabilizzazione dell'intera piattaforma stradale.

Il nuovo sistema idraulico atto alla regimentazione delle acque afferenti la piattaforma stradale è prevista mediante caditoie con passo regolare calcolato. Le acque meteoriche defluiranno longitudinalmente sul bordo della pavimentazione, in una canaletta delimitata lateralmente dal cordolo dell'impalcato ed inferiormente dalla superficie pavimentata. Lo scarico dei deflussi viene previsto attraverso tubo di scarico connesso alle caditoie (poste oltre il cordolo della barriera di sicurezza, dove potranno giungere i deflussi provenienti dalla strada mediante trasparenze realizzate nel cordolo stesso).

(Ciascuna caditoia sarà collegata, attraverso una canaletta in acciaio inox di dimensioni 20 x 5 cm, ad un pozzetto d'ispezione di dimensioni 30 x 30 cm posto al di sotto del marciapiede/pista ciclabile. Dai pozzetti l'acqua raccolta sarà convogliata in dei discendenti di diametro 100 mm che, a loro volta scaricheranno l'acqua raccolta in un tubo in PVC di diametro pari a 200 mm al di sotto dell'impalcato con stessa pendenza longitudinale pari all'1.2 %. In corrispondenza delle spalle è stata prevista la posa in opera di pluviali verticali di scarico di diametro pari a 200 mm che convogliano l'acqua raccolta nel fiume Senio)

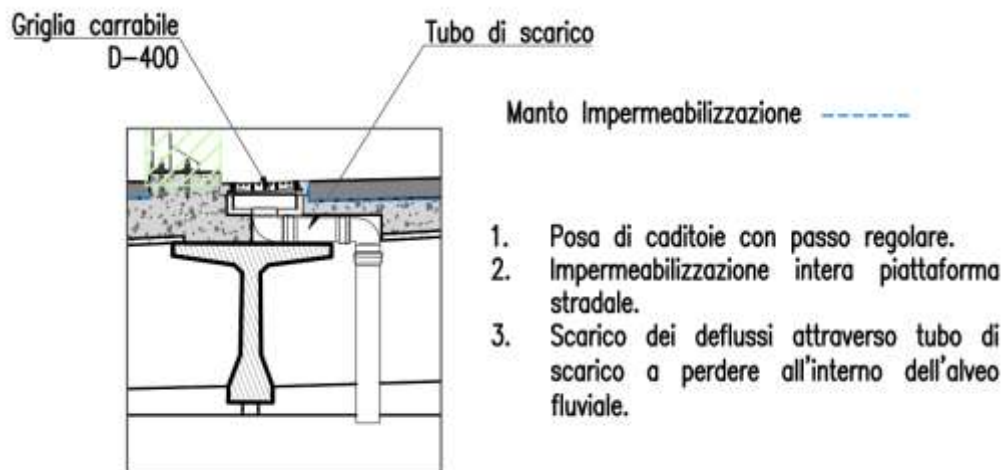


Figura 11: Tipologico sistema di convogliamento acque meteoriche

Il terzo intervento prevede il rifacimento dell'intero manto stradale.

La nuova pavimentazione stradale da realizzare sopra il palcato esistente sarà costituita dai seguenti strati:

- Strato binder con spessore 10 cm
- Tappeto d'usura realizzato con un conglomerato bituminoso antisdrucchiolo dello spessore di 4 cm.

La pavimentazione stradale avrà pendenza trasversale finale pari al 2.5%.

Le pavimentazioni stradali del percorso ciclo-pedonale a lato della careggiata saranno realizzate in seguito alla rimozione delle beole prefabbricate con posa su base metallica di nuovi elementi prefabbricati.

Dopo aver rifatto la pavimentazione stradale verranno posizionate le nuove barriere. Il progetto delle barriere di sicurezza è redatto nel rispetto del D.M. 21/6/2004 secondo il quale, una volta individuate le zone da proteggere sono stati assunti i criteri di scelta dei dispositivi di sicurezza stradale (art.6).

La strada oggetto di intervento è la Strada Statale 16 Adriatica, e il ponte in oggetto è situato al km 134+975.

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n < 15
III	>1000	> 15

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	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

(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale

(2) La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

Si decide di adottare barriere longitudinali bordo ponte di classe H3 congiuntamente alla più opportuna larghezza operativa W. Il progetto prevede l'installazione di barriere a doppia onda in acciaio infisse sui nuovi cordoli in c.a.. Nelle estremità delle barriere di sicurezza dovranno essere installati opportuni elementi terminali, secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004.

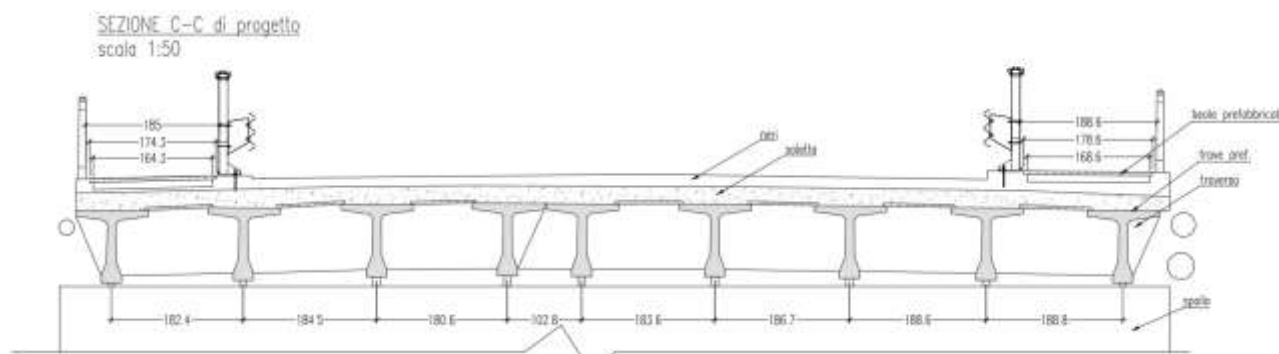


Figura 12. Sezione di progetto

3.2 - Interventi di consolidamento e ripristino degli elementi strutturali portanti

Prima di eseguire i lavori sull'impalcato verranno eseguiti i lavori di consolidamento e ripristino degli elementi portanti strutturali del ponte quali pile, pulvini e spalle. Questi sono descritti in dettaglio negli elaborati grafici di progetto.

Tali elementi allo stato attuale presentano alcune fessurazioni e evidenti segni di ammaloramento quali distacchi localizzati dei copriferri con conseguente esposizione di alcune barre che risultano corrose in modo significativo.

Tali fenomeni sono concentrati nei punti che presentano importanti fenomeni di percolazione dovuti all'assenza del sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche. Per tale ragione è previsto il ripristino dei ferri d'armatura e del copriferro nelle zone maggiormente interessate dai degradi corticali dei paramenti in elevazione.

Nel calcestruzzo armato la carbonatazione innesca la corrosione delle armature che è anche una delle principali cause di degrado del materiale.

Dalla corrosione si innescano due fenomeni:

- il primo, il più pericoloso, riguarda la riduzione della sezione del tondino.
- il secondo comporta un distacco del copriferro (spalling). L'espulsione del copriferro provoca la completa esposizione dei ferri all'azione aggressiva dell'ambiente che viene pertanto accelerata.



Figura 13: Vista dello stato di fatto dei Pulvini



Figura 14: Vista delle Spalle allo stato di fatto

L'intervento di ripristino verrà sviluppato nelle seguenti fasi:

- Preparazione del substrato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione del copriferro nelle parti danneggiate. L'idrodemolizione verrà eseguita secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1504-10, come indicato nella norma viene raccomandata una pressione di 700 bar, sufficiente a rimuovere il calcestruzzo disgregato e a pulire le barre di armatura senza rischiare di creare dannose lesioni nel calcestruzzo non disgregato. L'operazione di idrodemolizione si riterrà conclusa quando il calcestruzzo apparirà compatto e le superfici così ottenute si presenteranno prive di elementi estranei e zone poco resistenti e comunque fino al raggiungimento dello strato di calcestruzzo con caratteristiche di buona solidità e NON carbonatato;
- Rimozione della ruggine dai ferri d'armatura mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura delle barre esposte e trattamento per ripassivare l'armatura in funzione del degrado e della malta che verrà

utilizzata. Ripassivazione delle armature mediante applicazione di boiacca bicomponente anticorrosione.

- Verrà valutata l'eventuale necessità di armature integrative a seconda dei valori delle indagini diagnostiche svolte in fase preliminare, e in funzione dell'effettivo degrado delle armature diagnosticabile post pulizia nel caso in cui il degrado da corrosione avesse intaccato il diametro delle armature esistenti in maniera significativa. Se necessaria verrà inserita un adeguata armatura integrativa, sia longitudinale che di contenimento trasversale, opportunamente calcolata e verificata. Le armature dovranno essere ancorate al supporto esistente, opportunamente distanziate dal supporto e verrà garantito un adeguato copriferro in funzione della classe di esposizione.
- Pulizia della superficie di supporto da effettuarsi immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate. Con i mezzi più opportuni verranno asportate le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco, eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e Sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto. L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali ad espansione contrastata in aria.
- Riprofilatura/ripristino monolitico del copriferro e trattamento dei ferri di armatura. Se si opta per l'utilizzo di una malta tixotropica tipo Geolite Kerakoll, questa può essere utilizzata sia per la protezione dei ferri, sia per il ripristino volumetrico del calcestruzzo mancante che per la rasatura finale. La ricostruzione del calcestruzzo andrà eseguita su fondo saturo ma privo di acqua liquida in superficie. In alternativa, per aree estese è possibile utilizzare specifici calcestruzzi da ripristino. Il materiale da ripristino da utilizzare deve essere normato ai sensi della UNI-EN 1504.

“Dopo aver accertato la qualità del substrato ed aver eventualmente provveduto al ripristino del calcestruzzo ammalorato ed al trattamento delle barre metalliche, può essere opportuno ricorrere ad un ulteriore provvedimento di sabbiatura a carico della superficie interessata dal rinforzo. [...] Nel caso in cui si operi su una superficie di calcestruzzo che non necessiti di ripristino, ma che sia di qualità scadente, è opportuno valutare la possibilità di applicare su di essa un consolidante. [...] In generale, è necessario verificare che sulla superficie di applicazione del rinforzo non siano presenti polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi. (CNR - DT 200 R1/2013 § 4.8.1.3)”*

SPECIFICHE SULLE PILE:

In seguito all'analisi delle prove diagnostiche eseguite sulle pile si sono riscontrati valori di caratteristiche meccaniche inferiori rispetto alle prescrizioni di progetto. Come descritto nel paragrafo 1.3.2

Nonostante all'indagine visiva le pile non si presentino particolarmente ammalorate, si prevede un intervento di rinforzo sulle pile, mirato al raggiungimento di prestazioni quantomeno non inferiori a quelle di progetto, mediante placcaggio di confinamento con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato con geomalta minerale strutturale tixotropica certificata EN 1504.

Dovrà essere assicurata un'adeguata sovrapposizione delle reti di rinforzo.

Di norma, negli interventi di confinamento, la lunghezza di sovrapposizione della rete deve essere almeno pari un quarto della circonferenza/perimetro della sezione trasversale e comunque non inferiore a 300 mm. (CNR - DT 215/2018 §6)

INTERVENTO SULLA SPALLA LATO FERRARA

Sulla spalla lato Ferrara, realizzata in appoggio alla fondazione esistente originaria, viene previsto un intervento di consolidamento specifico.

Questo consta nella realizzazione di un nuovo muro di consolidamento inghisato alla spalla esistente, e alla posa di ancoraggi autopercoranti tipo sirive. I tiranti passivi descritti nell'elaborato E.STR-07 (particolare 6) non compromettono l'omogeneità e le future attività manutentive del rilevato arginale. Questi assimilabili a una sorta di micropali localizzati vengono installati tramite un'unità di perforazione a rotopercolazione esterna con idonea testa di adduzione. Alla barra viene montata la punta di perforazione a perdere più idonea al terreno da perforare ed all'ancoraggio da ottenere. La peculiarità di questa soluzione è l'impiego della barra cava in acciaio filettata che funge contemporaneamente da elemento perforante a perdere, tubo di iniezione e armatura dell'ancoraggio. La presenza della cavità assiale all'interno della barra permette l'iniezione di fluidi di perforazione a pressione controllata, che fluiscono attraverso le apposite aperture presenti sulla punta di perforazione. L'iniezione di malta cementizia eseguita a bassa pressione controllata, garantisce non venga in alcun modo compromesso il rilevato arginale.

3.3 - Interventi di messa in sicurezza per gli utenti deboli della strada

Le utenze deboli rappresentato gli utenti della strada che sono caratterizzati da maggiore rischio: pedoni, ciclisti e conducenti e passeggeri di ciclomotori, che sono coinvolti in misura predominante in incidenti che avvengono in ambito urbano. Le diverse utenze della strada sono caratterizzate da differenti livelli di vulnerabilità: si considerano come maggiormente vulnerabili i pedoni. Tra di essi si possono distinguere i diversi livelli di capacità motoria, pertanto i pedoni anziani o i bambini sono considerati utenti più deboli rispetto al pedone normodotato, così come i pedoni portatori di handicap o con difficoltà motorie. Una efficace strategia per il miglioramento della sicurezza non può prescindere da provvedimenti specifici per la protezione delle utenze deboli.

Per questa ragione oltre alle opere di manutenzione straordinaria che prevedono tra gli altri l'intervento di adeguamento dei percorsi pedonali e ciclabili, è stata prevista un'azione aggiuntiva specifica a tutela di questo tipo di utenti.

Congiuntamente agli altri interventi viene dunque prevista la protezione dell'attraversamento pedonale esistente.

È stato previsto di installare portali a bandiera dotati di opportuna segnaletica e di una lampada che illumini la fascia di attraversamento.



Figura 15: Possibili schemi di intervento

Considerando tale passaggio pedonale strategicamente delicato si prevede inoltre la possibilità di installare come miglioria rispetto al progetto esecutivo, congiuntamente alla segnaletica di cui sopra, due lanterne semaforiche pedonali a chiamata.

4 - SICUREZZA

Il presente progetto è completo di apposito Piano di Sicurezza e di Coordinamento, redatti ai sensi del D.Lgs. 81/08 e succ. modifiche ed integrazioni.

L'impresa avrà l'obbligo di prendere visione dei luoghi e del progetto e di tutte le prescrizioni in esso contenute a cui dovrà rigorosamente attenersi in fase di esecuzione delle opere, tenendo anche conto di quanto disposto dal Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione e dalla Direzione dei Lavori anche in materia di normativa di sicurezza per i cantieri mobili.

L'impresa sarà tenuta al rispetto delle norme per la sicurezza sul luogo di lavoro in relazione ai rischi connessi con la specifica attività e con le attrezzature utilizzate, dovrà consegnare all'Ente appaltante il proprio Piano Operativo di Sicurezza. In virtù di ciò rientreranno nelle responsabilità del datore di lavoro della ditta appaltatrice provvedere alla informazione, formazione, scelta ed addestramento nell'uso di idonei dispositivi di protezione individuali.

L'impresa dovrà attenersi anche agli obblighi imposti dal Nuovo Codice della Strada in materia di sicurezza dei cantieri, di segnaletica e regolamentazione del traffico.

5 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Lgs 50/2016 "Codice degli appalti" aggiornato con le modifiche dal D.L. 32/2019, D.L. 124/2019 e s.m.i.
- D.M. 17 gennaio 2018
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7
- CNR – DT 215/2018
- D.Lgs. 81/08 e succ. modifiche ed integrazioni