

PROGETTO:

**SPBS 345 "DELLE TRE VALLI"
INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA
AL PONTE AL KM 12+250 DI SOVRAPASSO DEL
FIUME MELLA NEL COMUNE DI SAREZZO
FRAZIONE DI ZANANO - CUP H97H19002110003**

TAVOLA:

R1

SCALA: **03/09/2020**

DATA:

OGGETTO:

Relazione generale

COLLABORATORI:

COMMITTENTE:

**PROVINCIA DI BRESCIA SETTORE
DELLE STRADE E DEI TRASPORTI**

AGGIORNAMENTI

1°

2°

3°

4°

5°

PROGETTO ESECUTIVO

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

IMPRESA ESECUTRICE OPERE

Sommario

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE	2
1.1 Descrizione del manufatto	2
1.2 Normativa di riferimento	4
CAPITOLO 2 INDAGINI E CAMPAGNE DIAGNOSTICHE	6
2.1 Ispezione 20 settembre 2018	6
2.2 Prima campagna diagnostica 16 ottobre 2018	8
2.3 Seconda campagna diagnostica 2 ottobre 2019	10
2.4 Sopralluoghi	10
CAPITOLO 3 VERIFICHE STATO DI FATTO	11
CAPITOLO 4 INTERVENTO STRUTTURALE	12
CAPITOLO 5 INTERVENTI SECONDARI	14
5.1 Barriere stradali e nuovi cordoli	14
5.2 Giunto di dilatazione	18
CAPITOLO 6 INTERFERENZE EVENTUALMENTE SULLA BASE DELLE INFORMAZIONI FORNITE DAGLI ENTI GESTORI ED EVENTUALI OCCUPAZIONI TEMPORANEE	19
CAPITOLO 7 FASI REALIZZATIVE	19
CAPITOLO 8 PREZZIARI DI RIFERIMENTO E ANALISI PREZZI	24

Capitolo 1 Introduzione

La presente relazione rappresenta una sintesi dell'intero iter che ha portato alla sistemazione del ponte BSSPEXSS345_P006 (sigla manufatto Provincia di Brescia). L'opera consente alla SPBS345 di superare il fiume Mella nella frazione Ponte Zanano del comune di Sarezzo.

Nello specifico vengono nel seguito descritti: le normative di riferimento, i rilievi e le campagne diagnostiche, la condizione del manufatto allo stato di fatto e i conseguenti problemi rilevati, le finalità dell'intervento e delle modalità esecutive, le lavorazioni previste, interferenze eventualmente sulla base delle informazioni fornite dagli enti gestori ed eventuali occupazioni temporanee, riferimento a prezzi utilizzati e relativa motivazione. Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche relazioni.

1.1 Descrizione del manufatto

L'opera attenzionata, di competenza della Provincia di Brescia, consente alla SPBS345 il superamento del fiume Mella nella frazione Ponte Zanano del comune di Sarezzo.

In prossimità della pila a sud si riscontra una discontinuità nell'impalcato; pertanto si possono distinguere due strutture indipendenti: un ponte a travata (prima campata a sud), e un ponte ad "arco" (seconda e terza campata), si vedano la Figura 1.1 e la Figura 1.2.



Figura 1.1: Vista complessiva dell'opera



Figura 1.2: dettaglio prima campata

La prima campata consta di 6 travi principali con luce netta (da spalla a spalla) pari a 9,94 m. Trasversalmente sono presenti due ripartitori in campata, aventi un interasse variabile (procedendo da Brescia verso Gardone Val Trompia): 3,35 m – 3,60 m – 3,00 m. Tutti gli elementi strutturali sono in calcestruzzo armato gettato in opera.

Seguendo la numerazione propria dell'Università degli Studi di Brescia, le nervature sono numerate a partire da nord-est verso sud-ovest; i ripartitori, seguendo l'asse stradale, sono numerati procedendo da Brescia verso Gardone Val Trompia.

In Figura 1.3 è riportata la pianta dell'impalcato con indicate le principali grandezze geometriche. Come è possibile osservare dalla pianta il manufatto è caratterizzato da un'obliquità importante (circa 58°).

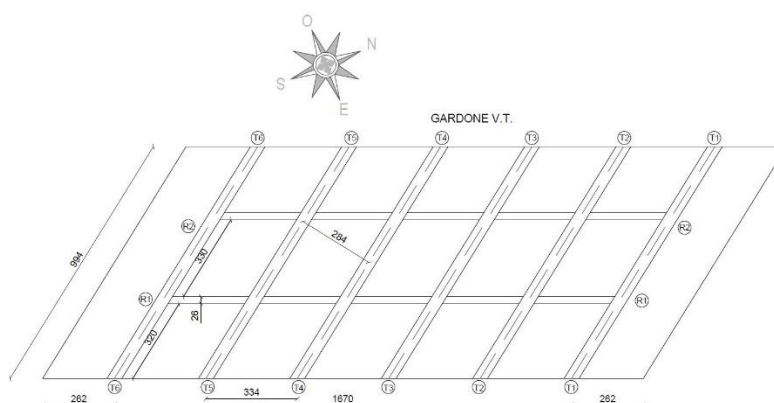


Figura 1.3: Pianta impalcato

Come anticipato, le altre due campate costituiscono un impalcato a sé stante, sempre in c.a.. La terza campata (lato Sarezzo) ha la forma di un arco ribassato di luce netta 22,60m;

mentre la seconda è un semiarco ribassato (luce netta 8,50 m) che sembra non appoggiare, o comunque in maniera insignificante, sulla pila più a sud in comune con il ponte a travata. Quest'ultima arcata è quindi schematizzabile come una mensola.

Apparentemente il manufatto sembra quindi costituito da un arco e un semiarco ribassati. Tuttavia, osservando l'intradosso dello stesso, si distinguono chiaramente, a causa dello scarso copriferro, degli elementi ben definiti da armature trasversali (staffe). L'impalcato si configura quindi a travata continua le cui nervature principali hanno uno sviluppo ad arco ribassato. L'interasse tra una trave e l'altra è "protetto" da una controsoletta.

Ad oggi non è stata trovata alcuna documentazione progettuale che rispecchiasse la attuale configurazione dell'intera opera di scavalco.

Inoltre, si segnala la presenza della pista ciclopedonale della Val Trompia al di sotto della prima campata.

1.2 Normativa di riferimento

Il progetto è conforme alle norme tecniche vigenti, nello specifico:

- D.M. 17/01/2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni" (nel seguito indicate con NTC2018);
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle - Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (nel seguito Circolare);
- D.M. 18 febbraio 1992, n. 223 – Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale;
- D.M. 3 giugno 1998 - Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 n. 2367);
- D.M. 21 giugno 2004, n. 2367 - Recante le Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- D.M. 28 giugno 2011 - Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale.
- Circolare 25.08.2004 n. 3065 - Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali (per quanto ancora applicabile);

- Circolare 15.11.2007 n. 104862 - Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004 (per quanto ancora applicabile);
- Circolare 21.7.2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Circolare 21.7.2010 n. 62032 - Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali;
- Circolare 05.10.2010 n. 0080173 - Omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali. Aggiornamento norme comunitarie UNI EN 1317, parti 1, 2 e 3 in ambito nazionale.

Capitolo 2 Indagini e campagne diagnostiche

L'opera è stata più volte attenzionata dall'Università. Riguardo alle indagini eseguite, descritte solo brevemente nel seguito, si rimanda alle tavole allegate alla presente e alle dettagliate relazioni dell'Università degli studi di Brescia.

2.1 Ispezione 20 settembre 2018

La prima ispezione è stata condotta dai tecnici dell'Università degli Studi di Brescia in data 20 settembre 2018. L'opera di attraversamento è stata numerata dall'Università distinguendo il ponte a travata ("Ponte 165") e la porzione ad arco ("Ponte 166").

Relativamente al ponte a travata, i tecnici universitari, tramite un' accurata ispezione visiva, hanno rilevato la presenza di fessure inclinate agli appoggi, particolarmente visibili nelle travi di bordo (si veda la Figura 2.1), e di fessure verticali (Figura 2.2), evidenti in diverse travi.

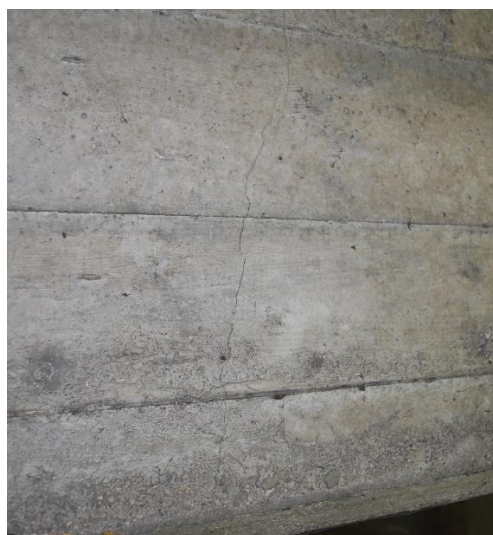


Figura 2.1: Trave di bordo est dettaglio fessure inclinate

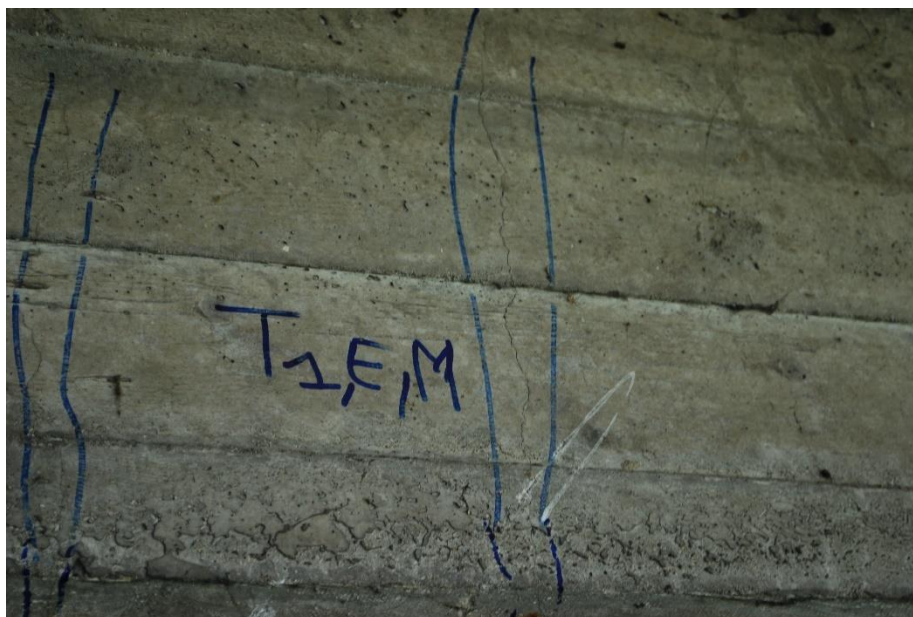


Figura 2.2: Trave di bordo est dettaglio fessure verticali

Visto il ridotto copriferro, le lesioni verticali sono sembrate dovute all'aumento di sezione dell'armatura verticale, a causa della corrosione. Durante lo stesso sopralluogo è stato eseguito un rilievo geometrico di massima, oltre che un' attenta descrizione dello stato di conservazione (il ridotto copriferro ha portato alla luce, in diverse zone, alcuni ferri d'armatura che si presentano corrosi).

Per maggiore dettagli si rimanda alla relazione “Ponte n. 165: SP BS 345 km 12+250- Fiume Mella, RELAZIONE SOPRALLUOGO 20 SETTEMBRE 2018” firmata dal Prof. Fausto Minelli, di cui si riportano le conclusioni:

“Il manufatto presenta un quadro fessurativo diffuso su quasi tutte le nervature, comunque maggiormente significativo, in termini quantitativi e dimensionali, negli elementi strutturali esterni. Quest'ultimo aspetto, nell'ipotesi che le lesioni siano anche dovute alle sollecitazioni indotte dai carichi variabili, fa presupporre una grande capacità di ripartizione trasversale del carico garantita dai ripartitori e dalla soprastante soletta; infatti, nonostante sia un impalcato con maggiore sviluppo trasversale, il ridotto interasse dei traversi unito ad una rigidità confrontabile con quella delle nervature principali, come visto, sviluppa maggiori sollecitazioni nelle due travi di bordo (in presenza ovviamente di carico eccentrico: come può essere il transito di un mezzo pesante su una delle quattro corsie disponibili). Altro aspetto che può aver concorso alla nascita di queste fessure è il degrado legato soprattutto all'infiltrazione dell'acqua meteorica. Le armature, in alcuni punti oramai corrose, possono aver generato delle spinte interne che sono quindi sfociate in una lesione superficiale. Infine, queste “micro-fessure” possono essere state amplificate dalle azioni dei carichi mobili”.

Le maggiori problematiche riscontrate nella porzione ad arco sono legate al ridotto copriferro e alle considerevoli infiltrazioni di acqua meteorica, che hanno portato alla luce, in diverse zone, i ferri prossimi all'intradosso del ponte.

Come anticipato, l'impalcato si configura quindi a travata continua, le cui nervature principali hanno uno sviluppo ad arco ribassato. L'interasse tra una trave e l'altra è "protetto" da una controsoletta.

La pila verso Brescia è in comune con il ponte numero 165. Tuttavia, le nervature sembrano interrompersi in corrispondenza dell'appoggio, risultando quindi sospese (la superficie di appoggio è minima). Gli elementi strutturali si comporterebbero come mensole incastrate nella pila verso Gardone; il lembo superiore, soggetto a trazione, non esibisce fessure: il manufatto, probabilmente, è stato opportunamente armato. A conferma di ciò, in prossimità dell'appoggio verso Brescia il pacchetto stradale è fessurato, sintomo di una possibile deformazione dell'impalcato.

Su entrambe le pile sono evidenti i segni di infiltrazione in corrispondenza degli scoli (l'intradosso presenta numerosi fori). La pila centrale inoltre esibisce ferri esposti e corrosi.

Anche la spalla a nord presenta segni di efflorescenze dovute ad un inadeguato sistema di convogliamento delle acque.

Per maggiori dettagli si rimanda alla scheda di sintesi (Ponte 165) e alle tavole di rilievo e di degrado.

2.2 Prima campagna diagnostica 16 ottobre 2018

I tecnici universitari hanno eseguito, in data 16 ottobre 2018, la prima campagna diagnostica relativa al ponte a travata, assieme al "Laboratorio Prove Materiali Pietro Pisa".

Sono state condotte delle prove empiriche in situ non distruttive e semi-distruttive di tipo meccanico. Le prime sono state eseguite utilizzando uno sclerometro, le seconde con una sonda Windsor. Preliminarmente allo svolgimento delle prove suddette è stato utilizzato un pacometro al fine di individuare la presenza di armature che potrebbero alterare i risultati della prova stessa.

Per poter ricavare maggiori informazioni circa le armature, sono stati effettuati alcuni scassi in diverse travi, ricercando sia l'armatura longitudinale sia le staffe. In particolare

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione “Ponte n. 165: SP BS 345 km 12+250-Fiume Mella, RELAZIONE SOPRALLUOGO 16 OTTOBRE 2018, Indagini Diagnostiche” firmata dal Prof. Fausto Minelli.

2.3 Seconda campagna diagnostica 2 ottobre 2019

Il giorno 2 ottobre 2019 è stata effettuata una seconda campagna diagnostica al fine di approfondire le caratteristiche geometriche e meccaniche dell’impalcato a travata. A seguito infatti di calcoli preliminari, seppure con ipotesi semplificative, si è preferito accertare la presenza del secondo strato di armature rumi flessionali e svolgere indagini più rigorose sulle resistenze dei materiali. La campagna ha visto la partecipazione, oltre che del personale della Provincia di Brescia, anche dei tecnici del Laboratorio Prove Materiali “Pietro Pisa” e dell’Università degli Studi di Brescia. In questa seconda uscita sono state eseguite:

- 3 carote in corrispondenza dell’anima di altrettante nervature (in prossimità della mezzeria) per fornire un dato più accurato sulla resistenza del calcestruzzo e per comprendere il grado di carbonatazione del conglomerato;
- 3 scassi per confermare il numero e la tipologia di armature presenti.

In definitiva, le ulteriori indagini hanno evidenziato il raddoppio di solo 3 barre rumi: le due alle estremità e quella centrale.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione “Ponte n. 165: SP BS 345 km 12+250-Fiume Mella, RELAZIONE SOPRALLUOGO 2 OTTOBRE 2019, Indagini Diagnostiche” firmata dal Prof. Fausto Minelli.

2.4 Sopralluoghi

A seguito delle segnalazioni dell’Università, il sottoscritto, su richiesta della Provincia di Brescia, ha eseguito molteplici sopralluoghi in situ per verificare la condizione del manufatto e le criticità riscontrate. Da una prima ispezione visiva, il manufatto si presenta in un evidente stato di degrado, per lo più a causa di una ormai inefficace impermeabilizzazione dell’impalcato, oltre che al naturale deterioramento dei materiali con il tempo. A tal riguardo, si riportano maggiori informazioni nelle tavole 1 e 2 (rispettivamente “ Inquadramento generale e saggi sullo stato di fatto” e “Stato di Degrado”)

Si confermano quindi tutte le problematiche indicate dall'Università degli Studi di Brescia.

Le fessure riscontrate su più travi della prima campata a sud hanno evidenziato, fin da subito, la necessità di approfondire lo studio dell'opera. Come infatti poi emerso dai calcoli, si veda il Capitolo 3, queste lesioni sono risultate sintomo di una carenza nei confronti sia delle sollecitazioni taglianti, sia di quelle flessionali.

Capitolo 3 Verifiche stato di fatto

Si riporta in questo capitolo una sintesi delle verifiche allo stato di fatto, tratta dalla “Relazione di calcolo”.

La determinazione delle sollecitazioni è stata ottenuta tramite un software ad elementi finiti. Per ridurre al minimo le sollecitazioni indotte dai sovraccarichi variabili da traffico, si è ipotizzato, nella modellazione numerica, l'impossibilità dei veicoli pesanti di accedere sulle zone destinate al transito dei pedoni (marciapiedi). Anche per tale motivo, si interdice al traffico veicolare l'accesso ai marciapiedi grazie alla messa in opera di Sicurvia.

Le resistenze di progetto del calcestruzzo sono state determinate in base alle prove condotte dal Laboratorio Prove Materiali Pietro Pisa; mentre non avendo a disposizione prove su barre d'armatura, le caratteristiche degli acciai sono state stimate. In particolare per le barre Rumi si è fatto riferimento a prove su acciai di ponti costruiti nella stessa epoca (“The technical causes of the collapse of Annone overpass on SS.36”, M. di Prisco et Al., 2018); mentre le caratteristiche delle staffe sono state ricavate da studi di letteratura (“Le caratteristiche meccaniche degli acciai impiegati nelle strutture in c.a. realizzate dal 1950 al 1980”, Verderame et Al.).

Infine le resistenze a taglio e flessione delle travi principali sono state calcolate secondo le NTC 2018, avvalendosi anche del programma VcaSLU del Prof. Gelfi dell'Università degli Studi di Brescia.

La Tabella 3-1 riassume l'esito delle verifiche allo stato di fatto. Il coefficiente Ψ rappresenta il rapporto tra resistenza e sollecitazione (R/S).

Sollecitazioni		Resistenze		Ψ R/S
$M_{Ed, 1/2}$ [kN m]	2224	$M_{Rd, 1/2}$ [kN m]	2397	1.08
$M_{Ed, 1/3}$ [kN m]	1948	$M_{Rd, 1/3}$ [kN m]	1693	0.87

V_{Ed} [kN m]	962	$V_{Rd, 9 30^\circ}$ [kN]	745	0.77
-----------------	-----	---------------------------	-----	------

Tabella 3-1: verifiche stato di fatto

Come è immediato osservare, per far fronte alle sollecitazioni da NTC 2018, l'impalcato deve essere oggetto di un intervento di rinforzo strutturale sia a taglio sia a flessione. Da quanto emerso la sezione di mezzeria non necessita di un intervento di rinforzo. Le sezioni critiche a flessione sono rispettivamente ad un terzo e due terzi della luce, dove le barre rumi passano da 10 a 7.

Anche considerando la possibilità offerta dalle NTC 2018 di migliorare l'esito delle verifiche (riduzione dei coefficienti moltiplicativi dei carichi permanenti NTC 2018 §8.5.5), le verifiche sarebbero comunque insoddisfatte.

Capitolo 4 Intervento strutturale

Il quadro fessurativo riscontrato è sintomo di una carenza delle nervature nei confronti delle sollecitazioni. Tale aspetto è stato anche confermato dalle verifiche allo stato di fatto.

L'intervento principale prevede il rinforzo delle travi con FRP (Fiber Reinforced Polymers).

Complementarmente, si predispongono lavorazioni per eliminare le diverse tipologie di degrado che nel tempo hanno interessato l'intera opera. Sulla parte ad Arco, molto più lunga, le lavorazioni interessano principalmente il ripristino della parte ammalorata di calcestruzzo, con applicazione di passivante e malta di ripristino.

In prima istanza si prescrive la rimozione del calcestruzzo ammalorato. La preparazione della superficie, al fine di raggiungere il substrato sano, può essere effettuata tramite sabbiatura o idroscarifica. Tale intervento deve essere eseguito in corrispondenza degli appoggi delle nervature, degli sbalzi (esterni alle travi di bordo) ossia in tutte le porzioni soggette ad infiltrazioni; si effettuerà una scarifica superficiale anche vicino alle armature esposte (ad oggi soggette al fenomeno corrosivo). Per queste ultime si libererà completamente la loro superficie da eventuali residui di calcestruzzo degradato e da ogni traccia di ruggine. Laddove in fase di cantiere, si riscontrassero ferri d'armatura con una forte diminuzione della sezione resistente a causa della corrosione, si prescrive di integrare le armature o di sostituirle con nuove di almeno pari diametro. Qualora invece la riduzione di sezione sia trascurabile, si deve prevedere la pulizia e la completa

passivazione delle stesse. A seguire deve essere comunque ripristinato il relativo copriferro.

Il ripristino strutturale e la protezione delle armature attualmente esposte verranno conseguiti anche nelle porzioni interessate dalle indagini ispettive condotte dal Laboratorio Prove Materiali Pietro Pisa.

Inoltre, si prevede l'applicazione di un rivestimento finale dell'intera opera con un rasante strutturale e una tinteggiatura anticarbonatativa, che aumenti la durabilità, e di conseguenza la vita residua della struttura, oltre che proteggere l'FRP.

L'applicazione dell'FRP è stata progettata per aumentare sia la resistenza flessionale, sia quella tagliante.

Il rinforzo a taglio verrà realizzato con un composto da tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza con elevato modulo elastico e resine epossidiche di impregnazione e incollaggio. Per ogni appoggio delle travi si prevedono 7 strisce ad un solo strato con base 15 cm, passo 20 cm e inclinate a 45°.

Per risolvere le problematiche a flessione si applicherà una striscia di FRP, larga 40 cm, alla base inferiore della trave, che a favore di sicurezza e considerando la necessità di ancorare correttamente il nuovo materiale, verrà disposta lungo tutta la luce libera della trave.

Con l'applicazione di rinforzi in FRP, sia a taglio sia a flessione, i risultati delle verifiche sono soddisfatti, si veda la Tabella 4-1.

Sollecitazioni		Resistenze FRP		Ψ R/S
$M_{Ed, 1/3}$ [kN m]	1948	$M_{Rd, 1/3}$ [kN m]	2034	1.04
V_{Ed} [kN m]	962	$V_{Rd, 9 45^\circ}$ [kN]	1056	1.10

Tabella 4-1: verifiche con FRP

I dettagli relativi all'intervento sono presentati nella "Relazione di calcolo" e nelle tavole allegate.

Capitolo 5 Interventi secondari

Si riassumono nel seguito gli interventi seppur secondari, comunque indispensabili per garantire la sicurezza dell'utenza (installazione di barriere stradali, ancorate a nuovi cordoli in c.a.) e per aumentare la durabilità dell'opera (impermeabilizzazione dell'impalcato e posa di un giunto di dilatazione in gomma armata).

Per maggiori dettagli si rimanda ai documenti: “Relazione di calcolo”, “Tavola 9: Dett. nuovo parapetto lato marciapiede”, “Tavola 7: Tavola Barriere”, “Tavola5: Dettagli armature e fissaggio cordolo”.

5.1 Barriere stradali e nuovi cordoli

Lo scopo è provvedere alla progettazione dei dispositivi di sicurezza, attualmente assenti, in corrispondenza del manufatto in attraversamento al Fiume Mella; vengono di seguito riportati i criteri di progettazione, precisando che, ai sensi della attuale normativa, i dispositivi di ritenuta da impiegare in opera dovranno essere tutti dotati di marcatura CE, ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

Per le barriere Bordo Ponte, da utilizzare sull'impalcato dell'opera di scavalco, nonché per i tratti in prosecuzione, Bordo Laterale, la marcatura CE dovrà includere la eventuale rete di protezione da installare sul retro barriera.

In generale deve essere prevista anche la installazione delle barriere da bordo laterale, per i tratti afferenti l'opera d'arte, installate in rilevato in prosecuzione dei cordoli, che devono essere collegate alle barriere da bordo ponte (da prevedere ove necessario).

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto viene operata, secondo quanto previsto dal D.M.21.6.2004 “Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada, della classe di traffico che la impegna e da considerazioni legate all'importanza dell'infrastruttura.

Tabella A - Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo
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 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

[1] Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci equiparate al bordo laterale.

[2] La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista

La strada oggetto di intervento è stata classificata dalla Provincia di Brescia quale strada di Tipo “E” - Urbana di quartiere; dai dati di traffico disponibili emerge che il tipo di traffico rientra nella classifica “III” .

Tenuto conto che la struttura in oggetto di intervento scavalca un fiume, quindi l’eventuale svio del veicolo sulla viabilità locale, pur non avendo ripercussioni dirette su altre viabilità, ma comunque, potrebbe coinvolgere il transito pedonale, si assume quale LIVELLO di CONTENIMENTO previsto per le opere in progetto bordo ponte pari ad H2BP e H2BL per le barriere Bordo Laterali, che costituiscono il prolungamento della barriera bordo ponte su rilevato a tergo delle spalle (Livello di contenimento $L_c = 288 \text{ kJ}$)

- Barriera da BORDO PONTE (BP): si intende una barriera a lama e paletti dotata di piastra predisposta per l’ancoraggio ad un cordolo in calcestruzzo;
- Barriera da BORDO LATERALE (BL): si intende una barriera a lama e paletti predisposta per l’infissione su terra (rilevato).

Considerato che l'intervento riguarda una strada esistente, in ambito urbano, con limite di velocità di 50 km/h, la valutazione per la scelta dei dispositivi di protezione da adottare, è stata quella di analizzare quale sia l'incidente abituale.

In mancanza di tale dato, si considera che su un totale di 45 milioni di veicoli presenti in Italia 34 milioni sono autovetture, di cui 24 milioni sono mezzi con una massa inferiore ai 1200 kg; tale tipologia di veicolo, a velocità compresa tra 110 e 120 km/h (oltre il doppio di quella relativa alla strada in oggetto), con angoli di impatto tra 13 e 14 gradi (come avvengono la maggior parte degli incidenti), genera un'energia di impatto di circa 40 kJ, pari all'energia generata durante la prova TB11 del crash test di verifica.

La normativa, a rigore, considera in questo caso l'utilizzo di uno "spazio di lavoro" (finalizzato a garantire, sulle strade esistenti, la larghezza cinematica necessaria al veicolo in svio ma non la resistenza meccanica in caso di impatto) inteso come larghezza del supporto a tergo della barriera; da ciò deriva, come logica conseguenza, la possibilità di utilizzare come larghezza operativa W una larghezza operativa ridotta W_r derivante dall'urto ottenuto con la prova TB11 (autovettura di 900 kg, velocità 100 km/h e angolo di impatto pari a 20°) (UNI EN 1317-2:2010).

3.2 Lunghezze di Installazione

La Barriera da Bordo Ponte è prevista per il tratto di cordolo in calcestruzzo afferente le opere d'arte (ponte) in scavalco del fiume Mella.

Con riferimento ai tratti di barriera, posti a protezione del percorso pedonale, al fine di consentire un corretto funzionamento del dispositivo di sicurezza, è necessario una estensione a monte ed a valle dell'opera, con una barriera della medesima classe, per una lunghezza sufficiente a garantire che la barriera posta sull'opera funzioni, anche per impatti che avvengano nelle parti iniziali e finali.

L'estensione di tali tratti, situati a monte ed a valle della barriera bordo ponte, denominati "ali", sarà almeno pari a $1/3$ di L_f , dove L_f rappresenta la lunghezza di funzionamento della barriera (si tratta della lunghezza di barriera adottata durante il crash, salvo diverse prescrizioni del soggetto notificato che rilascia la marcatura CE). Inoltre, nella progettazione dell'installazione, deve essere rispettata la prescrizione, in accordo con la normativa vigente, che lo sviluppo complessivo della barriera installata (incluse le "ali") non sia inferiore alla lunghezza minima di funzionamento (L_f). La normativa permette

l'utilizzo di "dispositivi misti", sia per raggiungere la lunghezza di funzionamento minima della barriera bordo ponte che per realizzare le "ali", ottenuti accoppiando alla barriera bordo ponte (utilizzata solo sul cordolo dell'opera di scavalco) con una barriera da bordo laterale, che nell'intervento previsto nel progetto in oggetto, sarà della medesima classe, avendo cura che la lunghezza complessiva del "dispositivo misto" sia pari alla maggiore tra le lunghezze di funzionamento (L_f) delle due barriere.

Nel caso in cui la prosecuzione dell'impianto con barriera H2 non sia necessaria, dovranno essere predisposti, a prosecuzione delle "ali", idonei terminali semplici o speciali.

Il progetto deve prevedere l'installazione di un numero intero di lame della barriera bordo ponte prescelta; questo sarà attuato prolungando il cordolo di cls sulla parte in terra, oltre il giunto posto sulle spalle di appoggio dell'impalcato sino a permettere la posa delle lame intere.

Essendo la lunghezza della Barriera Bordo Ponte su CORDOLO (ml 54,00) < L_{crash} (ml 72,00) si dovrà installare, prima e dopo la barriera bordo ponte (dispositivo principale), un'altra barriera (dispositivo secondario), comunque fino al raggiungimento di una lunghezza complessiva non inferiore a L_{crash} .

Nel caso in progetto l'estensione del dispositivo secondario, necessario a raggiungere L_{crash} , nei due sensi di marcia, è condizionata dalla presenza di elementi geometrici esistenti o di prossima realizzazione: la intersezione con la via G. Marconi a S/E del ponte (direzione di marcia verso Gardone V.T.) e la futura rotatoria all'altezza di via della Fonte a Nord del ponte (direzione di marcia Brescia).

Lungo il ciglio est della strada, che presenta limitazioni sia a Nord (futura rotatoria) che a Sud (modifica della intersezione con via G. Marconi), si prevede l'installazione delle seguenti barriere, per una lunghezza complessiva di circa ml 63,00:

- N. 11 fasce bordo ponte per un totale di ml 49,50, da fissare al cordolo in c.a. all'uopo predisposto della lunghezza di ml 50,50;
- N. 2 fasce di transizione da BP a BL, per un totale di ml 9,00 (ml 4,5 + 4,5) con relativi terminali (manine), ml 0,55 cadauno, che verranno fissate direttamente a NJ di avvio in calcestruzzo di ml 6,00/6,20, senza utilizzo di paletti di sostegno.

Lungo il ciglio ovest della strada, che presenta limitazioni a Nord (futura rotatoria), si prevede l'installazione delle seguenti barriere sino all'ingresso all'area di parcheggio posta a Sud, per una lunghezza complessiva di ml 84,00:

- N. 11 fasce bordo ponte per un totale di ml 49,50, da fissare al cordolo in c.a. all'uopo predisposto della lunghezza di ml 50,50;
- N. 1 fascia di transizione da BP a BL a nord del ponte, ml 4,50 con relativi terminale (manina), ml 0,55, che verrà fissata, mediante tassellature, direttamente a NJ di avvio in calcestruzzo di ml 6,00/6,20, senza utilizzo di paletti di sostegno.
- N. 1 fascia di transizione da BP a BL a sud del ponte, della lunghezza di ml 4,50,
- N. 6 fasce rettilinee BL in prosecuzione verso sud sino all'ingresso dell'area parcheggio esistente, per un totale di ml 27,00;
- N. 1 terminale (manina) ml 0,55.

3.3 Transizioni

L'installazione dell'elemento di transizione, tra la barriera BP e la barriera BL, dovrà essere eseguita all'interno della lunghezza prevista per la barriera di classe più bassa (barriera H2 bordo laterale).

5.2 Giunto di dilatazione

È stato previsto anche un esteso intervento per impermeabilizzare l'impalcato. Nello specifico:

- si impermeabilizzeranno le bocche di lupo laterali alla carreggiata con bitume liquido, oltre che a sigillare la tubazione e a sostituire i chiusini;
- si realizzerà un giunto di dilatazione in gomma armata sulla pila più a sud, indispensabile per consentire le dilatazioni termiche dell' impalcato, oltre che per garantire l'evacuazione delle acque meteoriche;
- saranno predisposti dei giunti per i cordoli e i marciapiedi all'inizio e alla fine di ogni campata.

Per maggiori dettagli si rimanda alla “Tavola 8: Tavola pavimentazione e giunti” .

Capitolo 6 interferenze eventualmente sulla base delle informazioni fornite dagli enti gestori ed eventuali occupazioni temporanee

Relativamente alle interferenze, non sono presenti, sulle lavorazioni in oggetto, particolari interferenze e necessità di spostamento. In particolare è presente il cavo dell'illuminazione pubblica sul ponte (sotto il marciapiede) in posizione segnalata, mentre è presente, esternamente alla pianta del ponte, una condotta di acqua che però non viene toccata dalle nostre lavorazioni.

Capitolo 7 Fasi realizzative

Il ponte oggetto di intervento non presenta cordoli, a raso o sopraelevati rispetto al ciglio stradale, per cui sarà necessario procedere alla realizzazione dei suddetti manufatti per poter fissare le nuove barriere bordo ponte. Il cordolo sarà realizzato a +7 cm rispetto alla nuova quota del ciglio asfalto, che diverrà il nuovo filo del ciglio stradale.

Prima di ogni attività di cantiere, l'impresa appaltatrice dovrà:

- verificare la presenza di eventuali sotto servizi interferenti;
- sviluppare i dettagli costruttivi delle barriere scelte per la fornitura e sottoporli alla D.L. per approvazione, previa verifica delle misure in situ;
- realizzare il taglio e la demolizione della sovrastruttura, che dovranno essere del tipo controllato ed eseguiti con la massima cautela al fine di non danneggiare la struttura dell'impalcato (soletta in c.a.).

Ad insindacabile giudizio della D.L., l'impresa dovrà procedere con demolizioni localizzate esplorative per la verifica dei punti precedenti; l'impresa dovrà altresì, sviluppare il piano dettagliato delle demolizioni e sottoporlo alla D.L. per approvazione.

Di seguito si descrivono succintamente le fasi lavorative previste in progetto, rimandando agli elaborati grafici per una migliore comprensione degli stessi.

Il progetto prevede, in ordine di realizzazione:

A) FASE PROPEDEUTICA:

- 1) La installazione del cantiere;
- 2) La verifica della presenza di sotto servizi, tramite sondaggi in particolare lungo la cunetta stradale limitrofa al marciapiede;

B) FASE REALIZZATIVA DEI CORDOLI IN C.A - per la realizzazione dei due cordoli in c.a. su cui verranno fissate le barriere Bordo Ponte:

- 3) il taglio della pavimentazione stradale per tutta la lunghezza del ponte parallelamente ai cordoli del marciapiede, circa ml 51,00 su ogni lato;
- 4) La scarifica completa della sovrastruttura stradale sino all'estradosso dell'impalcato, spessore verificato con sondaggi di cm 25, lungo le fasce comprese tra i cordoli e il taglio di cui alla fase 3);
- 5) La rimozione dei cordoli e la fresatura del tappeto d'usura del piano di calpestio dei marciapiedi;
- 6) Il getto del cordolo in c.a. per il fissaggio della barriera, sia nella parte interessante l'impalcato sia nei tratti esterno alle spalle, prevedendo le necessarie tubazioni per il collegamento ai pozzetti delle bocche di lupo esistenti, per la captazione ed allontanamento delle acque meteoriche. Lunghezza complessiva dei cordoli ml 50,50 su ogni lato;

C) RIFACIMENTO SOVRASTRUTTURA STRADALE, POSA BARRIERE e GIUNTO

- 7) La fresatura della sovrastruttura stradale per un spessore costante di cm 18 mantenendo la pendenza trasversale a due falde del 2,5%, per tutta la superficie dell'impalcato stradale, circa mq 650,00;
- 8) La fresatura della sovrastruttura stradale dell'intera carreggiata, sia a nord che a sud delle spalle del ponte, per ulteriori ml 10, per realizzare i raccordi alle nuove quote stradali, spessore medio cm 12, circa mq 290;
- 9) La stesa dello strato di collegamento dello spessore compreso di cm 5 (il tappeto di usura, dello spessore compreso di cm 3, sarà realizzato con asfalto ad alte prestazioni con bitume modificato, sull'intera carreggiata al termine dell'intervento, prima della posa del giunto di dilatazione previsto in corrispondenza della pila intermedia);

- 10) La stesa del manto di usura sul marciapiede, con asfalto colato, e la sostituzione degli attuali chiusini in cls con analoghi in ghisa, la sigillatura degli scarichi delle acque meteoriche provenienti dalle bocche di lupo;
- 11) La posa in opera della barriera di sicurezza;
- 12) la stesa dello strato di usura dello spessore compreso di cm 3, con asfalto ad alte prestazioni con bitume modificato;
- 13) la realizzazione del giunto in corrispondenza della pila;
- 14) Il rifacimento della segnaletica stradale orizzontale, a completamento dell'opera.

Le lavorazioni verranno realizzate prima su un lato del cavalcavia e solamente dopo aver realizzato la corretta messa in opera della nuova barriera di sicurezza si procederà con le lavorazioni sul cordolo del lato opposto.

FASE 1:

- Predisposizione del cantiere con posa della deviazione dei veicoli in doppio senso su un'unica semi carreggiata;
- Taglio della pavimentazione, scarifica della sovrastruttura stradale, sino all'estradosso dell'impalcato lungo la fascia parallela al marciapiede, compresi i cordoli in cls;
- Fresatura della pavimentazione stradale, piano di calpestio del marciapiede,
- Pulizia con carico ed allontanamento del conglomerato bituminoso e macerie rimossi.

FASE 2:

- Foratura e inghisaggio barra ad U per il collegamento dei nuovi cordoli alla soletta dell'impalcato;
- Posa armatura aggiuntiva cordolo;
- Posa casseri;
- Getto in opera cordolo, sia nella parte sull'impalcato che nei tratti esterni oltre i giunti delle spalle, su terra, prevedendo l'inserimento delle tubazioni di collegamento alle caditoie di scarico delle acque meteoriche (bocche di lupo).

L'estradosso del cordolo dovrà essere orizzontale ed a quota +7 cm rispetto alla quota finale del ciglio pavimentato.

La posizione del ferro ad U dovrà essere baricentrica, rispetto all'ancoraggio anteriore della barriera di sicurezza, si raccomanda pertanto prima di eseguire la fiorettatura ed il posizionamento del ferro, di verificare con il produttore della barriera le geometrie esatte della piastra di base e dei tirafondi utilizzati;

FASE 3:

- Fresatura della sovrastruttura stradale della semicarreggiata, per uno spessore costante di cm 18, in corrispondenza dell'impalcato, mantenendo la pendenza trasversale del 2,5%;
- Fresatura della sovrastruttura stradale della semicarreggiata, per uno spessore variabile da cm 3 a cm 18, della semicarreggiata a nord e a sud dell'impalcato, per una estensione di m 10,00, per realizzare i raccordi tra l'arteria stradale e le nuove quote in corrispondenza del ponte;
- Pulizia con carico ed allontanamento del conglomerato bituminoso e macerie rimossi.
- stesa dello strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso di cm 5 misurato dopo costipamento;
- stesa dello strato di usura sul marciapiede, in asfalto colato dello spessore di cm 2 misurato dopo costipamento, previa sostituzione e messa in quota dei chiusini ivi presenti;
- Installazione della nuova barriera sicurvia, sia nel tratto bordo ponte, sia nelle zone di avvio e transizione (bordo laterale) nel rispetto delle indicazioni progettuali. Si rammenta la predisposizioni di non meno di due tirafondi "sacrificali", per ogni cordolo, per le prove di collaudo "pull off" (uno alle estremità ed uno verso la mezzzeria).

FASE 4:

- Rimozione del cantiere con riapertura al transito veicolare, con segnaletica provvisoria di cantiere e limiti di velocità, nel rispetto delle ordinanze dell'Ente Gestore;
- Realizzazione delle fasi 1- 2 e 3 sul ciglio in lato opposto.

FASE 5:

- stesa dello strato di usura (tappeto), in conglomerato bituminoso ad alte prestazioni con bitume modificato, sull'intera carreggiata stradale, dello spessore compreso di cm 3;
- Realizzazione del giunto di dilatazione in corrispondenza della pila intermedia per la carreggiata stradale e sui marciapiedi anche in corrispondenza delle spalle;
- Realizzazione della segnaletica stradale orizzontale definitiva;
- Riapertura al traffico della strada.

In adiacenza alle opere d'arte, in presenza dei giunti di dilatazione, andranno individuati gli eventuali adattamenti dei dispositivi di ritenuta (ad esempio soluzione standard quali fori asolati per le barriere metalliche), anche sulla base di quanto previsto dai manuali di installazione, affinché questi possano assecondare le escursioni del giunto fra impalcato e spalla.

A seguito dei sopralluoghi eseguiti, sui cavalcavia oggetto di intervento si è notata la presenza del passaggio di impianti.

Immediatamente dopo la presa in carico delle aree di cantiere, l'impresa dovrà verificare ed accertare le interferenze nonché l'eventuale presenza di ulteriori sotto servizi interferenti non censiti.

Nell'installazione delle nuove barriere bordo laterali, si dovrà tenere conto del passaggio di impianti interferenti, installando i montanti della barriera in modo da evitare possibili danni ai sotto servizi. È vietato infiggere i paletti sopra le condotte anche se il ricoprimento lo consente, senza la preventiva autorizzazione dell'Ente Gestore.

Capitolo 8 Prezziari di riferimento e analisi prezzi

I prezziari di riferimento utilizzati per la stesura del Computo Metrico Estimativo e allegati sono stati redatti sulla scorta del :

- 1) Prezziario OO.PP. Regione Lombardia 2020
- 2) Listino Prezzi 2020: Nuove costruzioni Manutenzione Straordinaria – NC – MS 2020- Rev.1

Relativamente alle opere di rinforzo statico delle travi da ponte (FRP e lavorazioni aggiunte) sono state scelte voci di capitolato specifiche del Prezziario di OO.PP. Regione Lombardia. Il materiale fornito sarà oggetto di controllo da parte della Direzione lavori per verificarne la congruità.