GLI ATTORI DEL DIVENIRE URBANO

I CONVEGNO SULL'INTERAZIONE UOMO-SPAZIO-TEMPO

Facoltà di Ingegneria Sapienza

Università di Roma, 26 novembre 2015

INFRASTRUTTURE IN AMBITO URBANO: COMPLESSITA' DI PROGETTO E DURABILITA'

ing. Luca ROMANO – STUDIO ROMANO – ALBENGA - www.studioromano.org - luca@studioromano.org

Direttore Tecnico I QUADRO INGEGNERIA srl - Genova

INFRASTRUTTURE IN AMBITO URBANO

- **CONTESTO URBANIZZATO (abusivismo)**

- **IDROLOGICAMENTE A RISCHIO**

Genova Sestri (alluvione novembre 2014)

- **PRESENZE STORICHE DIFFUSE**

Parco archeologico Pozzuoli (NA)

PONTI IN AMBITO URBANO

- Soluzioni attente al contesto
- Spesso si richiedono soluzioni strutturalmente “non banali” ma “giustificabili”:
  - nella motivazione delle scelte
  - nei costi non eccessivi (max 10:15% in più di una soluzione convenzionale)
  - durabili e manutenibili

PONTI IN AMBITO URBANO

I ponti in contesto urbano rappresentano un'ulteriore sfida per gli ingegneri, poiché le problematiche costruttive in ambito urbano non riguardano solo problemi tecnici ma devono rispondere anche a richieste sociali e culturali della popolazione.

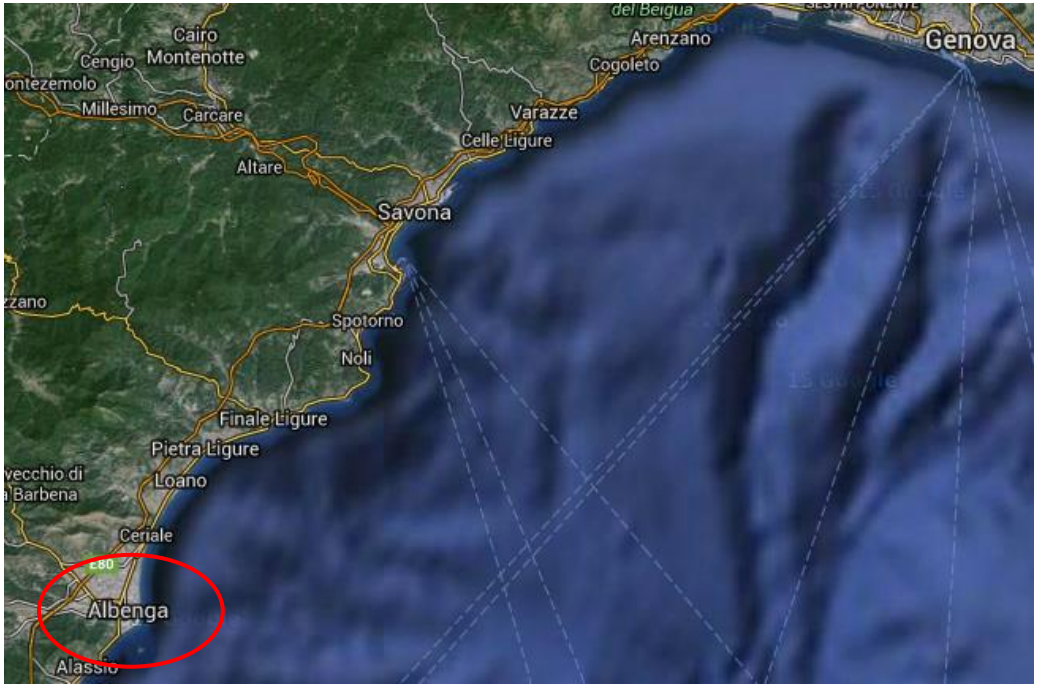
Sono richiesti progetti e metodi costruttivi appropriati in funzione di:

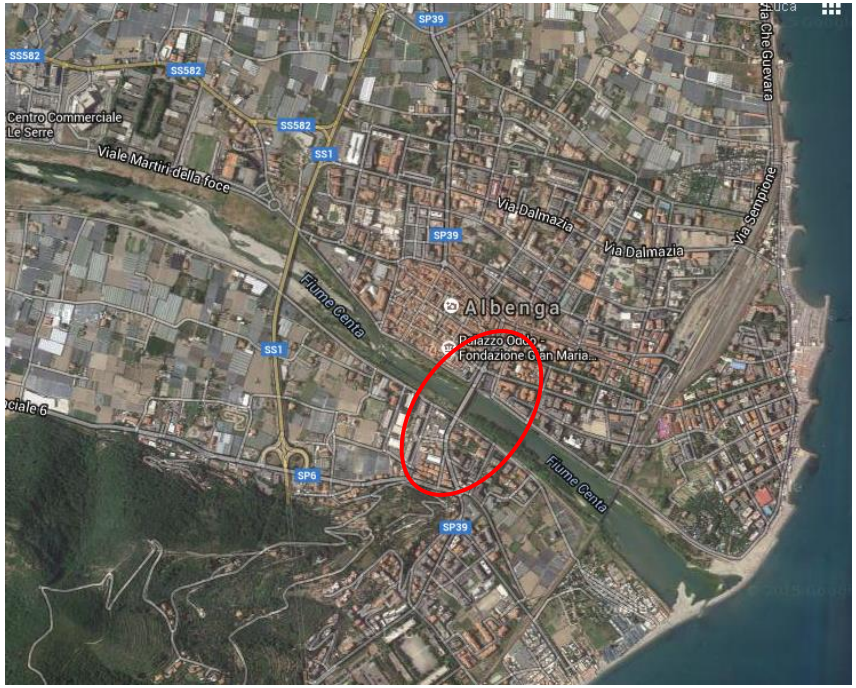
- necessità di mantenere le viabilità esistenti
- problematiche idrauliche (deflusso massima piena)
- rapporto con ponti o edifici esistenti
- corretta tipologia e rapporto di scala
- caratteristiche geologico-tecniche dell'area
- rinvenimenti archeologici
- tempi di costruzione ridotti

I ponti urbani sono spesso punti di riferimento per una città e la struttura va oltre il mero significato ingegneristico ed è importante come fatto culturale e di bellezza.

PONTE AD ARCO - ALBENGA (SV)

Localizzazione:





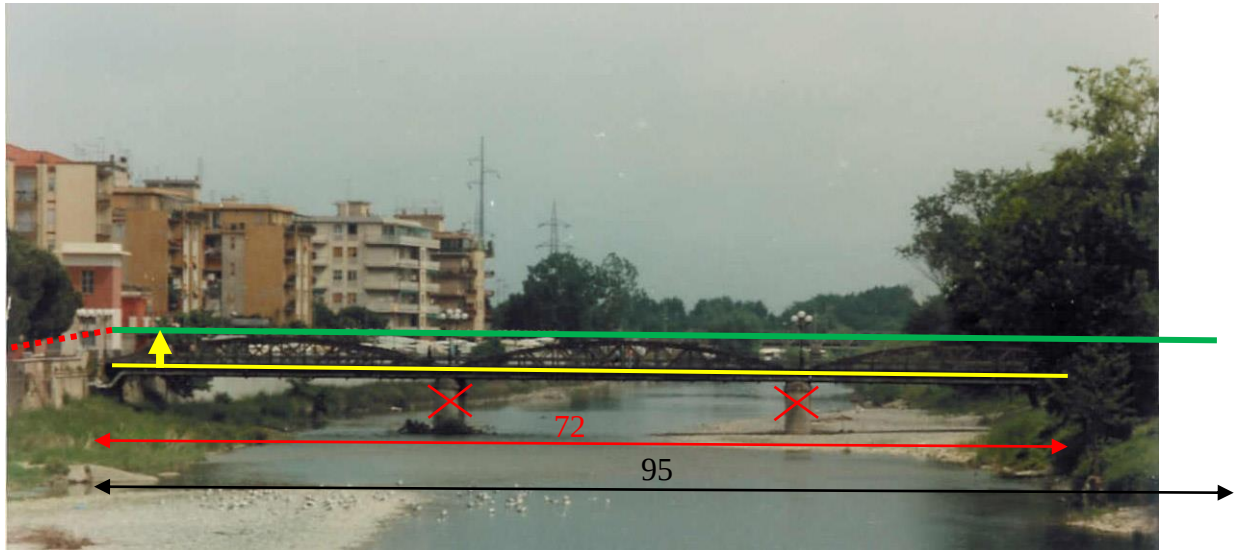
Vecchio ponte durante l’alluvione - 1994

Planimetria con argine del 1994 e “strozzature” idrauliche:

CONDIZIONI AL CONTORNO:

- Problematiche idrauliche:
    - alveo insufficiente per deflusso massima piena duecentennale
    - no pile in alveo
- rampe di accesso con pendenza limitate: spessori ridotti
- velocità d'esecuzione: ponte in acciaio (fondazioni in cantiere e ponte in officina)

Esigenze idrauliche e strutturali sovrapposte alla foto del vecchio ponte danneggiato dall'alluvione del 1994:

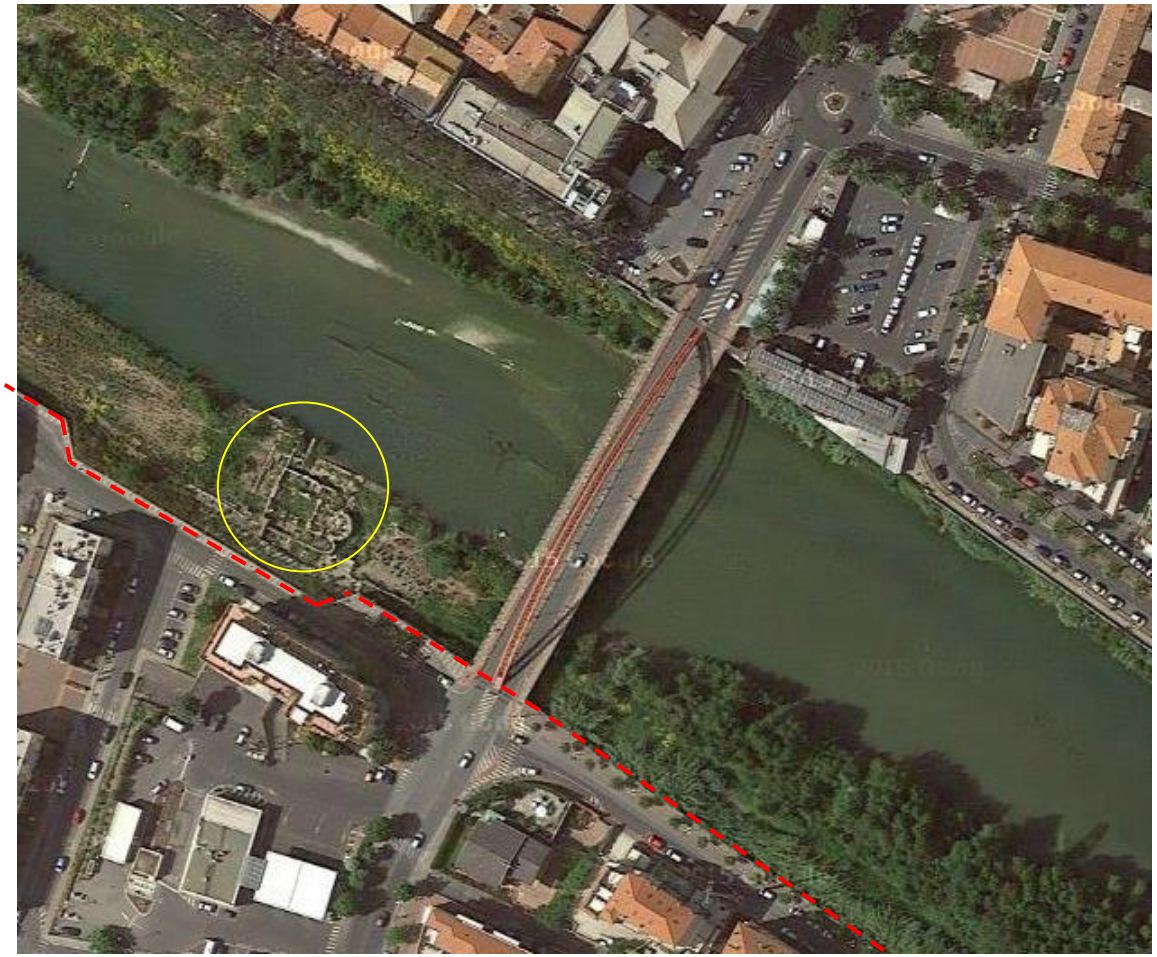


PONTE: impalcato sottile (<1,5 m) - campata 100m → soluzione strallata o ad arco

- Problemi di note presenze archeologiche sulle due spalle, quindi necessità di fondazioni semplici
- Scelta di Arco a spinta eliminata, con carichi solo verticali in fondazione, con arco che inviluppa idealmente i tre archi del vecchio ponte

PLANIMETRIA FINALE INTERVENTO

- rinvenimenti archeologici: chiesa San Calocero
- allargamento locale argini

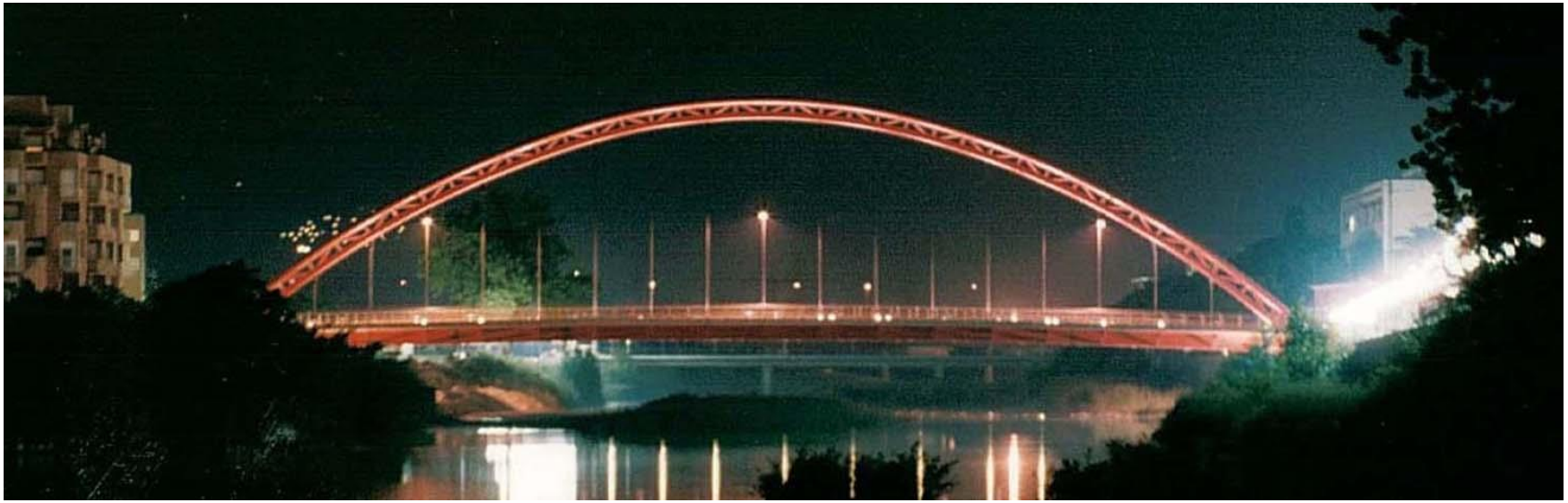


PONTE AD ARCO - ALBENGA (SV)

- Impalcato sottile per avere rampe di accesso con pendenza inferiore all'8%
- Ponte di 100 metri in campata unica - impalcato spesso 150 cm
- Tipologia ad arco poiché era meno costosa e legata all'immagine del vecchio ponte
- Trovati reperti archeologici, negli scavi: rilevati, tombati con sabbia e fatto pali evitandone la demolizione

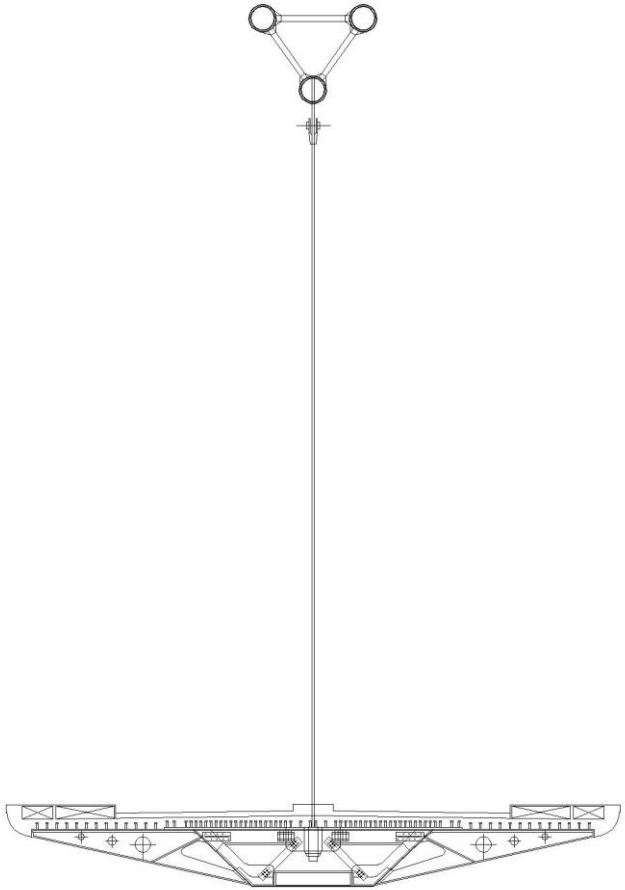
VELOCITÀ D'ESECUZIONE:

- Utilizzo dell'acciaio ha permesso la costruzione in officina dei vari conci costituenti il ponte, mentre in cantiere si realizzavano le spalle e l'assemblaggio senza bisogno di centinature provvisorie.
- In 12 mesi si è progettato, appaltato, realizzato ed inaugurato il nuovo ponte.



Vista notturna del ponte illuminato

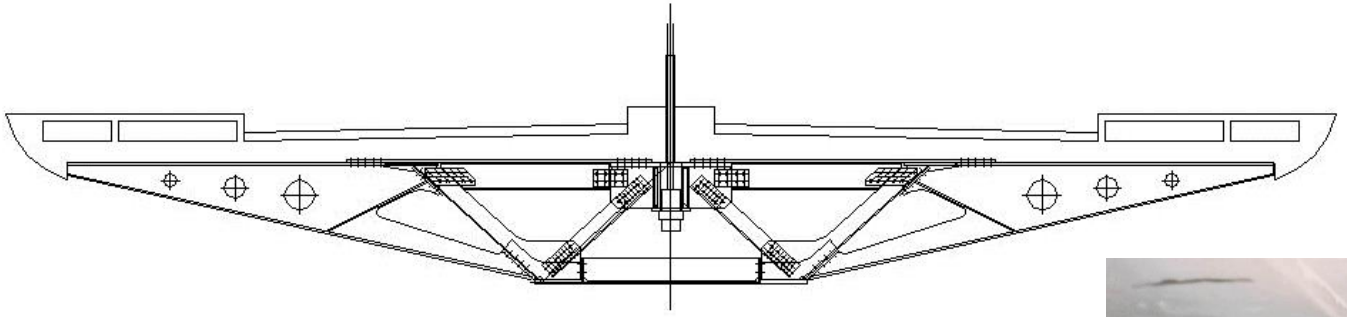
SCELTE STRUTTURALI: E SEZIONE TRASVERSALE:



- Ponte ad arco a spinta eliminata: solo carichi verticali in fondazione, con grossa semplificazioni realizzative
- Sospensione centrale
- Cassone torsio-rigido che regge la soletta
- Arco reticolare sottile e snello

PROGETTAZIONE PER LA DURABILITA':

- Scelta dell'acciaio e sua preparazione
- Interno cassone: verniciatura, areazione pendenze e scolo acque
- Esterno cassone: verniciatura
- Arco: verniciatura esterna e iniezione interna ai tubi di calcestruzzo
- Passi d'uomo e ispezionabilità di ogni parte del cassone
- Predisposizioni irrigidimenti nel traverso di testa dimensionati per sollevamento e sostituzione appoggi
- Predisposizioni per sostituzione pendini di apprensione e relative verifiche con traffico limitato



SEZIONE TRASVERSALE

Particolare attacco inferiore funi sul traverso con capocorda regolabile

PROGETTO DEL CICLO DI PROTEZIONE:

Per il ciclo protettivo si era fatto riferimento a indicazioni di preparazione e protezione delle superfici metalliche:

Ciclo	Preparazione superficiale	Spessore minimo (µm)	Ambiente marino (anni)	Ambiente urbano (anni)
HB ST epossidico/HB ST epossidico/ poliestere uretanico	SP 6 = Sa 2	300	12 (16)	14 (21)
uretanico allo zinco/HB acrilico uretanico/acrilico uretanico	SP 10 = Sa 2½	250	12 (16)	14 (21)
zinco inorganico/HB epossidico/HB epossidico	SP 10	280	12 (16)	15 (22.5)
zinco inorganico/HB acrilico uretanico/HB acrilico uretanico	SP 10	280	12 (16)	15 (22.5)
zinco inorganico/HB epossidico/poliestere uretanico	SP 10	225	12 (16)	15 (22.5)
zinco inorganico/HB epossidico/acrilico uretanico	SP 10	225	12 (16)	14 (21)
zinco epossidico/HB epossidico/HB epossidico	SP 10	280	12 (16)	14 (21)
zinco organico/HB acrilico uretanico/HB acrilico uretanico	SP 10	280	12 (16)	15 (22.5)
zinco epossidico/HB epossidico/poliestere uretanico	SP 10	225	12 (16)	14 (21)
zinco inorganico/HB vinilico/HB vinilico	SP 10	280	12 (16)	13 (19.5)
zinco inorganico	SP 10	75	(15)	(17)
zinco organico	SP 10	75	(6)	(5)
HB = alto spessore; ST = surface tollerant; SP10 = sabbiatura a metallo bianco;				

Tabella 2. Vita prevista prima del primo ritocco per alcuni tipi di cicli di pitturazione in ambiente marino ed urbano. Valori riferiti ad un ciclo di manutenzione ideale e, tra parentesi, pratico (da Brevoort e Roebuck).

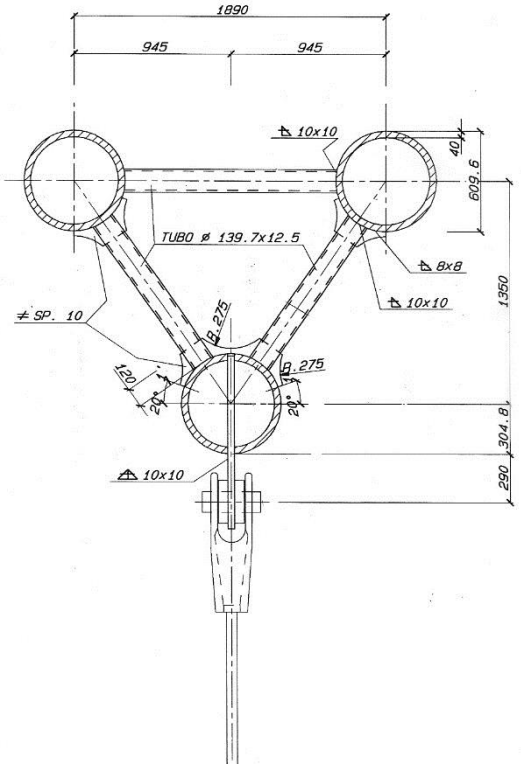
Preparazione – tipologia dei tre cicli (primer, fondo, finitura) – spessori: funzione della durata

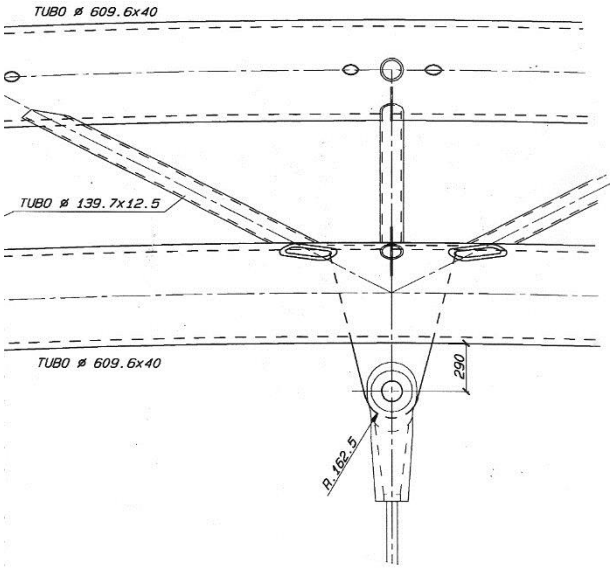
DURABILITA' – ISPEZIONE - MANUTENZIONE

Le ispezioni sono molto delicate e per essere efficaci:

- Effettuate da ingegneri strutturisti esperti di ponti
- Conoscenza della struttura e dei dettagli del ponte da controllare.

Notevole differenza tra questo attacco: (forma a cuneo passante e semplici cordoni d'angolo)

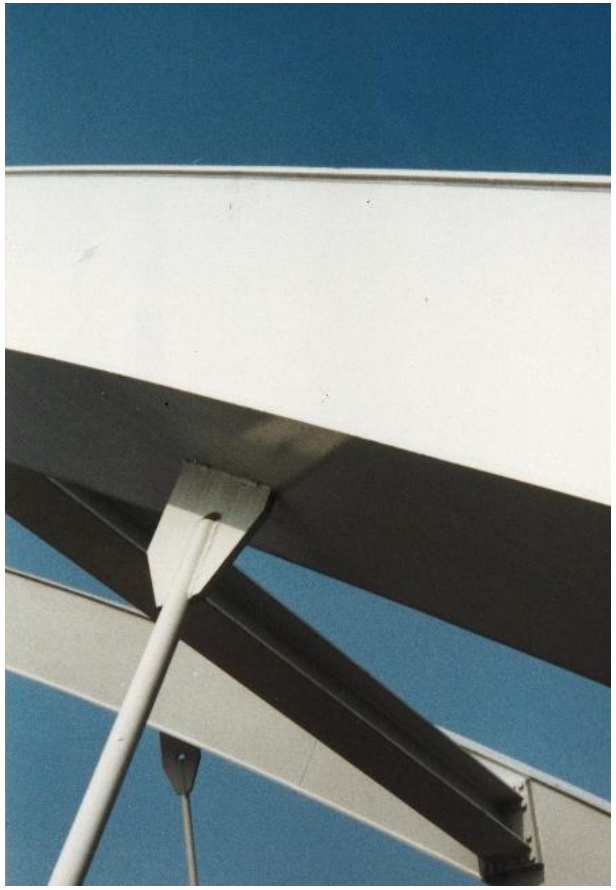




Esempio: PROGETTAZIONE A DURABILITA' NON ADEGUATA

Questo secondo attacco richiede molte più attenzioni e la conoscenza perfetta del giunto saldato e degli eventuali irrigidimenti interni:

- Problemi di fatica nella saldatura (cordoni? piena penetrazione?)
- Rischio strappi lamellari nelle lamiere dell'arco



PIANO DI MANUTENZIONE PER LA DURABILITA'

Controlli imposti: dopo 5 anni dopo 10 anni dopo 20 anni

Esempio: ***<u>CONTROLLI DOPO 10 ANNI DALL'APERTURA AL TRAFFICO</u>***

- Apparecchi d'appoggio:
  - libertà d'escursione;
  - stato di conservazione del piano di scorrimento.
- Cassone d'impalcato:
  - controllo stato di conservazione della verniciatura;
  - controllo del serraggio bulloni;
  - controllo visivo delle saldature correnti;
  - controllo u.s. e/o magnaflux per nodi dei remi e attacchi delle funi
  - controllo delle vie d'acqua interne ed eventuale esecuzione di fori sul fondo per smaltimento delle acque infiltrate;
  - controllo del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma.
- Arco:
  - verniciatura;
  - controllo visivo 100% delle saldature;
  - controllo u.s. 10% giunti principali
  - controllo visivo dei particolari d'attacco delle funi.
- Funi:
  - controllo della tesatura delle funi;
  - controllo visivo dell'integrità della protezione delle funi;
  - controllo visivo dell'integrità e funzionalità dei capicorda.
- Soletta:
  - controllo dell'impermeabilizzazione;
  - controllo dell'integrità dei copriferri;
  - controllo dello stato di fessurazione e dell'ampiezza delle stesse (ove possibile).
- Spalle:
  - controllo visivo, per quanto possibile, atto a verificare l'eventuale presenza di fessurazioni, lesioni o cedimenti.

MANUTENZIONE:

- Pulizia del sistema di scolo delle acque di piattaforma.

- Ritocchi dello strato di vernice protettiva della struttura metallica (circa il 30%)

ESAME DELLE PRESTAZIONI EFFETTIVE: CONTROLLO A 20 ANNI DI ESERCIZIO

-Zone sabbiate e verniciate in officina:

si presentano ben conservate

-Zone di giunto saldato, verniciate in cantiere:

-presentano deterioramento notevole

-ruggine diffusa

ISPEZIONE - MANUTENZIONE:

PROBLEMI ALL'IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ATTACCO FUNI-IMPALCATO

CONSEGUENTI DANNI ALL'ATTACCO INFERIORE DEI PENDINI:

PROBLEMI INFILTRAZIONI D'ACQUA DA POZZETTI E ACCESSORI VARI

DANNI RICONDUCIBILI ALLE INFILTRAZIONI DA POZZETTI E ACCESSORI VARI:

PROBLEMI DI TENUTA E FUNZIONAMENTO GIUNTI

Deterioramento meccanico del giunto, no manutenzione – mancanza di tenuta all'acqua

DANNI RICONDUCIBILI AI GIUNTI:

Scolature – Carbonatazione – Danno al CLS

Deterioramento protezione e ruggine diffusa

PROBLEMI DOVUTI ALLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE PIOVANE

Mancanza di pulizia delle griglie raccolta acque e dei bocchettoni sulla carreggiata

DANNI RICONDUCIBILI AI DIFETTI DI RACCOLTA ACQUA:

Tubi di evacuazione troppo corti, scolo e danno sulla soletta

MANUTENZIONE DELLE OPERE D'ARTE:

Considerando le seguenti quattro fasi della vita di un'opera, dal progetto al decadimento progressivo:

A. **Progetto e Costruzione**. Problemi si manifestano fin dall'inizio (carenze di progetto - carenze in fase esecutiva).

B. **Incubazione dei fenomeni corrosivi**. Per carbonatazione e cloruri, si ha penetrazione di agenti aggressivi verso le armature.

C. **Stati di corrosione attivi in zone localizzate**. È iniziata l'azione corrosiva con espulsione di placche di calcestruzzo e formazione di macchie e colature di ruggine visibili.

D. **Corrosione generalizzata**. Senza interventi di risanamento e di ripristino lo stato di degrado si accresce fino a richiedere il reintegro di interi sottoinsiemi strutturali.

Si può esprimere la seguente "LEGGE DEL CINQUE" (De Sitter):

- 1 euro speso per maggior accuratezza di progetto ed esecuzione in fase A è efficace quanto:
- 5 euro spesi in fase B
- 25 euro spesi in fase C
- 125 euro spesi in fase D

De Sitter, Jr. W.R. (1983), "Costs for Service Life Optimisation. The Law of Fives", Proc. of the CEB-RILEM Int. Workshop on Durability of Concrete Structures, Copenhagen, Denmark, (CEB Bull. d'Information No. 152), pp. 131-134..

PONTE SUL PARCO ARCHEOLOGICO POZZUOLI (NA) 1998

- Sito archeologico trovato sulla circonvallazione a Pozzuoli: necessità di un ponte di 60 m spesso < 80 cm
- Richiesta della committenza di un ponte snello e leggero in acciaio
- Problemi fondazionali con pali tra i reperti, tombati con sabbia: semplicità nelle fondazioni
- Soluzione a due archi convergenti, a spinta eliminata, con due piani di pendini nei rispettivi piani

Interazione con ritrovamenti archeologici, spessori ridotti, fondazioni semplici:

I reperti archeologici si trovano a soli 30 cm dall'intradosso ponte

❖ PONTE SUL PARCO ARCHEOLOGICO DI POZZUOLI (NA) – INSERIMENTO NEL CONTESTO

Vista del ponte ad arco

Cura del dettaglio: arco e controventi

- Parapetti in plexiglas e inox alti 2 metri per prevenire caduta oggetti sul parco archeologico
- Rivestimento spalle in tufo

DURABILITA':

- acciaio autopatinabile sabbiato e verniciato
- Anima che fuoriesce dalla sezione composta
- Barre in tondo pieno con piatti e perno
- Filettatura e dado di regolazione inferiore

Dettaglio pendini, traversi, controventi e giunto

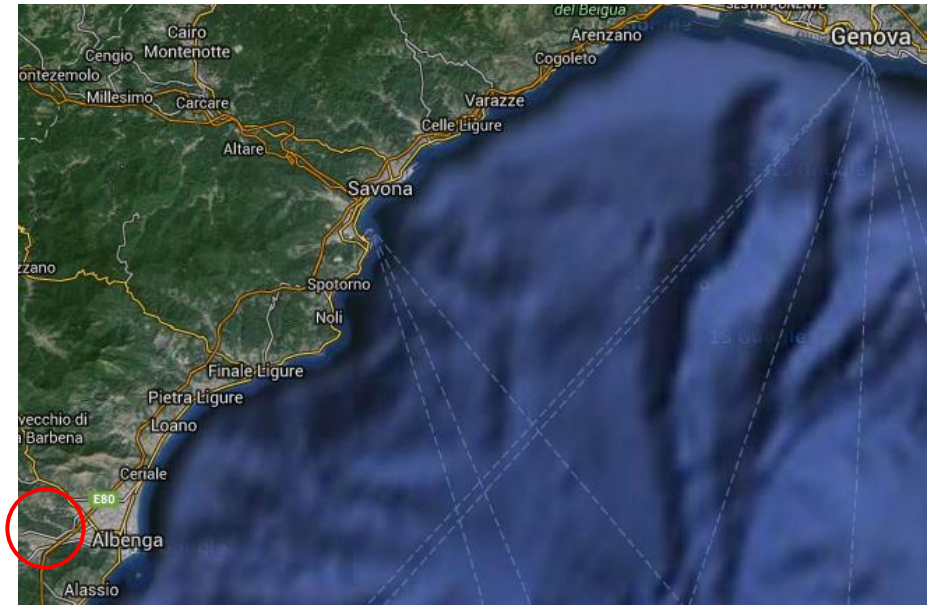
❖ Esempio: SOLUZIONI DI SOSPENSIONE NON ADEGUATE

- Pendino non regolabile e non sostituibile
- Sollecitazioni flessionali nella barra
- Saldatura superiore su piatto con rischio fatica e strappi lamellari

Attacco superiore pendino

attacco inferiore pendino

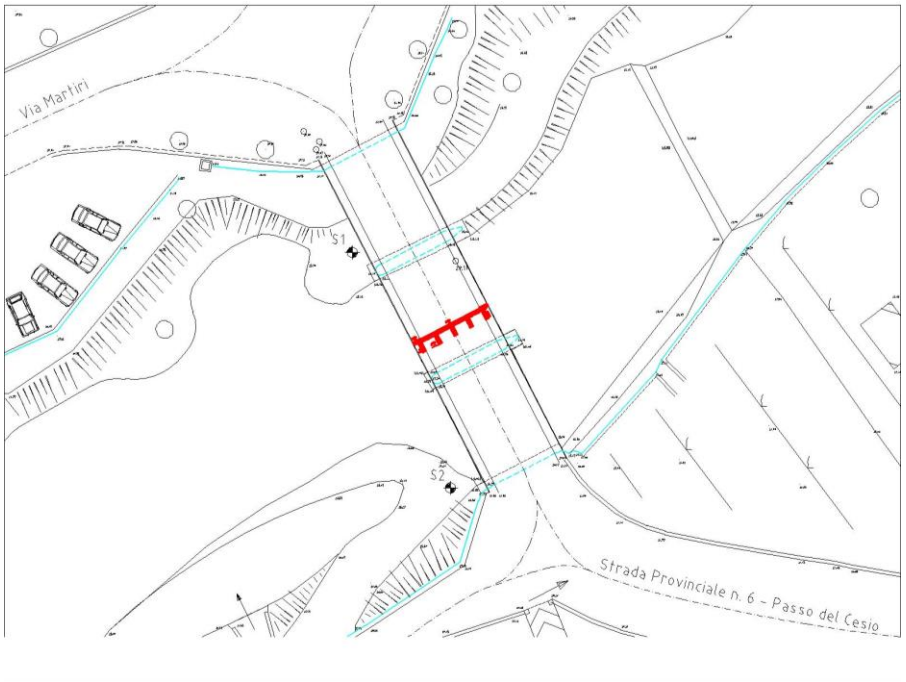
PONTE STRALLATO IN VILLANOVA D'ALBENGA (SV) (2003)



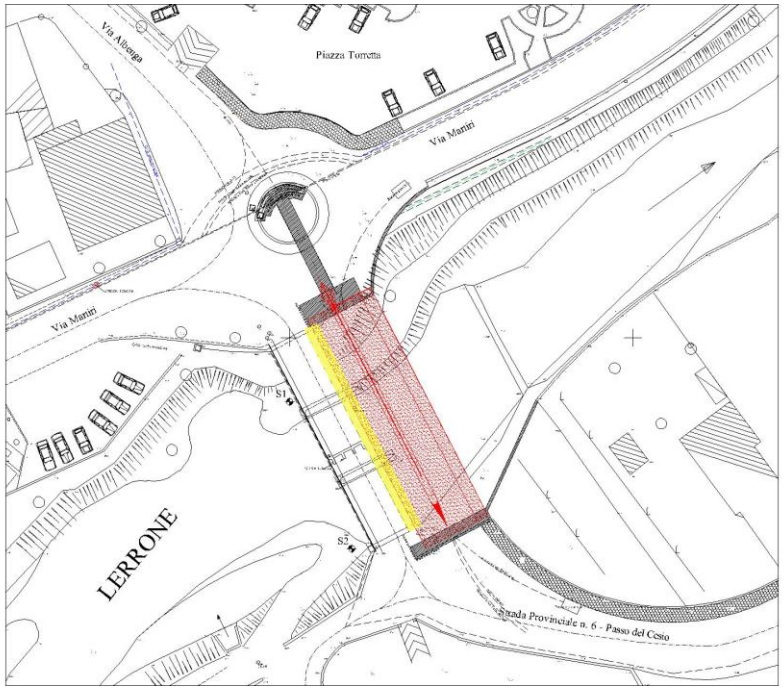
Localizzazione

strategia realizzativa

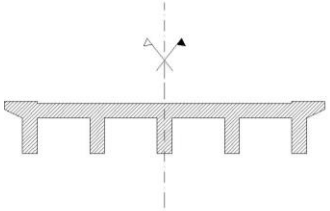
PONTE STRALLATO IN VILLANOVA D'ALBENGA: REALIZZAZIONE SENZA INTERRUZIONE TRAFFICO:



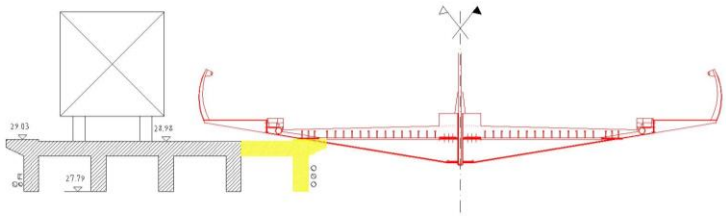
Rilievo ponte vecchio



strategia realizzativa



Sezione ponte vecchio



Strategia realizzativa

PONTE STRALLATO IN VILLANOVA D'ALBENGA: REALIZZAZIONE SENZA INTERRUZIONE TRAFFICO:

Fase di demolizione

Fase di costruzione

PONTE STRALLATO IN VILLANOVA D'ALBENGA (SV) (2003)

- ponte strallato di 40 m di luce, singola antenna su spalla con roccia
- impalcato sottile (70 cm) per deflusso massima piena senza pile in alveo
- non interruzione viabilità: realizzazione di una metà a contatto con vecchio ponte parzialmente demolito, collaudo, deviazione traffico e fine lavori
- sospensione centrale e cavi di riva in configurazione spaziale
- richiesta di scultura urbana di ingresso alla città – rapporto con centro storico

- **Inserimento di progetto:**

- necessità di rotatoria - paraboloide dei cavi di riva (Rotonda cittadina: cura del dettaglio):

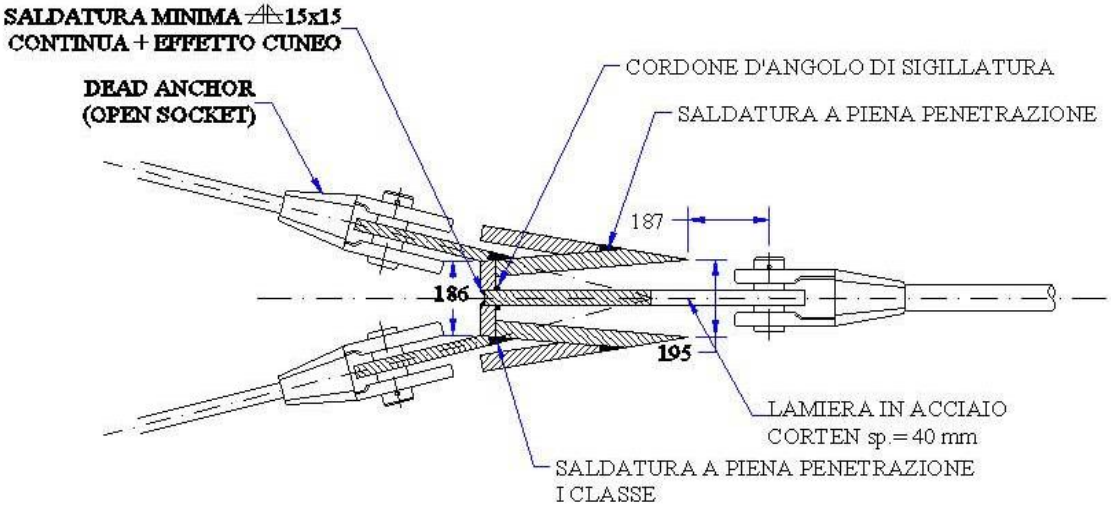
- **Studio illuminazione:**

- Trasparenza e leggerezza: marciapiedi, parapetti e segnapasso

DURABILITA' E DETTAGLI:

- Dettaglio attacco stralli: semplici lamiere passanti, nessuna eccentricità, saldature facili da controllare

-



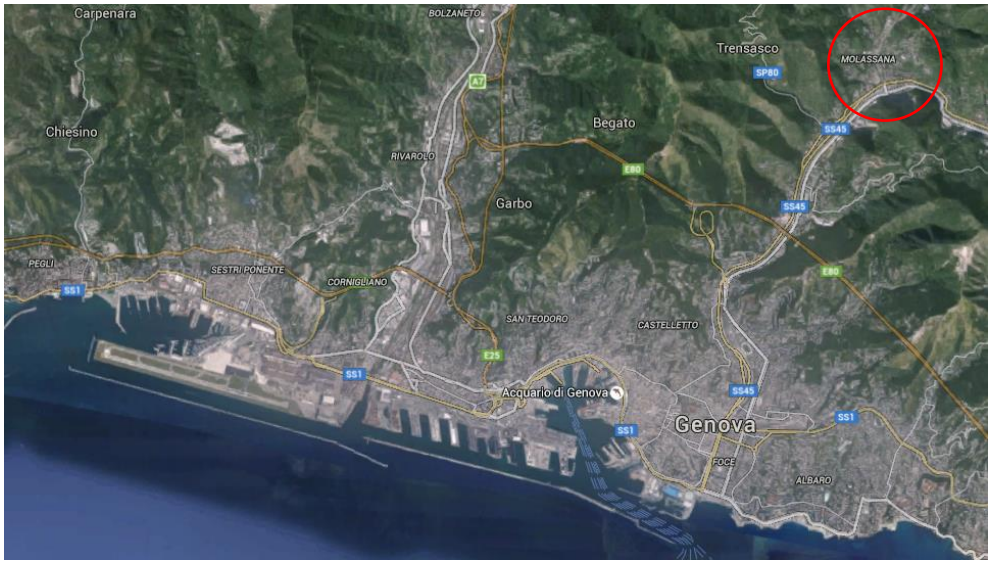
-

DURABILITA':

- acciaio autopatinabile "corten" sabbiato e verniciato
- cassone areato ed ispezionabile
- dettagli semplici: pendenze, scolo acque, un solo giunto
- funi spiroidali chiuse in guaine; sostituibili

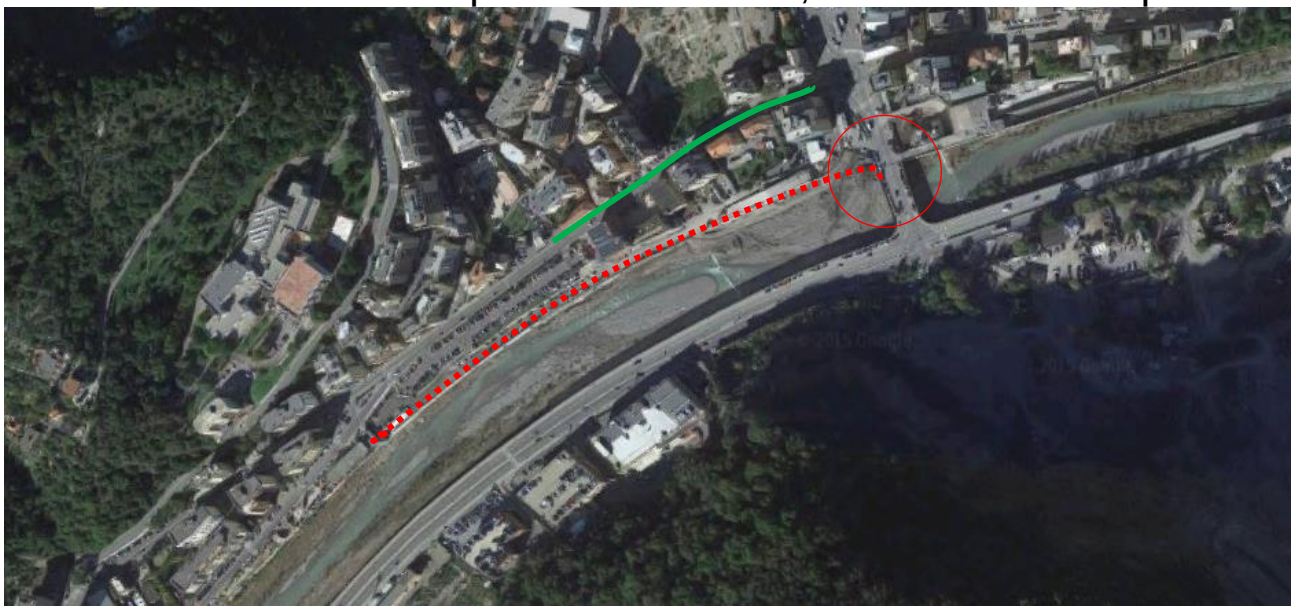
cassone torsio-rigido con fori per aerazione e leggerezza - ancoraggio stralli in tubi in asse coi traversi

NUOVA VIABILITA' E PONTE STRALLATO A MOLASSANA - GENOVA (2015)

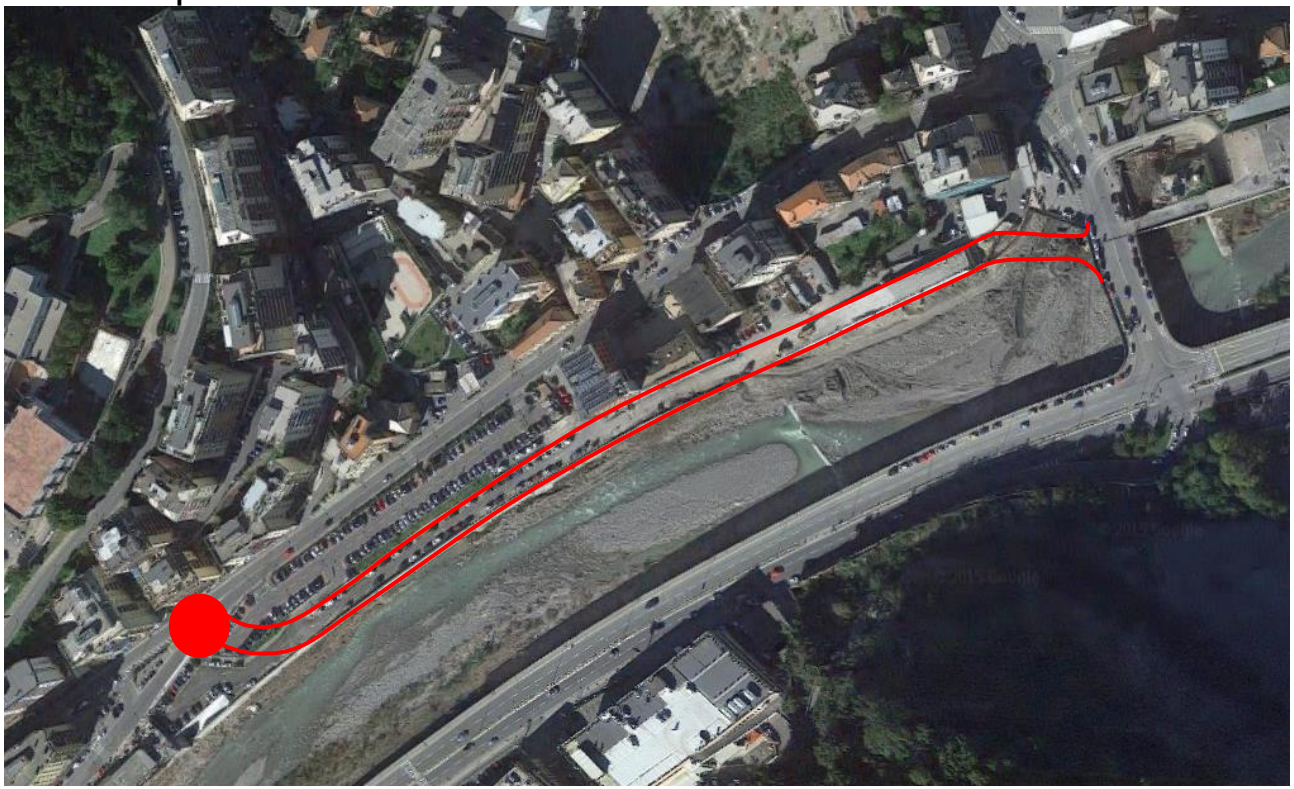


Localizzazione

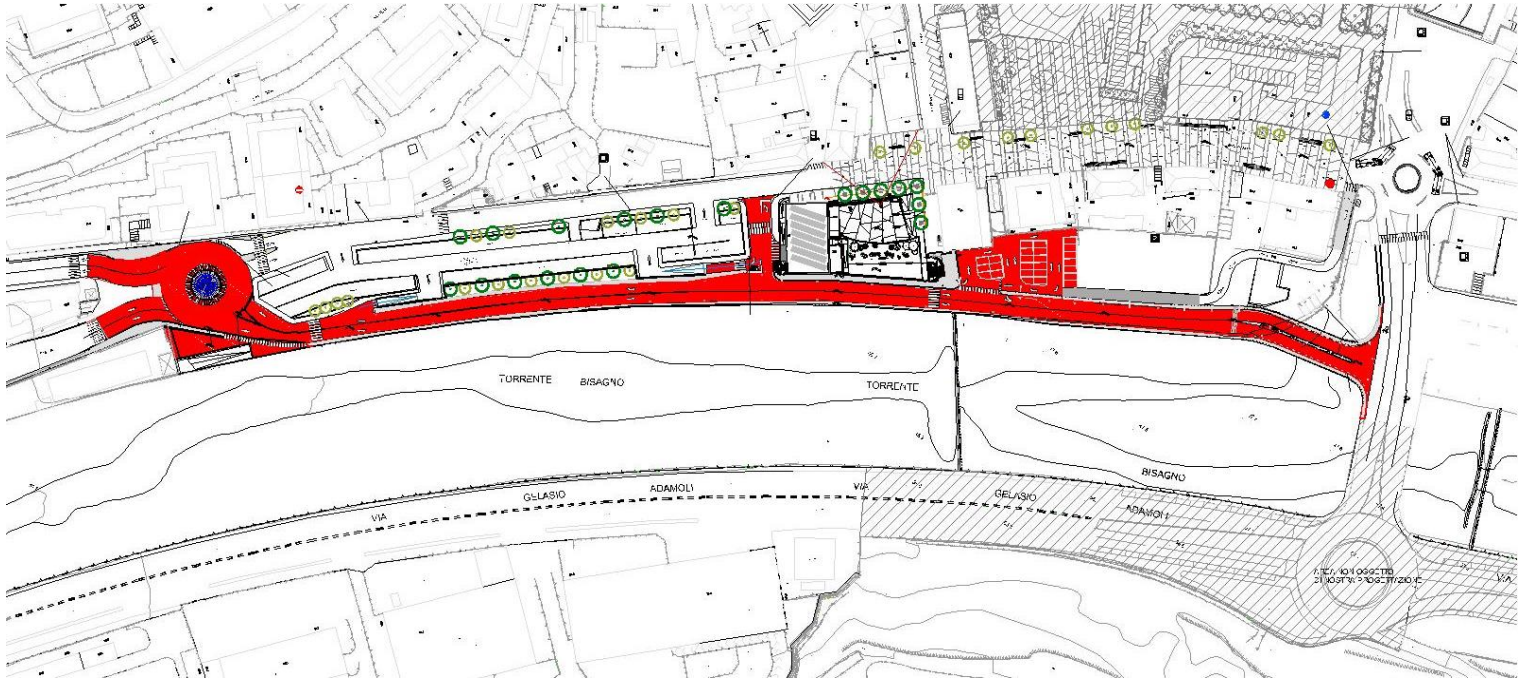
pedonalizzazione, nuova viabilità e ponte



Rotonda, nuova strada e ponte con accesso su esistente:

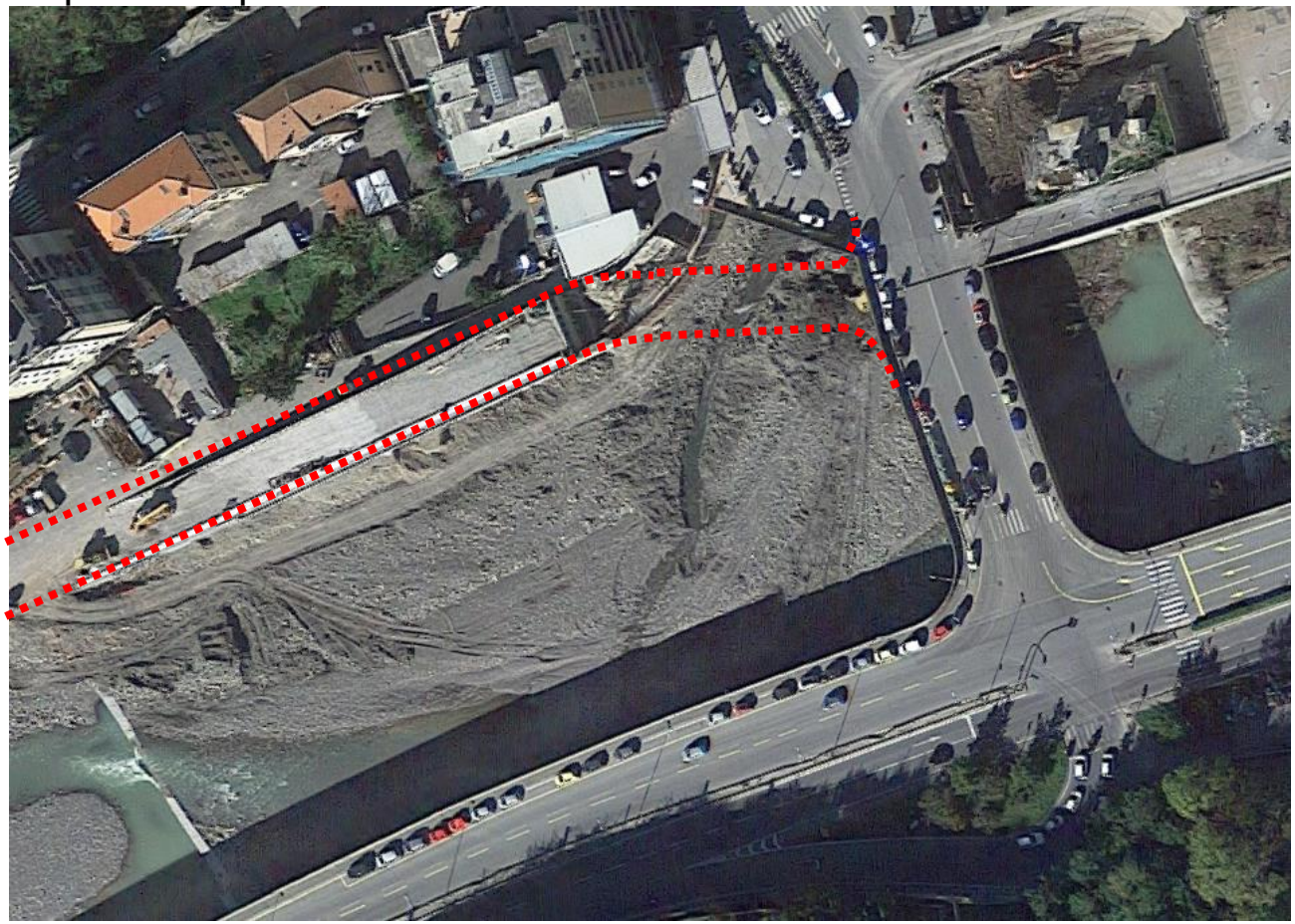


Planimetria generale di progetto:

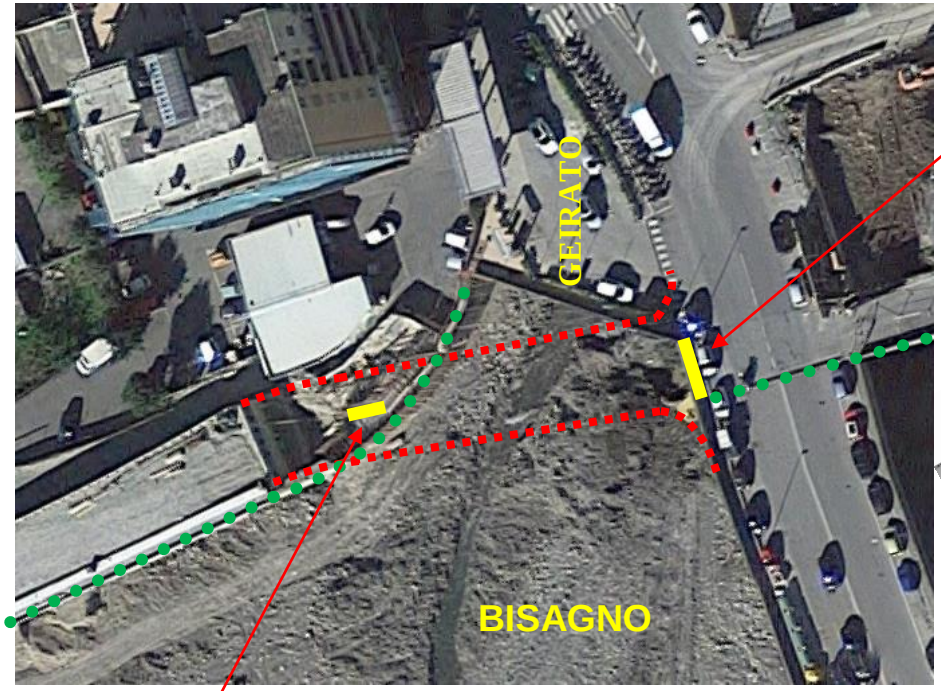


- Problemi inserimento nella viabilità esistente
- Problemi idraulici

Inserimento nuovo ponte su ponte esistente:

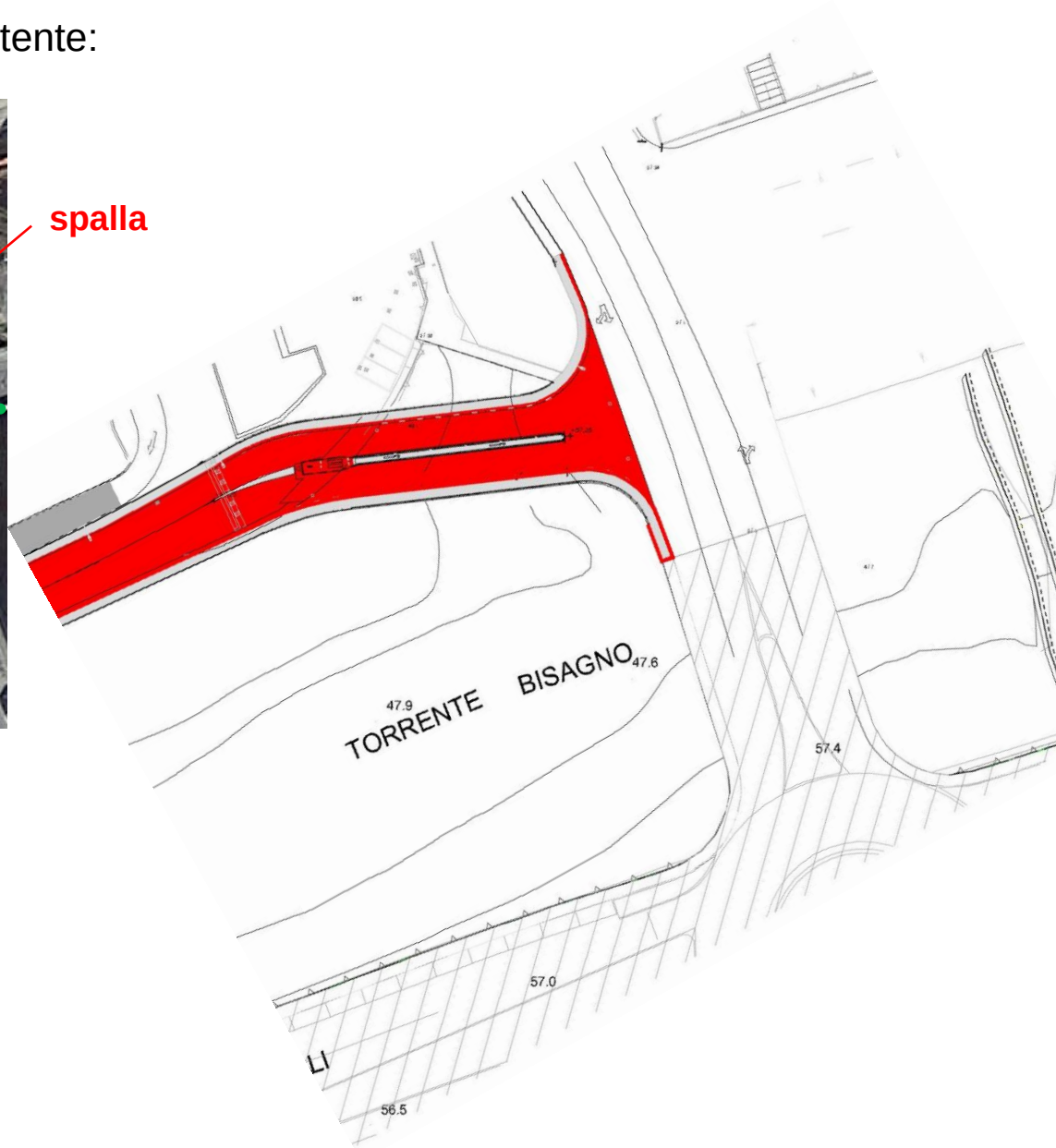


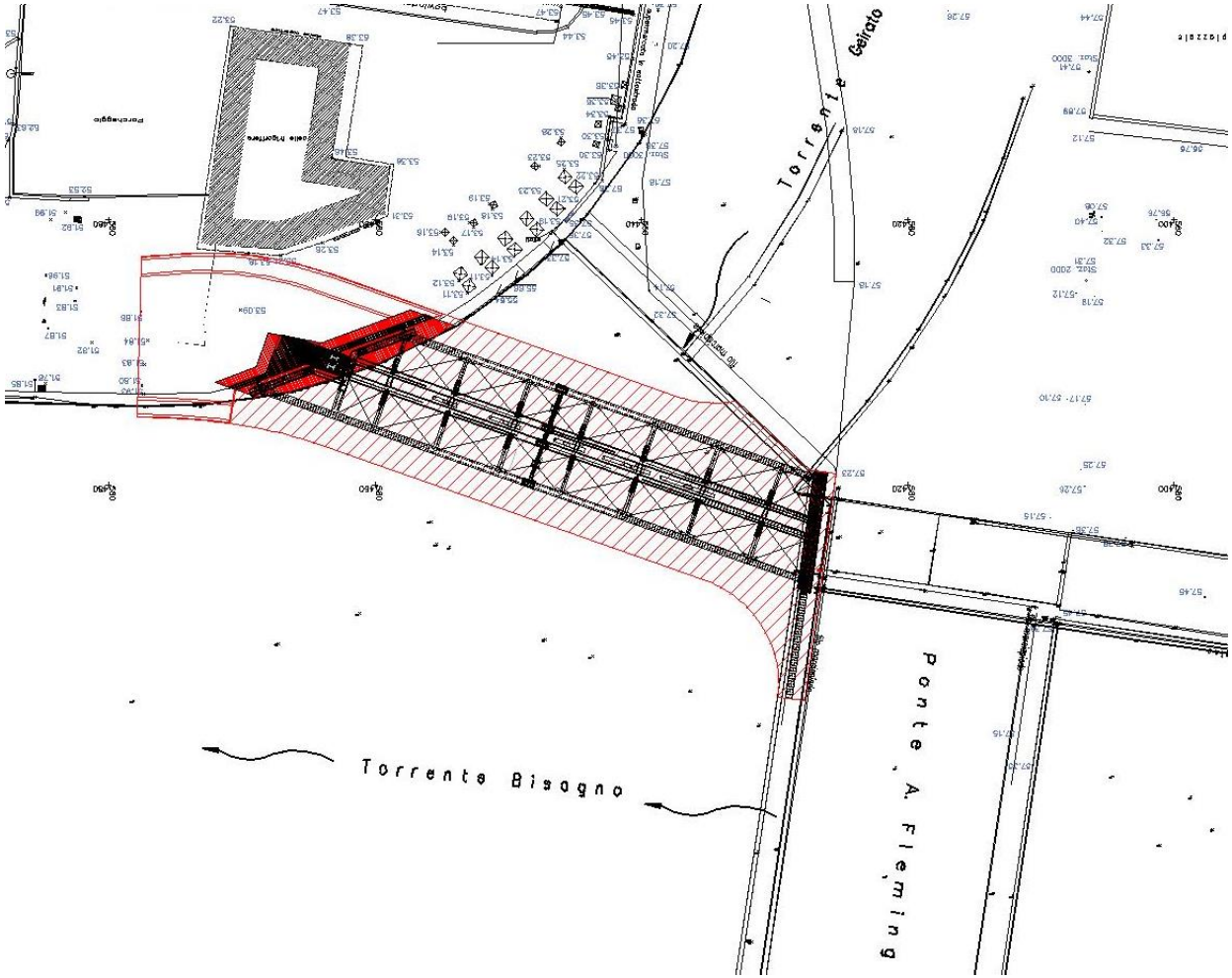
Dettaglio inserimento nuovo ponte su ponte esistente:



spalla

antenna

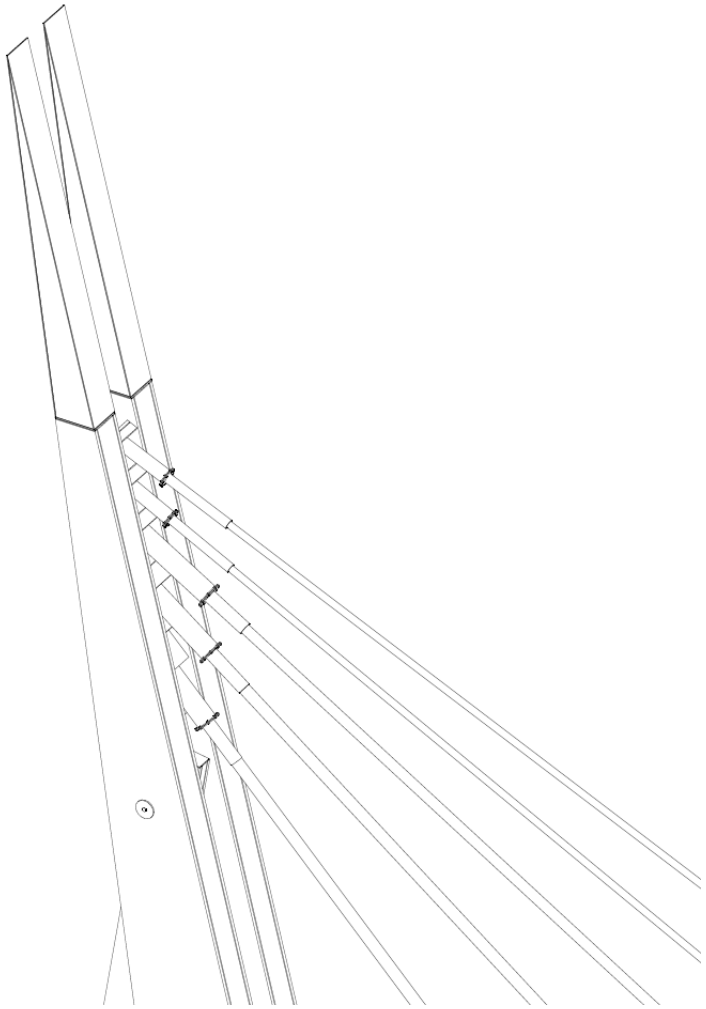




Geometria obliqua del ponte

Vista da intradosso dei raccordi e traverso a sbalzo

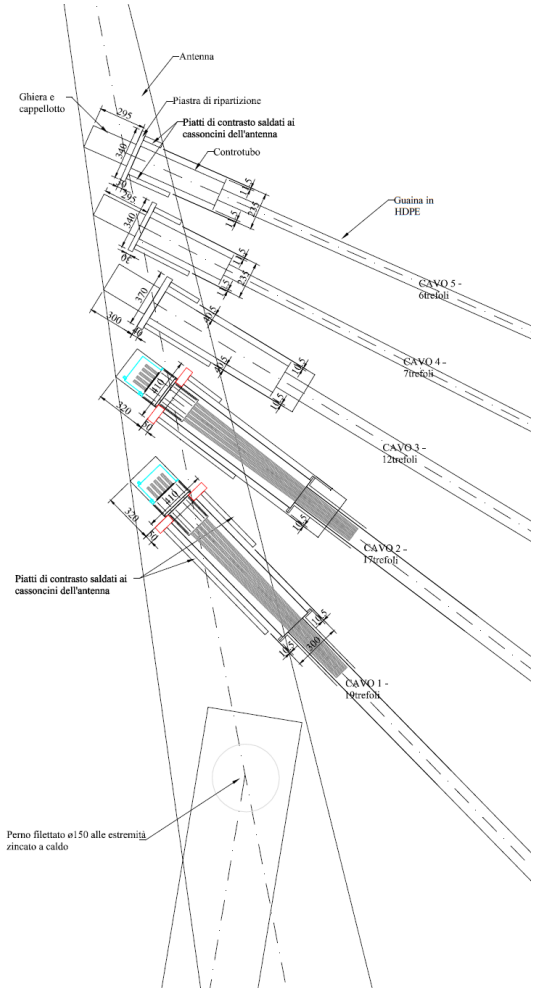
Vista del ponte strallato obliquo



Dettaglio antenna

PONTE STRALLATO A MOLASSANA – DURABILITA'

- acciaio autopatinabile "corten" sabbiato e verniciato
- cassone areato ed ispezionabile
- dettagli semplici, sezioni compatte, pendenze, scolo acque
- stralli in trefoli sostituibili e regolabili



Dettagli antenna-attacco stralli

DURABILITA': MATERIALI – CLASSE DI ESECUZIONE – SPECIFICHE PROTEZIONE

Note sui Materiali:
ACCIAIO CARPENTERIA CONFORME UNI EN 10025,
DM 14/01/2008
Materiali muniti di Certificazione CE
Qualità Acciaio Tubolari: **S355J2**
Qualità Acciaio Piatti e Piastrame: spess≤40mm **S355J2W**
spess>40mm **S355K2W**

Note sulle Bullonature:
CONFORMI D.M. 14/01/2008
CONFORMI A UNI EN 14399-1
per giunzioni a serraggio controllato - cl.10.9 (travi princ. e traversi)
CONFORMI A UNI EN 15048-1
per giunzioni non a serraggio controllato - cl 10.9 (controventi)

Note sulle Saldature:
CONFORMI D.M. 14/01/2008

Classificazione:
EXC3 - EN 1090-2

Note sulle Tolleranze di Montaggio:
SECONDO EN 1090-2

Note sui Trattamenti Superficiali:
Antenna, cavalletto e cassone verniciati (colore bianco)
Stralli guaina RAL9016
Mensola marciapiede zincata a caldo

Ciclo di verniciatura:
ciclo c4 > 15 anni
steel preparation min lvello 1
sabbiatura sa 2 1/2, rugosita' 50-75 um
primer epossidico ai fosfati di zinco 160 um
finitura acrilico poliuretanica 80 um

CONCLUSIONI

Abbiamo visto strutture “non convenzionali” in aree urbanizzate, giustificate da particolari condizioni al contorno:

- mantenere le viabilità esistenti
- problematiche idrauliche
- rapporto con ponti o edifici esistenti
- corretta tipologia e rapporto di scala
- problematiche geologiche
- rinvenimenti archeologici
- tempi di costruzione ridotti

La cultura della progettazione deve essere adeguata al contesto dell’opera.

- Direttore Tecnico I QUADRO Ingegneria s.r.l. - Genova

- Ordine Ingegneri della Provincia di Savona al n.963 dal 1992

- Laurea Ingegneria Civile Edile, ramo geotecnico e strutturale, Università degli Studi di Genova

- Specializzazione biennale al Politecnico di Milano, Scuola di Specializzazione in Costruzioni in Cemento Armato e Cemento Armato Precompresso F.lli Pesenti

Pubblicazioni principali

- "STUDI E RICERCHE" volume 16, 1994, “Analisi non lineare per elementi finiti di strutture piane in c.a.”pg.173:207
- "STUDI E RICERCHE" volume 16, 1994, “Formulazione diretta secante dell’analisi non lineare di telai in c.a. e c.a.p.”pg.351:386
- "SEI, “Structural Engineering International” n.1/2001 “Structural analysis and construction of an Arch Bridge in Albenga, Italy”, pg.47:52
- Ponte ad arco a Pozzuoli: "COSTRUIRE" n. 178 pag. 46
- Ponte sul fiume Secchia a Campogalliano: "COSTRUZIONI METALLICHE n. 2/2001, pg.33:39
- Concorso internazionale autostrada del Brennero:"STRADE E AUTOSTRADE” n. 6/00 pg.63
- Atti del XVIII congresso C.T.A., Venezia ’01
  “Ponte ad arco sul parco archeologico di Pozzuoli (NA)”, pagg.347:356
- L’Ingegnere Italiano, “Torre Vecchia Darsena – Savona” inserto
- The Plan n. 46, nov.dic. 2010, “Uffici direzionali di Fiera Milano”, pagg.70:80

DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
EDILE ED AMBIENTALE

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA STRUTTURALE
E GEOTECNICA

GLI ATTORI DEL DIVENIRE URBANO

I CONVEGNO SULL'INTERAZIONE UOMO-SPAZIO-TEMPO

Facoltà di Ingegneria
Sapienza Università di Roma
Sala del Chiostro 26 NOVEMBRE 2015

a cura di
Alessandro Cutini - Franco Bontempi

Comitato Scientifico
Alessandro Cutini, Franco Bontempi
Riccardo Montanari, Romualdo Montagna
Rita Maria Barboni, Stefania Arangio

Comitato Organizzatore
Franco Bontempi, Alessandro Cutini
Chiara Tolentino, Giuseppe Galiano
Andrea Lotti, Carlo Cutini

con la collaborazione di
StroNGER spin-off di ricerca