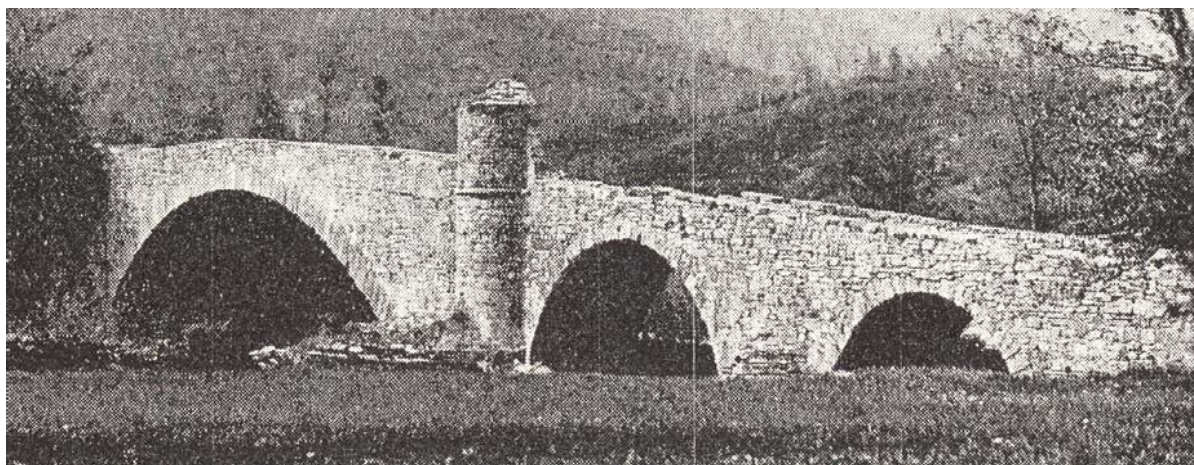


COMUNE DI REZZOAGLIO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO DEL PONTE DI ALPEPIANA



Committente: Città Metropolitana di Genova

RELAZIONE GENERALE

Progettista:

Ing. Stefano Podestà
P.I. 01499370995
CF PDSSFN71H24D969D
stefano.podesta@yellowroom.it

Firma:



Collaboratori:

Ing. Chiara Luchini
Ing. Francesca Porta
Arch. Giacomo Batacchi
Ing. Giulio Malatesta

Data:

Febbraio 2021

ID elaborato:

R_G01

Yellow Room Engineering
Via Luccoli 21/2 - Palazzo Pastorino
16123- Genova



INDICE

1	Premessa	3
2	Inquadramento Generale.....	3
3	Cenni Storici	4
4	Descrizione dello Stato di Conservazione	5
5	Criticità dello Stato di Fatto.....	8
6	Definizione degli Interventi di Consolidamento.....	9

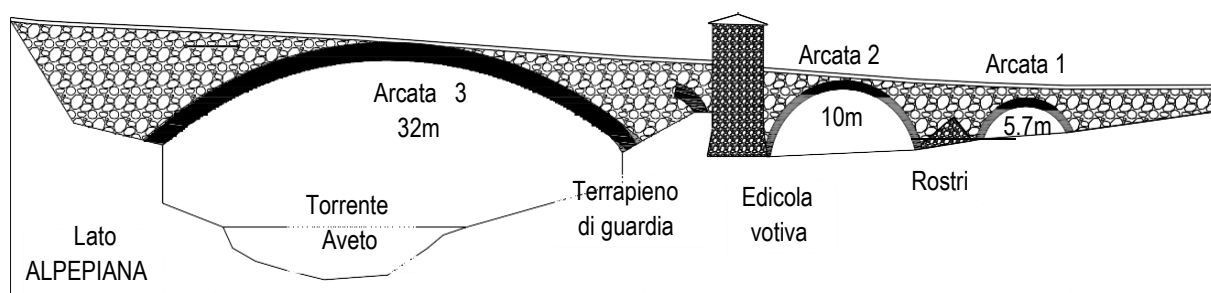
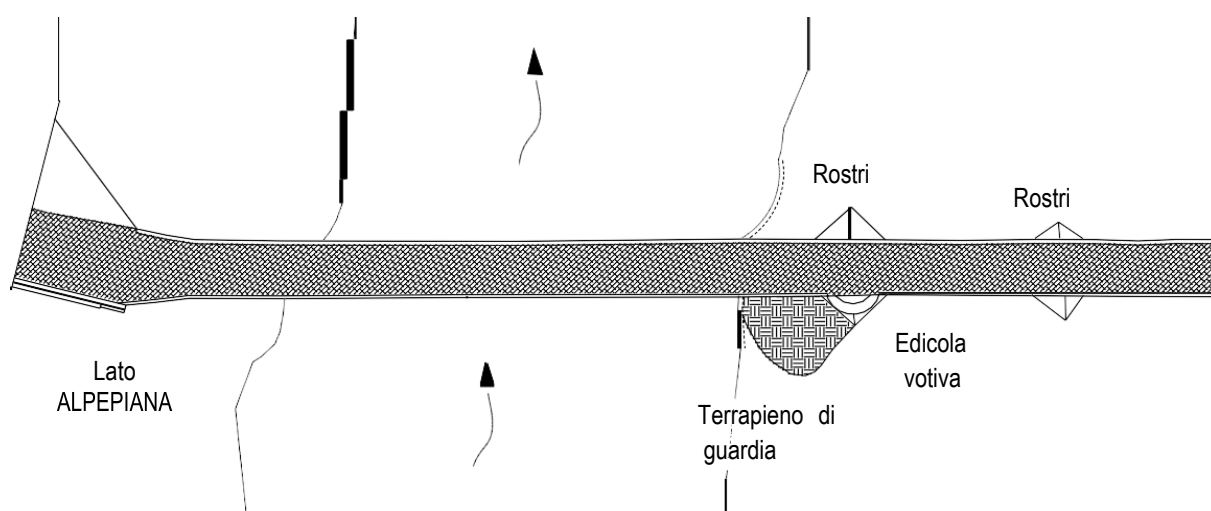
1 PREMESSA

Il sottoscritto Ing. Stefano Podestà, con studio in Genova, via Luccoli 21/2, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova n° 7403A, su incarico della Città Metropolitana di Genova nell'ambito della progettazione degli interventi di consolidamento del ponte in muratura in località Alpepiana in Rezzoaglio (GE), ha redatto la seguente Relazione Generale relativa alla progettazione esecutiva dell'intervento di consolidamento e miglioramento sismico del ponte.

Tale fase progettuale è stata sviluppata tenendo conto delle richieste precisate nell'Autorizzazione (Prot. N° MBAC-SABAP-LIG 34.43.01/202.1) dalla Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Genova e la Provincia di La Spezia.

2 INQUADRAMENTO GENERALE

Il ponte di Alpepiana si trova sulla strada provinciale n. 72 di Alpepiana, al km 0.200, a breve distanza della strada provinciale n. 48. Il ponte, attualmente, si sviluppa su tre arcate di luce diversa: una prima arcata minore di 5.7 m, una seconda di 10 m ed una terza arcata, quella maggiore, sul lato di Alpepiana, di 32 m di luce netta.



La campata maggiore si presenta geometricamente e tipologicamente diversa dalle prime due, con armille esterne realizzate con pietra squadrata ed una muratura dell'arcata con pietrame a spacco e giunti di malta di elevato spessore. Le arcate minori, sebbene presentino struttura analoga, evidenziano l'uso di pietrame diverso per le armille e, soprattutto, di una manodopera diversa.



Figura 3. Arcata a luce maggiore.

Queste circostanze, insieme alle dimensioni della pila maggiore, quella in corrispondenza dell'edicola votiva, ad un accenno d'arco incluso nella muratura della pila, e alla presenza dei resti di due pile all'interno dell'alveo consentono d'individuare l'attuale configurazione del ponte come il risultato di una parziale ricostruzione di un precedente manufatto.

3 CENNI STORICI

La costruzione del ponte di Alpepiana risale alla fine del '700 con struttura in muratura a 4 arcate per una luce complessiva di circa 75 m. Nel 1795 una piena straordinaria del torrente Aveto fece crollare le due arcate verso l'abitato di Alpepiana e la pila fondata in alveo, di cui è ancora visibile, sotto il pelo dell'acqua, la struttura fondale.

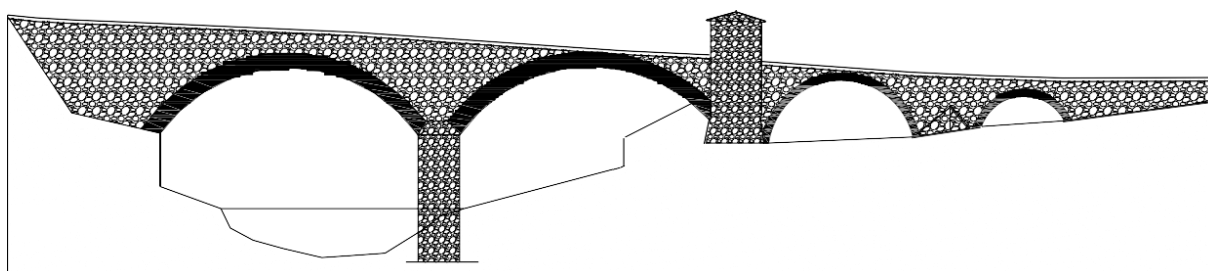


Figura 4. Configurazione originaria del ponte

Il crollo delle arcate fu seguito da un dissesto della seconda pila che ha determinato, a sua volta, il dissesto dell'arcata 2. In particolare, la pila appare ruotata e l'arcata con geometria alterata rispetto all'originaria sagoma semicircolare. Attualmente la deformazione dell'arcata è dell'ordine di 15cm.



Figura 5. Localizzazione del dissesto dell'arcata 2

Nel 1832 venne ricostruita la parte crollata del ponte con geometria differente rispetto a quella originale, fu realizzata un'unica arcata di 32 m di luce, con rinforzo e parziale ricostruzione della spalla in sponda sinistra (lato Alpepiana) e rinforzo della pila dissestata, in sponda destra. In particolare, la pila non crollata e dissestata fu rinforzata sia mediante un suo ispessimento, a formare la seconda spalla dell'arco di 32 m di luce, sia tramite una consistente opera di presidio attorno alla pila consistente in un rostro a salvaguardia della pila ed un terrapieno a ulteriore protezione del rostro. Appare evidente come la ricostruzione delle arcate crollate, oltre a garantire una sezione idraulica del torrente ben maggiore di quella originaria, sia stata accompagnata ad una sistemazione idraulica di tutta l'area.

Attorno agli anni '50, il ponte sarebbe stato sostanzialmente modificato demolendo i parapetti originari del ponte per sostituirli con una protezione discontinua che, essendo di minore spessore, mantenesse un piano viario più largo. Per la stessa motivazione intorno agli 'anni '70 il parapetto discontinuo è stato rimosso e sostituito con una ringhiera metallica con ingombro minore.



Figura 6. Bolzone delle catene trasversali

Negli anni '80 sono state disposte delle catene trasversali in sommità al timpano prossimo alla sponda sinistra al fine di contenere lo "spanciamento" dei timpani del ponte. Dopo questo intervento, salvo opere minori di ricostruzione del tappetino d'usura della pavimentazione, il ponte non ha subito alcun'altra modifica.

4 DESCRIZIONE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE

Durante i sopralluoghi effettuati in situ dallo scrivente è stato possibile determinare. Attualmente il ponte presenta i segni della vetustà connessi alla sua destinazione d'uso svolta in presenza di un traffico veicolare che si è continuamente evoluto sia nella geometria che nei carichi dei mezzi.

L'effetto delle azioni atmosferiche, la percolazione di acqua attraverso la struttura del ponte e l'arcata, le modifiche alla parte sommitale dei timpani e gli urti che le barriere di protezione hanno ricevuto dai veicoli in transito, e che si sono trasmessi inevitabilmente alla parte sommitale dei timpani, hanno determinato un degrado generale dello stato del ponte. Lo stato di conservazione attuale del ponte di Alpepiana viene documentato, oltre che nelle descrizioni puntuali riportate nel seguito, dalla Relazione Fotografica allegata al presente elaborato.

Arcata di luce maggiore (arcata 3)

L'arcata principale è quella che riveste la maggiore importanza per la stabilità del ponte. Essa è costituita da armille esterne in muratura di pietra a blocchi ben eseguita, con una parte interna costituita da muratura più irregolare, con pietra da spacco e giunti di malta di grosse dimensioni.



Figura 7. Particolare della muratura in chiave all'arco a luce maggiore

La percolazione di acqua dal ponte ha determinato in diversi punti preoccupanti fenomeni di erosione dei giunti di malta con parziale sconnessione delle armille dal corpo dell'arcata e con grossi svuotamenti dei giunti. Questi fenomeni hanno modificato sensibilmente la consistenza del ponte rispetto alla configurazione originaria.



Figura 8. Degrado dei giunti di malta e distacco dell'armilla

Arcate minori (arcate 1 e 2)

Le arcate minori appaiono in condizioni migliori, probabilmente perché meno esposte alle azioni climatiche per la luce ridotta. L'arcata 2, come già osservato, presenta una deformazione rilevante dovuta al crollo parziale del ponte che ha indotto un parziale cedimento, con rotazione, della seconda pila.

Spalle

La spalla in riva sinistra, lato Alpepiana, si presenta in ottimo stato. La presenza di rocce affioranti fa presumere che l'arcata sia stata impostata su roccia che spiegherebbe il perfetto stato di conservazione privo di segni di dissesto.



Figura 9. Spalla in riva sinistra lato Alpepiana

La spalla in riva destra, lontana circa 40m dall'alveo del fiume, appare anch'essa priva di segni di dissesto.

Timpani

I timpani esterni appaiono in uno stato di parziale degrado. La parte sommitale, interessata dai diversi lavori di demolizione dei parapetti e d'installazione delle barriere di protezione, appare scarsamente coesa. La parte inferiore, invece, appare mediamente in buono stato, salvo alcuni danni localizzati.



Figura 10. Particolare dello stato di conservazione dei timpani

Pavimentazione

La pavimentazione appare segnata da lesioni longitudinali da attribuire sia alla deformazione laterale dei timpani (spanciamento verso l'esterno dei timpani), sia alla struttura interna del ponte.



Figura 11. Lesioni della pavimentazione stradale

Parapetto

Il parapetto esistente, a causa della limitata altezza, risulta non adeguato a soddisfare i requisiti minimi descritti nelle vigenti normative in materia, inoltre l'ancoraggio dei montanti del parapetto stesso alla struttura in muratura risulta in uno stato di degrado e precarietà tale da comprometterne la funzione di dispositivo di sicurezza.



Figura 12. Dettaglio dell'ancoraggio dei montanti del parapetto esistente

Edicola

L'edicola presente sul prospetto sud in corrispondenza della pila intermedia tra arcata 2 ed arcata 3 non manifesta criticità dal punto di vista strutturale, tuttavia la parte interna appare in uno stato avanzato di degrado e trascuratezza con evidenti porzioni di intonaco disgregate.



Figura 13. Degrado dell'intonaco dell'edicola

5 CRITICITÀ DELLO STATO DI FATTO

Attualmente la struttura in muratura del ponte di Alpepiana versa in uno stato di degrado avanzato i cui i principali effetti riscontrabili riguardano:

- il degrado della muratura a causa del dilavamento dei giunti di malta e del deterioramento di porzioni di muratura;
- la deteriorazione della connessione tra i diversi elementi del ponte, come ad esempio il distacco dell'armilla dall'arcata.

La principale causa di degrado dei giunti di malta è da ricercare nel dilavamento dell'acqua che s'infiltra nel ponte dalle lesioni della pavimentazione ed è tanto più facile quanto minore è lo stato di compressione nella muratura, infatti i maggiori segni di degrado sono evidenti all'intradosso, dove la muratura è decompressa anche sotto l'azione dei soli pesi propri. Inoltre l'esposizione diretta ai cicli di gelo-disgelo rappresenta un fattore di ulteriore degrado. Per tanto, come evidenziato negli elaborati grafici di rilievo, è possibile affermare che il degrado, per quanto elevato, non è distribuito in modo omogeneo sul ponte e non riduce necessariamente la capacità portante della struttura.

Il degrado delle connessioni tra i diversi elementi strutturali del ponte è da ritenersi di maggior rilevanza tecnica dal punto di vista della sicurezza strutturale. Infatti la mancanza di ammorsamento tra questi elementi porta ad una riduzione della sezione resistente dell'arcata comportando di conseguenza ad un calo dell'affidabilità statica. Per tanto risulta opportuno tenere in considerazione nella fasi di definizione delle proposte di intervento l'adeguato ripristino della connessione tra gli elementi principali del ponte in muratura.

6 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Lo stato di degrado riscontrato durante la fase di conoscenza del manufatto ha determinato la necessità di predisporre una serie di interventi di consolidamento strutturale in grado di garantire adeguati standard di sicurezza, in relazione alla destinazione d'uso della struttura. Le criticità evidenziate dalla campagna di diagnosi effettuata da DICAT e confermate durante i sopralluoghi effettuati in situ dallo scrivente hanno portato a ritenere che il sistema di consolidamento e miglioramento sismico più affidabile sia quello di sanare le criticità individuate, migliorando il collegamenti tra i diversi elementi che caratterizzano il ponte al fine di non snaturare il suo comportamento strutturale.

Gli interventi sono elencati secondo una sequenza che tiene conto di una preliminare descrizione delle diverse fasi d'intervento da eseguirsi:

- **Consolidamento delle arcate.** Tale intervento rappresenta la prima lavorazione da eseguirsi al fine di consolidare "involucro esterno del ponte". In particolare sarà necessario eseguire operazioni di **sostruzione muraria** in corrispondenza delle porzioni di paramento decoese ed in particolare in prossimità degli stati fessurativi principali (armille vs intradosso delle arcate) anche attraverso la realizzazione di **morse lapidee** discontinue (ogni circa 70 - 100 cm) in modo da creare un ammorsamento tra i diversi elementi. Contemporaneamente sarà eseguita la **stilatura** dei giunti dei paramenti esterni (intradosso delle arcate, armille, timpani) mediante, in primis, l'asportazione dei materiali dilavati o incoerenti per procedere, successivamente, alla rifinitura dei giunti attraverso l'applicazione di una malta a base di calce idraulica fibrorinforzata (tipo Planitop HDM Restauro di Mapei o similare). In corrispondenza di giunti con spessore superiori a 40 mm tale operazione sarà corroborata dall'inserimento di zeppe lapidee che dovranno essere inserite a forza a fine di migliorare il contatto tra gli elementi esistenti. In prossimità degli stati fessurativi le operazioni di stilatura dovranno essere effettuate analogamente a quanto previsto per i giunti dilavati o incoerenti, predisponendo, inoltre, delle cannulle (in pvc diametro di almeno 10 mm) per la successiva **iniezione localizzata delle lesioni** tramite miscela di malta a base di calce idraulica (tipo Mape-Antique F21 di Mapei o similare). Si sottolinea come tale operazione potrà essere eseguita garantendo ancora il totale esercizio del ponte.
- **Miglioramento del collegamento trasversale dei timpani.** Il consolidamento dei paramenti esterni del ponte consentirà la realizzazione di nuovi collegamenti trasversali attraverso l'inserimento di catene metalliche al fine di contenere il ribaltamento fuori piano dei timpani stessi. Il nuovo sistema di incatenamento prevederà la disposizione in corrispondenza delle reni dei tre archi in pietra di catene metalliche realizzate tramite barre in acciaio S275 con diametro pari a 20 mm e lunghezza pari alla larghezza del ponte stesso, poste in opera all'interno di guaine corrugate tali da consentirne uno scorrimento libero all'interno della muratura. L'ancoraggio sui prospetti sarà realizzato mediante piastre metalliche circolari di diametro pari a 300 mm e spessore pari a 12 mm con apposite nervature al fine di contrastarne la deformazione. Con l'intento di garantire un'adeguata durabilità dei materiali adottati e di conseguenza dell'intero intervento progettato, tutti gli elementi dovranno essere zincati a caldo. Si sottolinea come anche tale operazione sarà eseguita garantendo il totale esercizio del ponte.
- **Consolidamento e miglioramento del riempimento interno al ponte.** Tale operazione prevederà la rimozione totale del manto stradale fino alla messa in luce della parte sommitale del frenello centrale longitudinale. Tale operazione richiederà necessariamente la chiusura del ponte e sarà pertanto indispensabile la realizzazione di un by-pass alternativo per garantire la viabilità della zona. Gli interventi di consolidamento previsti hanno la come finalità il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del riempimento interno ed il consolidamento della frenello esistente in modo tale da garantire, ad intervento eseguito, una maggior rigidità ed un miglior comportamento globale dell'intera struttura. Il rinforzo del riempimento interno sarà eseguito attraverso **iniezioni diffuse** di miscela di malta a base di calce idraulica fibrorinforzata (tipo Mape-Antique F21 di Mapei o similare) previa realizzazione di appositi **carotaggi verticali** all'interno del riempimento. La fase di esecuzione delle iniezioni dovrà essere condotta in

maniera simmetrica, a partire dalle spalle delle diverse arcate e procedendo verso la chiave degli archi, al fine di favorire una graduale ripartizione degli sforzi agenti all'interno della muratura. Prima dell'esecuzione delle operazioni di iniezione si dovrà provvedere al consolidamento sommitale del frenello centrale attraverso un intervento a cavallo tra uno **smontaggio controllato** con successiva ricostruzione (per le porzioni più decoese) e un intervento di **sostruzione muraria** per le parti meno compromesse. La profondità di frenello centrale interessata da tale intervento non dovrà essere inferiore di 400 mm, inoltre, dovranno essere predisposte apposite morse lapidee con interasse, per quanto possibile, pari a circa 1 m in modo tale da creare il corretto ammorsamento tra il frenello stesso ed il riempimento da consolidare.

- **Rifacimento del piano stradale e dei nuovi parapetti.** Il rifacimento del piano stradale sarà eseguito prevedendo un **doppio livello di impermeabilizzazione**. Il primo livello, da eseguire direttamente all'estradosso delle arcate una volta terminata la fase di consolidamento del riempimento, dovrà essere realizzato mediante l'applicazione di rivestimento elastico bicomponente resistente ai sali, a base di calce ed eco-pozzolana esente da cemento (tipo Mape-Antique Ecolastic di Mapei o similare). Successivamente verrà eseguito **un getto di conglomerato a base di miscela di malta di calce idraulica** naturale fibrorinforzata ad elevata duttilità (tipo Planitop HDM Restauro di Mapei o similare) e pietrisco selezionato di spessore pari a 20 cm al fine di ricreare un piano di posa orizzontale tale da garantire una corretta ripartizione dei carichi derivanti dal traffico stradale. Il getto sarà armato tramite un doppio livello distanziato costituito da una rete in fibra di vetro con maglia 99x99 mm e spessore doppio pari a 5 mm (tipo Fibre Net o similare) al fine di eliminare il possibile deterioramento per corrosione dell'armature metalliche e garantire la massima durabilità dell'intervento progettato. Avvenuta la presa del getto le fase realizzative dovranno proseguire con la **posa in opera dei piatti metallici** di collegamento estradosali al getto stesso. I piatti, realizzati in acciaio S275 zincato a caldo con lunghezza pari a circa 4,10 m, corrispondente all'intera larghezza del ponte, e sezione pari 200x10 mm, posti con interasse pari a 1 m dovranno essere debitamente collegamenti alla muratura sia in corrispondenza del frenello centrale (parte consolidata) sia sui timpani esterni tramite tasselli M12 ad ancoraggio chimico per una profondità non inferiore a 400 mm. Tali piatti metallici assolveranno una duplice funzione: collegare nella parte sommitale i timpani e le armille (e quindi a contrastare il ribaltamento dei timpani) ed inoltre rappresentare il punto di ancoraggio dei montati del nuovo parapetto. Una volta posizionati i piatti metallici verrà eseguito un ulteriore manto di impermeabilizzazione attraverso l'applicazione di un primo strato di malta cementizia bicomponente elastica, a base di leganti cementizi e aggregati a grana fine (tipo Mapelastic Guard di Mapei o similare) in modo da livellare il supporto con i piatti metallici su cui dovrà essere realizzato un doppio strato di membrana impermeabilizzante elastoplastomerica armata ad alta concentrazione di bitume distillato. Prima di procedere alla realizzazione della manto stradale sarà necessario effettuare la **messa in opera del nuovo parapetto** in acciaio S275 zincato a caldo. Tale parapetto in acciaio S75 zincato a caldo, caratterizzato da montanti realizzati con profili IPE 120 disposti con interasse pari ad 1 m, un corrimano realizzato con un profilo tubolare di diametro pari a 50 mm posto ad un'altezza dal piano stradale pari a 1,10 m e due correnti, anch'essi a sezione tubolare con diametro pari a 35 mm, posti rispettivamente a 40 cm e 75 cm dal manto stradale, dovrà essere posto in opera in corrispondenza delle piastre metalliche precedentemente disposte alle quali dovrà essere opportunamente collegato mediante 4+4 bulloni M12 di Classe 8.8. La fase finale riguarderà la realizzazione della necessaria stratigrafia al fine di garantire un adeguato **manto stradale** che dovrà essere così costituita:
 1. *Cappa stradale.* Cappa di mastice di asfalto la quale si presenta come mescolamento a caldo di aggregati minerali con bitume di penetrazione e selenizza;
 2. *Strato di usura.* Lo strato d'usura dovrà essere realizzato attraverso l'utilizzo di un supermodificante polimerico di ultima generazione a base di grafene e plastiche "dure", progettato per la costruzione e manutenzione di pavimentazioni stradali durature ed ecosostenibili (tipo Gipave di Iterchimica o similare).
- **Restauro dell'edicola.** Si è ritenuto necessario prevedere una serie di interventi atti a ripristinare lo stato di conservazione dell'edicola presente sul prospetto sud del ponte. Gli interventi riguarderanno una prima fase di **pulitura e asportazione** delle porzioni di intonaco ammalorate e polverizzate, tale procedura dovrà essere necessariamente preceduta da un'operazione di "saggiatura" al fine di individuare con precisione le zone in fase di distacco. Successivamente si provvederà all'integrazione delle porzioni rimosse con la realizzazione di **rappezzi di intonaco**. Per quanto riguarda il ripristino del paramento esterno, analogamente a quanto previsto per il

consolidamento delle arcate, sarà indispensabile effettuare la stuccatura dei giunti dilavati, mentre, per la porzione di copertura degradata si rende necessaria la **revisione del manto di copertura** con la sostituzione delle lastre di ardesia ammalorate o in fase di distacco. Si sono, inoltre, previste le operazioni di **pulitura e protezione dello stemma lapideo** infisso sul paramento interno dell'edicola stessa.

Le analisi e gli interventi progettati, volti ad arrestare i fenomeni di degrado in atto e riportare il ponte in muratura alle condizioni quanto più possibile vicine a quelle originarie e comunque coerenti con i carichi stradali in condizioni di esercizio, sono descritti in modo puntuale e dettagliato nell'elaborato R_S01 – Relazione Specialistica Strutture a cui si rimanda.

Genova, 24 Febbraio 2021

A circular professional stamp in blue ink. The text inside the stamp reads "INGEGNERI DELLA PROV. DI GENOVA", "DOTT. ING.", "STEFANO", "PODESTÀ", and "# 7403". A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

Ing. Stefano Podestà