STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA MAURO CAPPELLIN
Via Terike n. 14 – 17021 – Alassio (SV) – Tel. 0182.662783
mauro_iro@yahoo.it cell. 392.0430894

COMUNE DI LOANO

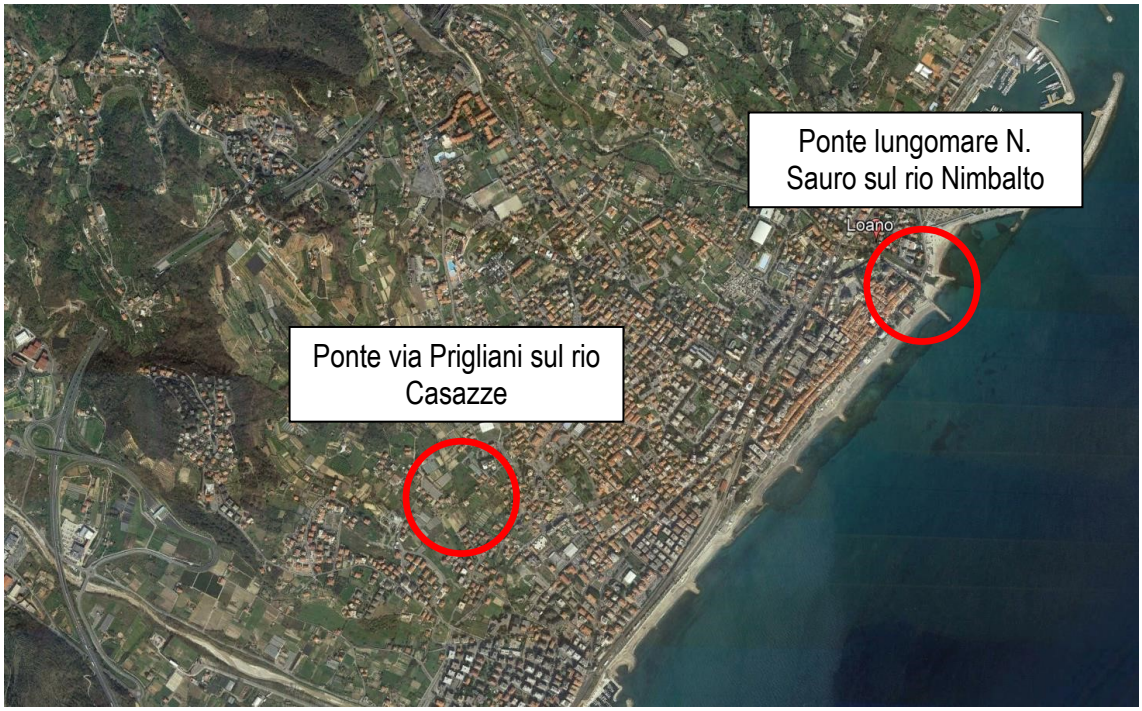
MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE DI LUNGOMARE N. SAURO SUL RIO NIMBALTO E DEL PONTE DI VIA PRIGLIANI SUL RIO CASAZZE

- RELAZIONE GENERALE, SUI MATERIALI E DI CALCOLO -

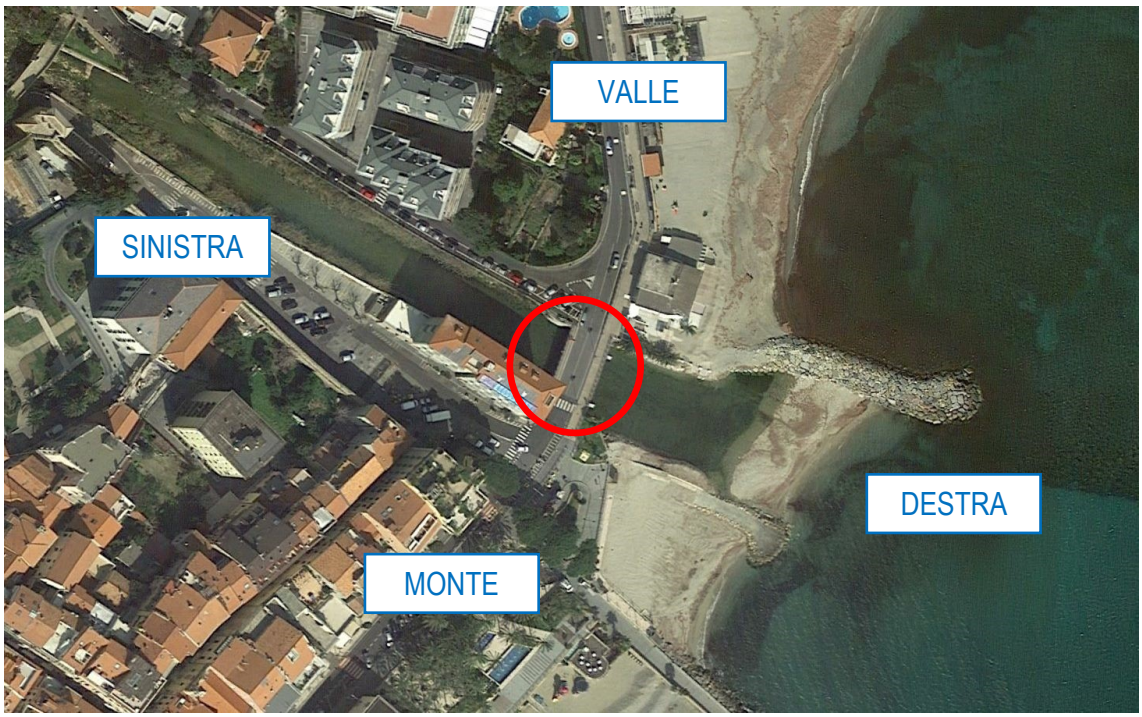
Committente: Comune di Loano - 3° settore - Gestione Territorio e Demanio - Servizio Lavori Pubblici, piazza Italia n. 2, Loano (SV).

Tecnico: ing. Mauro Cappellin, con studio in Alassio (SV), via Terike n. 14, tel. 0182/662783, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona al n. 1535.

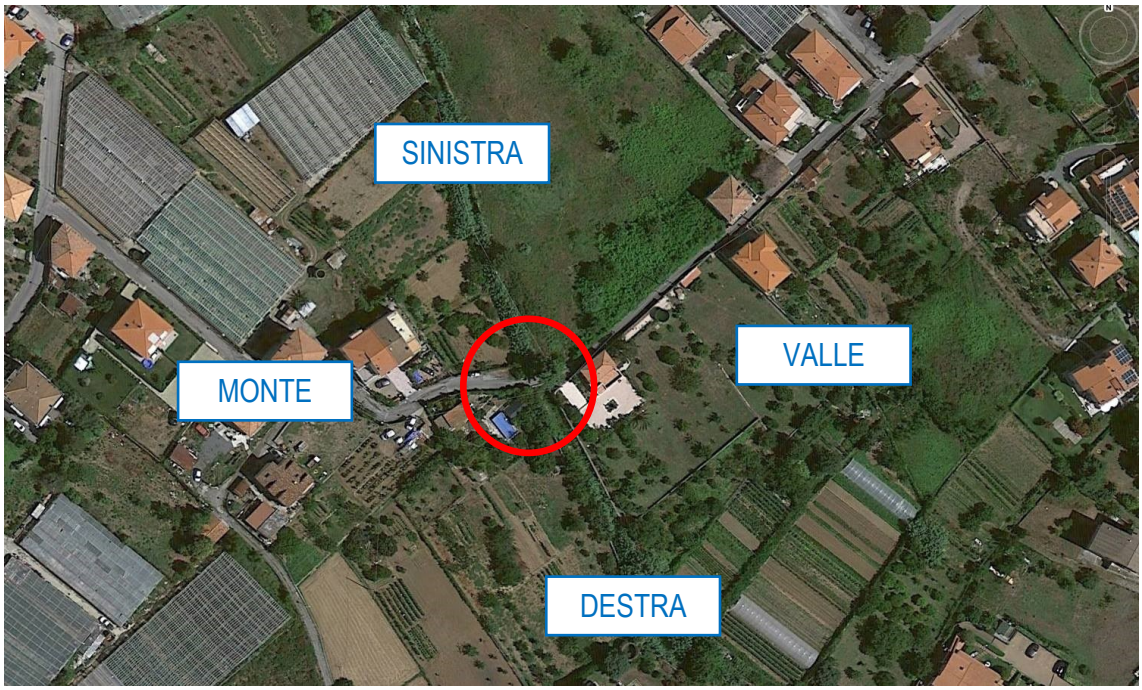
Il sottoscritto ing. Mauro Cappellin, con studio in via Terike n. 14 ad Alassio (SV), iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona con il n. 1535, è stato incaricato dal Comune di Loano - 3° settore - Gestione Territorio e Demanio - Servizio Lavori Pubblici, di redigere il progetto per la messa in sicurezza dei ponti ubicati nel comune di Loano (SV), sul lungomare N. Sauro passante sul rio Nimbalto e su via Prigliani passante sul rio Casazze.



Vista del territorio comunale con indicazione delle zone d'interesse.



Ingrandimento sul ponte di lungomare N. Sauro sul rio Nimbalto e definizione dei relativi punti di riferimento.



Ingrandimento sul ponte di via Prigliani sul rio Casazze e definizione dei relativi punti di riferimento.

Su entrambi i ponti è stata eseguita una ispezione visiva nei mesi di settembre e ottobre 2018.

Il ponte di lungomare N. Sauro sul rio Nimbalto è realizzato interamente in calcestruzzo armato, ed è composto da un impalcato in soletta piena sorretto da n. 10 travi prefabbricate precompresse con traversi di collegamento. Anche le spalle sono realizzate in calcestruzzo armato. Dotato di una sola campata con distanza tra le spalle di 19m, presenta una larghezza d'impalcato di 12m di cui 6.9m di carreggiata a doppia corsia (una per senso di marcia) con due marciapiedi (uno per lato). Sui lati sono presenti corrimano in acciaio.

Ponte di lungomare N. Sauro - Vista del piano viario

Ponte di lungomare N. Sauro - Vista dall'intradosso dell'impalcato

Il ponte di via Prigliani passante sul rio Casazze è formato da un impalcato in soletta piena in calcestruzzo armato con n. 2 travi emergenti in calcestruzzo armato, poggiantI su spalle in muratura di ciotoli di pietra e malta di riempimento. Presenta un'unica campata con distanza tra le spalle variabile da 5.2m a 5.6m, impalcato di larghezza pari a 3.3m, e larghezza carreggiata pari a 2.6m. Non sono presenti guard-rail o parapetti di alcun tipo.

Ponte di via Prigliani - Vista del piano viario

Ponte di via Prigliani - Vista dall'intradosso dell'impalcato

Si riporta a seguire un breve riassunto delle problematiche riscontrate, rimandando direttamente alle relazioni sulle ispezioni visive eseguite per gli approfondimenti in merito.

<u>Ponte di lungomare N. Sauro sul rio Nimbalto</u>

1. Distacco del copriferro con conseguente esposizione delle barre d'armatura diffuso su alcune parti dell'impalcato e su porzioni significative delle travi precompresse.
2. Rottura/sfilacciamento dei trefoli di alcune delle travi precompresse all'altezza degli appoggi alle spalle.
3. Distacco del copriferro con conseguente esposizione delle barre d'armatura diffuse su buona parte dei cordoli a sbalzo dalle travi di estremità.

<u>Ponte di via Prigliani sul rio Casazze</u>

1. Distacco del copriferro con conseguente esposizione delle barre d'armatura diffuso su buona parte dell'intera struttura.
2. Corrosione completa di una considerevole porzione delle armature presenti, principalmente all'intradosso delle travi di bordo.
3. Probabile utilizzo di materiali base non idonei al confezionamento di un calcestruzzo con caratteristiche di resistenza e durabilità necessarie al presente manufatto.

Passiamo ora alla definizione degli interventi di messa da eseguirsi sui ponti oggetto d'intervento.

Descrizione interventi di messa in sicurezza del ponte di lungomare N. Sauro sul rio Nimbalto.

Gli interventi in oggetto sono suddivisi in due fase separate, la prima delle quali è propedeutica alla seconda.

Nella fase I si procederà con l'esecuzione di una prova di carico statico da eseguirsi sull'impalcato con misura degli spostamenti verticali e delle deformazioni ed elaborazione dei risultati secondo le modalità e indicazioni della Direzione Lavori e nel rispetto della normativa vigente. L'applicazione di carichi statici verticali avverrà mediante una o più file di autocarri di pesi e dimensioni note. La messa in carico dell'opera sarà organizzata secondo due differenti configurazioni di carico dipendenti dallo schema statico dell'opera e definite dalla Direzione Lavori, ciascuna costituita da un ciclo di carico e scarico completo. Gli spostamenti verticali saranno rilevati con strumentazione in grado di garantire una risoluzione adeguata, come minimo in corrispondenza di 6 punti di misura ubicati sulle sezioni trasversali di appoggio e di mezzeria. Al termine della prova si redigerà un rapporto comprensivo della rappresentazione grafica degli schemi di carico di ciascuna configurazione, delle specifiche sulla fornitura dei carichi assiali di ciascun autocarro utilizzato, della presentazione in forma tabellare e grafica degli spostamenti e delle deformate misurate.
A seguito della prova di carico, e della valutazione dei risultati ottenuti, si potrà definire il grado di sicurezza della struttura. Qualora lo stesso si dimostri sufficiente all'utilizzo del manufatto senza limitazioni di carico ulteriori a quelle attualmente presenti, si potrà procedere con le lavorazioni contenute nella fase II. Se il grado di sicurezza della struttura non risultasse sufficiente all'attuale utilizzo del manufatto, allora si potrà procedere con l'applicazione di limitazioni di carico e con le lavorazioni contenute nella fase II.

La fase II prevede essenzialmente il risanamento intradossale delle sezioni ammalorate del ponte. Laddove sono presenti vespai e/o nidi di ghiaia nel calcestruzzo oppure fenomeni di delaminazione, che non vanno ad interessare le barre d'armatura de manufatto, si interverrà mediante la scarificazione manuale del calcestruzzo deteriorato e in fase di distacco fino ad arrivare al sottofondo solido, resistente e ruvido. Si ricostruirà poi il calcestruzzo asportato applicando uno o più strati di malta reoplastica tixotropica ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo eventualmente migliorato tramite idoneo promotore di adesione.
Laddove sono presenti distacchi del copriferro con conseguente ossidazione delle barre d'armatura, si interverrà con la rimozione mediante scarificazione manuale del calcestruzzo deteriorato e in fase di distacco fino ad arrivare al sottofondo solido, resistente e ruvido, procedendo poi con la pulizia del calcestruzzo e delle barre d'armatura da polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, oli, vernici o pitture mediante sabbiatura o pulizia meccanica. Si eseguirà il trattamento protettivo delle barre precedentemente pulite mediante doppia applicazione di inibitore di corrosione con, infine, la ricostruzione del profilo di calcestruzzo originario applicando uno o più strati di malta reoplastica tixotropica ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo eventualmente migliorato tramite idoneo promotore di adesione.

Descrizione interventi e calcoli della messa in sicurezza del ponte di via Prigliani sul rio Casazze.

Il ponte ubicato lungo via Prigliani all'altezza del rio Casazze è interamente realizzato in calcestruzzo armato e presenta una struttura portante costituita da due travi di bordo a sezione rettangolare, ognuna di dimensioni pari a 35cm x 80cm, collegate tra loro dall'impalcato di spessore pari a 30cm. Le travi di bordo sono emergenti verso l'alto rispetto all'impalcato in modo tale da fungere anche da protezione laterale per gli pneumatici dei mezzi in transito. Le travi di bordo hanno luce libera di 520cm e 560cm, mentre la soletta di collegamento, al netto della larghezza delle travi di bordo, ha una larghezza di circa 260cm. Dal punto di vista statico il ponte è assimilabile a una coppia di travi in calcestruzzo armato, mentre l'impalcato ha il compito di collegare le travi e di ripartire i carichi su quest'ultime.

Lo stato di conservazione del ponte presenta una situazione piuttosto precaria. La maggior parte delle armature correnti al lembo inferiore delle travi di bordo risultano totalmente esposte all'ambiente esterno a causa del distacco del copriferro in calcestruzzo, e un numero significativo delle stesse presenta importanti riduzioni della sezione resistente. In alcuni casi le armature risultano talmente corrose da interrompere la continuità delle barre, andando pertanto a inficiare significativamente la capacità portante del manufatto. Anche l'impalcato presenta i medesimi problemi riscontrati per le travi di bordo, seppur in modo leggermente meno esteso e significativo.

Alla luce dello stato di conservazione assai precario del ponte in oggetto si è deciso di intervenire mediante placcatura intradossale ed estradossale delle strutture esistenti attraverso getti di consolidamento in calcestruzzo armato auto compattante (SCC – Self Compacting Concrete). Nello specifico, le lavorazioni da intraprendere consisteranno dapprima nella rimozione del manto asfaltico esistente, passando poi alla scarificazione manuale del calcestruzzo deteriorato e alla pulizia del calcestruzzo sano e delle barre d'armatura da polvere, ruggine, vernici o pittura. A seguire si procederà con la realizzazione di carotaggi aventi dimensioni e passo come indicato negli elaborati grafici di progetto, con stesura delle nuove armature ad intradosso ed estradosso del piano viario esistente. Opportuni inghisaggi saranno da prevedere lungo le travi di bordo del ponte e nei punti in cui l'impalcato raggiunge le spalle; per le specifiche sugli inghisaggi e sulle armature d'impalcato si rimanda agli elaborati grafici di progetto. Particolare attenzione andrà riservata all'armatura a taglio da prevedersi all'interno dei carotaggi eseguiti in precedenza. Una volta posata l'intera armatura in acciaio si potrà passare alla realizzazione della casseratura e al successivo getto di calcestruzzo auto compattante in modo tale da formate, ad intradosso ed a estradosso dell'impalcato esistente, uno strato avente uno spessore di circa 7cm. Al termine delle lavorazioni sopra esposte sarà possibile installare i nuovi parapetti subito al di sopra delle attuali travi di bordo e alla posa del nuovo manto asfaltico.

Dal punto di vista statico, gli interventi sopra menzionati porteranno alla realizzazione di un piano viario totalmente rinnovato, in cui la capacità portante sarà affidata integralmente alle nuove strutture. Il nuovo schema statico non sarà più quello di una coppia di travi collegate dall'impalcato, ma viene trasformato in quello di una singola trave larga quanto la carreggiata e lunga come la distanza tra le spalle. Il dimensionamento del nuovo impalcato è stato eseguito considerando un carico limite di transito pari a 75 quintali, così come espressamente richiesto dalla stazione appaltante.

Le strutture in calcestruzzo armato andranno realizzate con calcestruzzi aventi le seguenti specifiche, differenziate in base ai vari elementi costruttivi.

Elemento costruttivo	Classe di esposizione	Classe di consistenza	Classe di resistenza	Diam. max aggregati	Rapporto acqua/cemento	Copriferro
Impalcato	XD1	SCC	C28/35	-	0.55	3cm

Per le strutture in calcestruzzo armato è previsto l'utilizzo di acciaio B450C, ed eventualmente B450A nel caso di utilizzo di reti elettrosaldate e/o tralicci con diametro compreso tra 5mm e 10mm.

Il calcolo della capacità portante del ponte una volta consolidato è stato eseguito preferendo un approccio di tipo più elementare ma cautelativo, anziché utilizzare una schematizzazione più complessa e precisa ma sicuramente meno intuitiva. Nello specifico si è proceduto valutando la capacità portante di una striscia di soletta larga 100cm e ipotizzata come in semplice appoggio sulle spalle del ponte, con una luce media di 540cm. In via semplificativa, ma a favore di sicurezza, la sezione resistente viene ipotizzata come una sezione ad "I", simile alla forma dei profilati metallici IPE, avente ala superiore ed inferiore con base 100cm e spessore 7cm, mentre l'anima centrale avrà dimensione pari a 20cm; l'altezza complessiva della sezione è pari a 30cm.
Il peso proprio della soletta esistente è stata conteggiata come un carico permanente portato dalla struttura di nuova realizzazione. Nello specifico i carichi di verifica sono i seguenti.

Peso proprio impalcato esistente	2500kg/mc * 0.25m	=	625kg/mq
Peso proprio nuovo impalcato	2500kg/mc * (0.07 + 0.07)m	=	350kg/mq
Carico permanente portato		=	100kg/mq

	Totale carico distribuito	=	1075kg/mq

Il carico variabile è definito dal carico limite di transito fissato, per diretta richiesta della stazione appaltante, in 75 quintali. In via cautelativa si ipotizza che il carico totale di transito, pari a 75 quintali, sia concentrato sulla mezzaria del ponte, ossia alla distanza di 2.7m dalle spalle. Avendo una larghezza dell'impalcato pari a 3.3m è possibile stimare il carico variabile come segue.

Carico variabile di transito	7500kg / 3.3m	=	2273kg

Da quanto sopra è possibile stimare le massime sollecitazioni a momento flettente e a taglio, in condizione di stato limite ultimo, come segue.

M_{slu} = 1.3 * [1/8 * 1075kg/m * $(5.4m)^2$] + 1.5 * (2273kg * 5.4m / 4) = 9696kgm

V_{slu} = 1.3 * (1/2 * 1075kg/m * 5.4m) + 1.5 * (2273kg / 2) = 5478kg

Per far fronte alle sollecitazioni indicate si prevede l'utilizzo della seguente armatura.

n. 9 barre diam. 12mm a lembo superiore

n. 9 barre diam. 16mm a lembo inferiore

n. 4 staffe aperte diam. 14mm a due braccia, a passo 50cm

Data la caratterizzazione geometrica, le sollecitazioni agenti e le armature presenti, la verifica della sezione resistente è indicata a seguire.

VERIFICA S.L.U (modalità verifica)

```
Unita' di misura delle forze:              kg
Unita' di misura delle lunghezze:          cm
Tensioni espresse in:                      kg/cm²
Normativa:                                 NTC-2018
Versione:                                  Edifici nuovi
Tipologia:                                 Altro
Rck:                                    350.0
fyk:                                   4580.0
Tensione di calcolo calcestruzzo a
    pressotensoflessione:              -164.6
Tensione di calcolo acciaio a
    pressotensoflessione:              3982.6
Tensione di calcolo a compressione
calcestruzzo per taglio e torsione:    -164.6
Tensione di calcolo
     a trazione calcestruzzo:            13.3
Tensione di calcolo per l'armatura
trasversale per taglio e torsione:     3982.6
```

DATI GEOMETRICI, ARMATURE E SOLLECITAZIONI

```
Sezione tipo:             I
Base:                     100.000
Altezza:                  30.000
Sp. ala:                  7.000
Sp. nervatura:            20.000

Armature superiori
num. barre          ϕ(mm)        copriferro(cm)
   9                12.0             3.0

Armature inferiori
num. barre          ϕ(mm)        copriferro(cm)
   9                16.0             3.0

Momento flettente:        969599.938
Taglio:                     5478.000
```

RISULTATI VERIFICA A FLESSIONE

```
Indice di resistenza allo s.l.u.
   ridotto per limitazione Sforzo Normale massimo
   a compressione centrata:                              0.54
Campo di rottura della sezione:                          2

Sollecitazioni resistenti
Sforzo normale:                                         -1.400
Momento flettente:                                 1793831.000

Distanza asse neutro
  dal bordo compresso:                                   4.803
```

Calcestruzzo		Acciaio	
Tensioni	deformazioni(%)	Tensioni	deformazioni(%)

```
bordo superiore:        -164.61        -0.22          -1705.88       -0.08
bordo inferiore:  Allungamento          1.14           3982.60        1.00
```

RISULTATI VERIFICA A TAGLIO

Verifica senza armatura trasversale

```
Taglio res. ultimo (VRd):                              4729.938
Indice di resistenza:                                     1.16
```

Verifica delle bielle compresse

```
Taglio resistente ultimo (VRcd):                      20000.115
ctg(ϑ):                                                   1.00
Indice di resistenza:                                     0.27
```

Verifica con armatura trasversale

```
Taglio attribuito all'armatura (VRsd):              9677719.000
Armatura trasversale per unita' di
    lunghezza (Asw,cm²/m):                               24.63
Staffe a 8 bracci:                                             f14/50.0cm
```

Dalla verifica di cui sopra è possibile constatare come la sezione progettata sia pienamente compatibile con i carichi d'esercizio richiesti.

Alassio, 07/03/2019.

Il Tecnico

ing. Mauro Cappellin