

Ordine degli Ingegneri di Prato

27/01/2026 e 24/02/2026

INGEGNERIA DEI PONTI

Interventi sui ponti esistenti: aspetti normativi, criticità e casi studio

Interventi per la rinascita della rampa elicoidale del Polcevera a Genova

Prof. Ing. Salvatore Giacomo Morano

*Università degli Studi di Firenze*



## GENOVA - Rampa Elicoidale di svincolo del POLCEVERA tra A10 e A7 in dir. Milano



Rampa di svincolo del viadotto Polcevera progettata da Riccardo Morandi

Realizzata tra il 1963 e il 1967 dalla Società Italiana Condotte d'Acqua assieme al viadotto principale.

**È l'unica parte dell'opera progettata da Morandi che non è stata demolita.**

## GENOVA - Rampa Elicoidale di svincolo del POLCEVERA tra A10 e A7 in dir. Milano

La rampa di svincolo del viadotto Polcevera doveva essere sottoposta a **Verifica di Sicurezza** anche perché era previsto il passaggio sopra di essa di una parte degli oltre 70'000 mc di detriti derivanti dal crollo e dalla demolizione del ponte Morandi e degli edifici interferenti.

L'incarico ricevuto ha quindi riguardato:

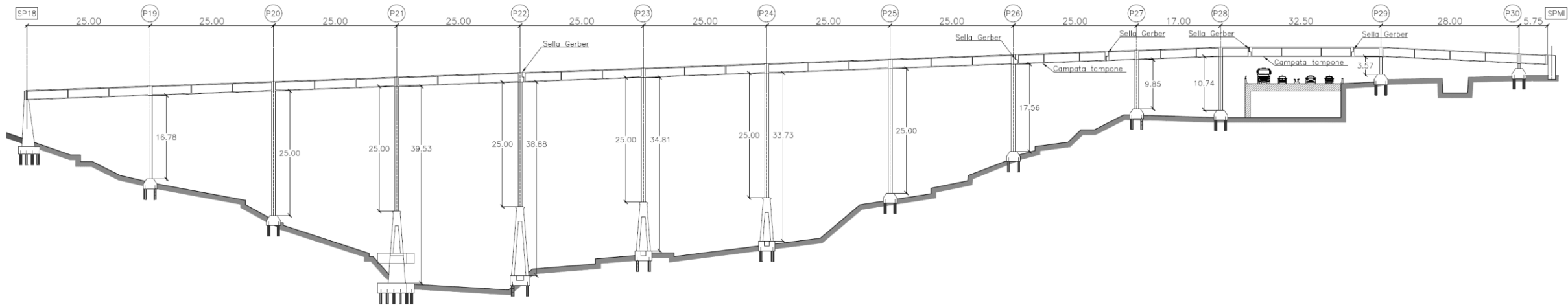
- Redazione del piano di indagine e dell' Analisi storico-critica, del progetto e dello stato dell'opera
- Valutazione di sicurezza dell'opera
- Progetto degli interventi di ripristino e adeguamento dell'opera
- Direzione dei lavori sull'opera

Al fine di procedere celermente con i lavori contestualmente con lo sviluppo del progetto, si è deciso di procedere per Applicativi successivi. Complessivamente sono stati sviluppati n.5 Applicativi:

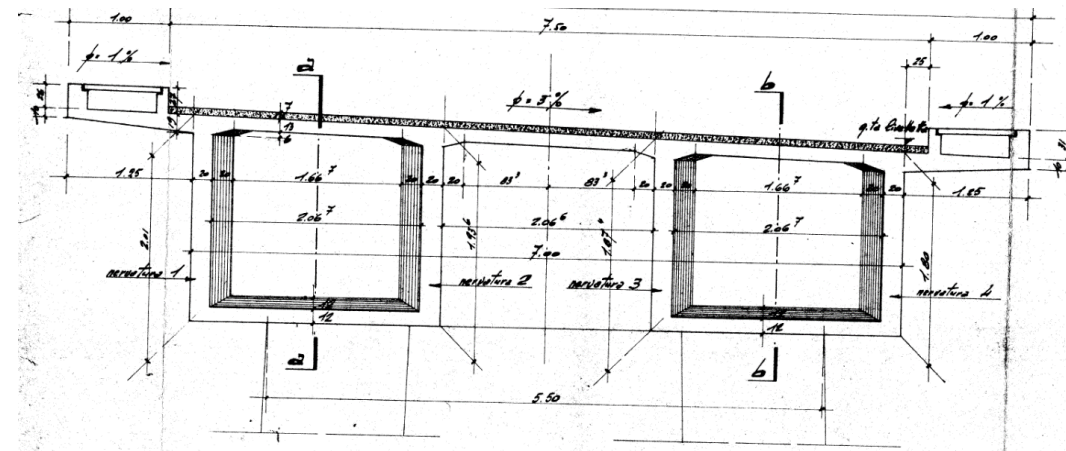
- **Applicativo 1: Preliminare di accantieramento**
- **Applicativo 2: Opere propedeutiche**
- **Applicativo 3: Ripristino pile**
- **Applicativo 4: Riparazione locale (+ 4C relativo a Cordoli e barriere)**
- **Applicativo 5: Interventi di adeguamento**



## Caratteristica dell'Opera



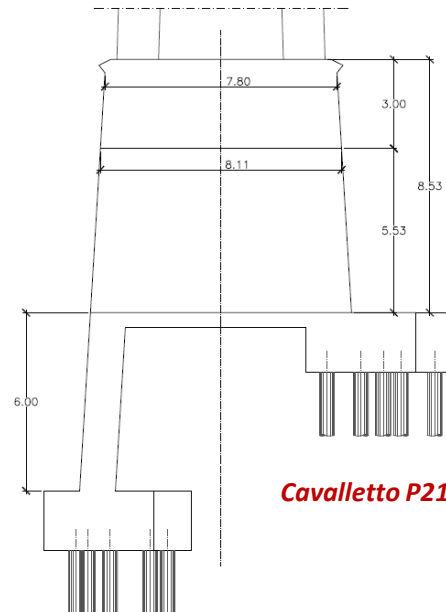
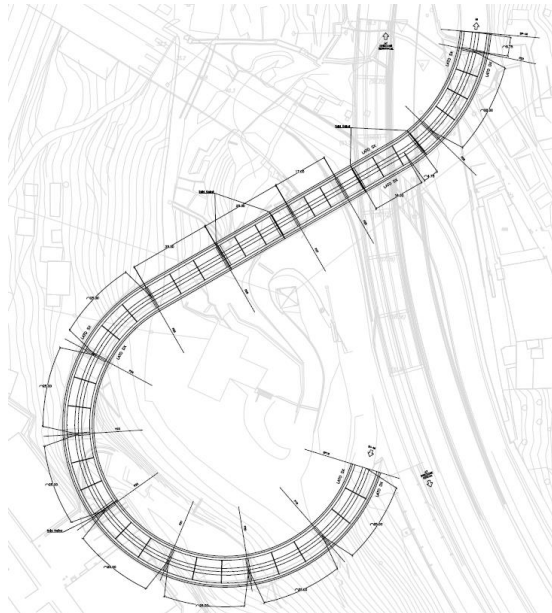
- Sezione impalcato: bicassone monocellulare in C.A.
- Pile basse (P29 e P30): a lama con armature incrociate in sommità per collegamento a cerniera con l'impalcato
- Pile alte (da P19 a P28): a due fusti monolitici con l'impalcato, alcune completate da cavalletti di base, altezza massima di poco meno di 40 m.
- Sviluppo: tratti di trave continua intervallati da cinque giunti interni realizzati con selle tipo Gerber (sviluppo totale circa 308 m).
- Andamento planimetrico: 175 m con raggio 45 m, 89 m in rettilineo, ultimi 44 m con curvatura opposta



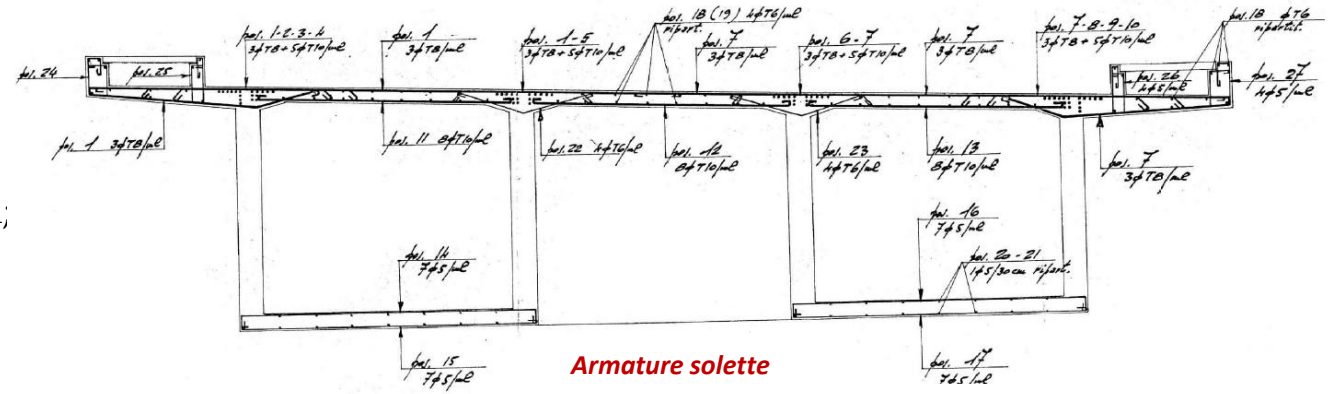


## Caratteristica dell'Opera

- Sezione impalcato:
  - Anime spessore variabile da 0,50 m in appoggio a 0,20
  - Soletta spessore 0,13 m e controsoletta spessore 0,12 m;
  - Larghezza complessiva impalcato 9,50 m, dei quali, originariamente 7,50 m carrabili;
- I fusti delle pile alte hanno sezione 1,40 m x 0,80 m;
- I cavalletti, presenti alla base dei fusti più alti (da P21 a P24), hanno geometria variabile e specifica nelle diverse pile.

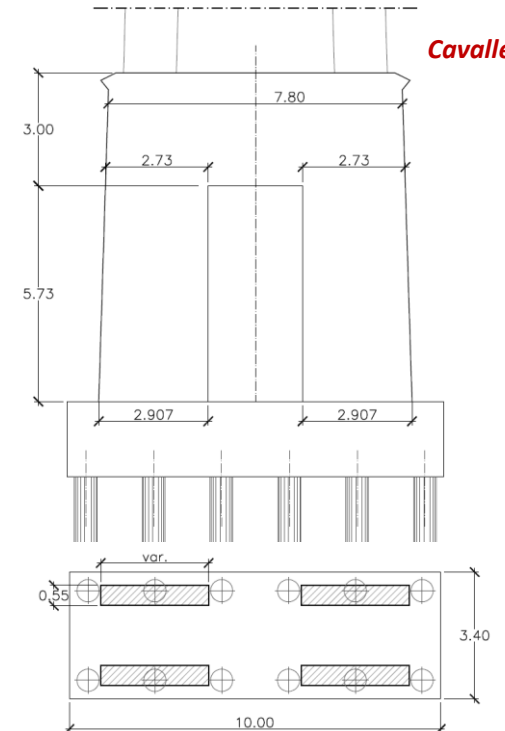
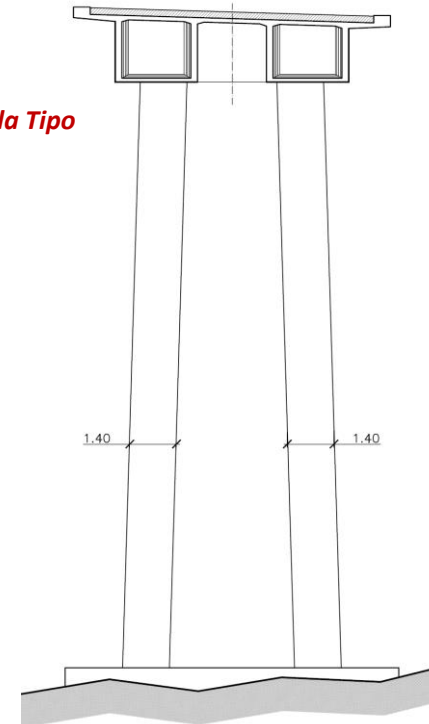


**Cavalletto P21**



**Armature solette**

**Pila Tipo**



**Cavalletto P24**

## Caratteristica dell'Opera

- Nel corso degli anni l'impalcato aveva subito alcuni interventi:
  - Installazione barriere di sicurezza in calcestruzzo e barriere antirumore;
  - Rifacimento dei cordoli con allargamento a 8,50 m della parte carrabile;
  - Incremento dello spessore di pavimentazione;
- Anche i fusti delle pile avevano subito degli interventi, in particolare la realizzazione di una camicia protettiva in malta senza rinforzo di armatura.



*Campata  
tampone su  
autostrada*



*Viste panoramiche*

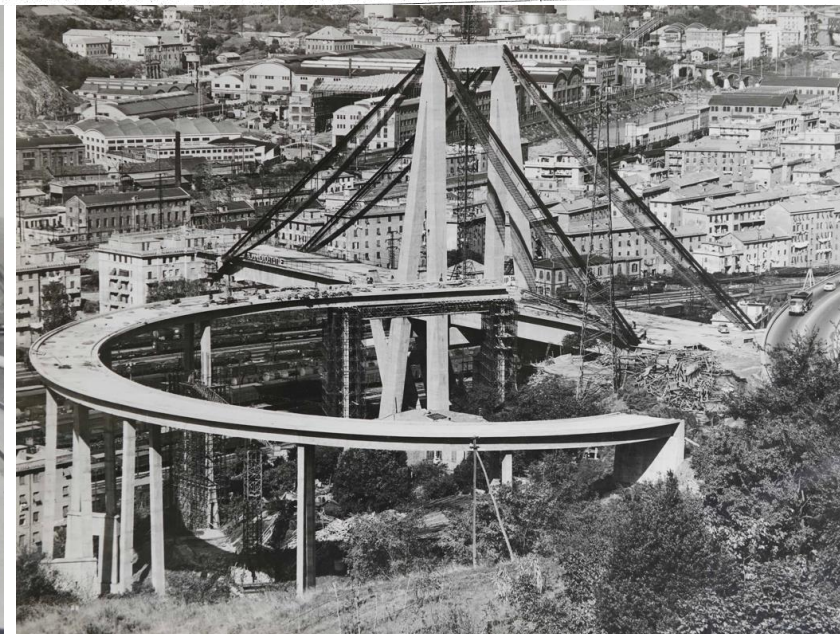
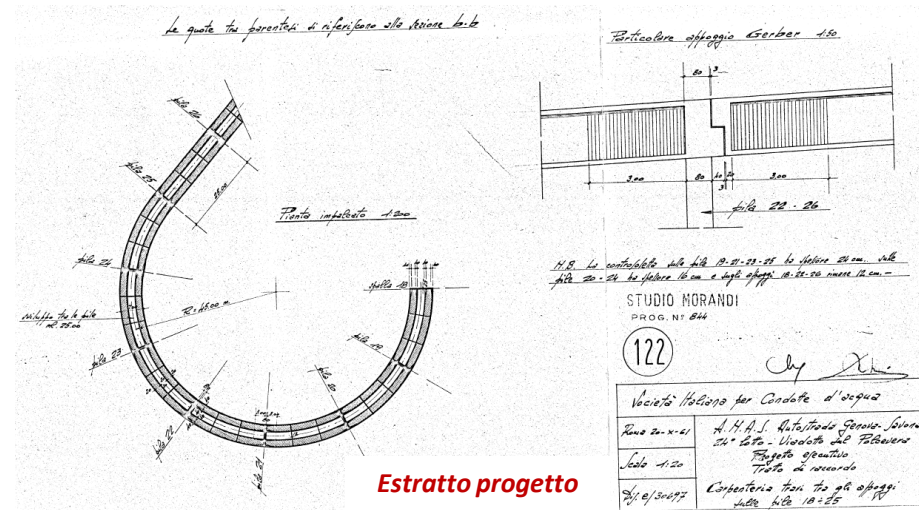




## Indagini condotte e criticità emerse

Il recupero del progetto originale e di foto dell'epoca della costruzione:

- Il progetto originale recuperato era incompleto;
- Le foto hanno permesso di ricostruire le fasi di realizzazione delle opere.



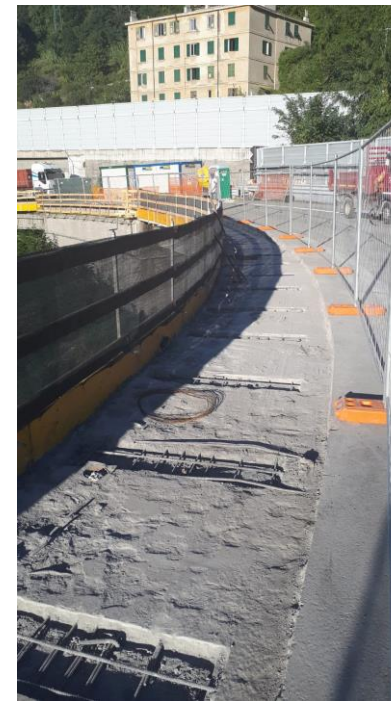
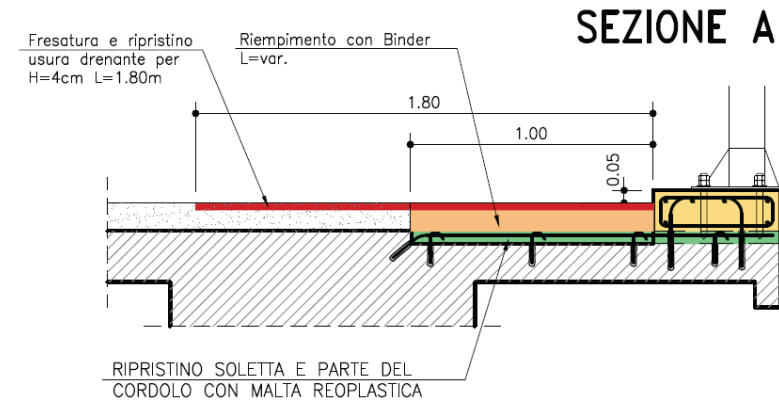
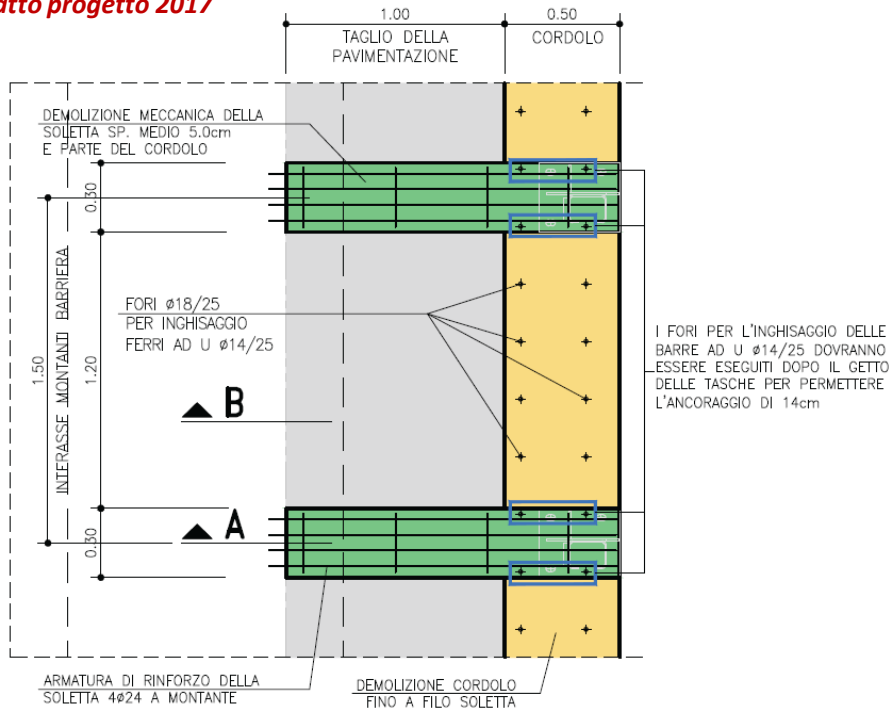


## Indagini condotte e criticità emerse

Il recupero dei progetti di sostituzione delle barriere:

- Progetto del 2011 relativo all'installazione delle barriere fonoassorbenti;
- Progetto del 2017 relativo alla sostituzione dei New Jersey con barriere metalliche (iniziato ed interrotto prima delle attività seguenti).

### Estratto progetto 2017



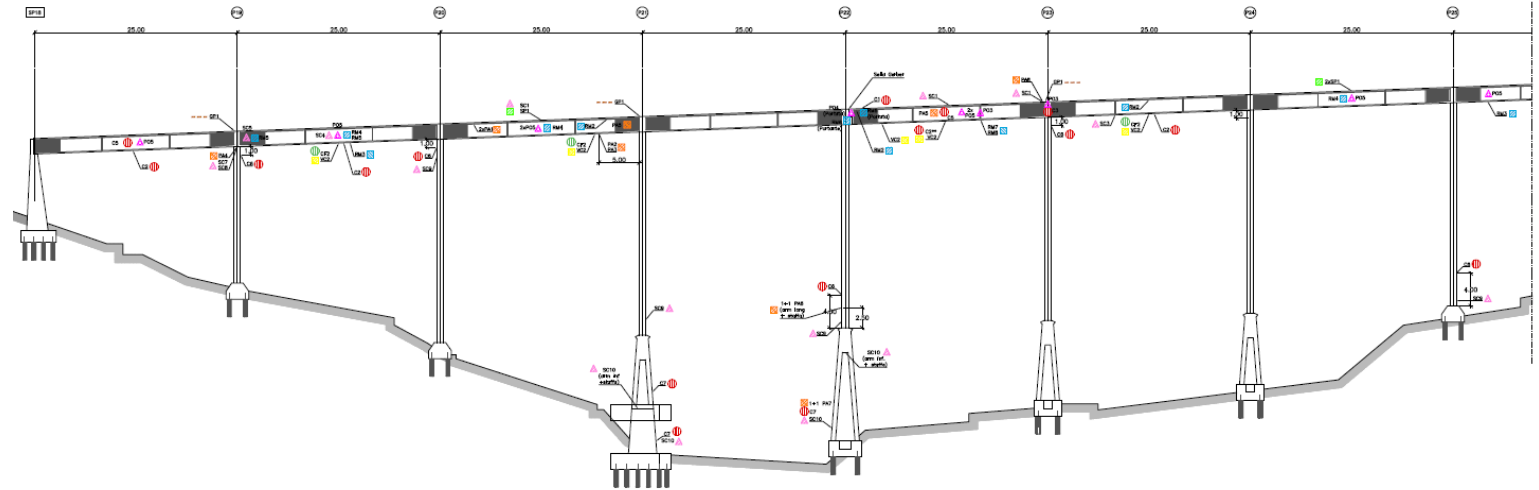
## Indagini condotte e criticità emerse

Finalità della campagna di indagine:

- Approfondire la conoscenza dell'opera (geometria, materiali, dettagli costruttivi e.t.c.) per raggiungere un LC3
- Individuare eventuali elementi degradati

Campagna di indagine:

- Rilievo laser scanner e rilievo dei vincoli;
- Indagini visive ravvicinate;
- Saggi in pavimentazione e rilievo spessori;
- Carotaggi passanti in controsoletta in corrispondenza delle fessure (3);
- Indagini con microcamera nei cassoni non ispezionabili (10);
- Rilievi magnetometrici (42);
- Prove georadar (4);
- Saggi con rimozione copriferro (25);
- Prelievo di campioni di acciaio per prove di trazione (18);
- Prelievo di carote per prove di schiacciamento e carbonatazione (24);
- Prove pull-out (41).



## Indagini condotte e criticità emerse

### Criticità emerse

- Stato fessurativo delle controsolette;
- Degrado del c.a. con cls carbonatato e ossidazione e principi di corrosione delle armature (soprattutto controsolette);
- Stato delle selle Gerber e difficoltà nel determinarne le effettive condizioni;
- Inaccessibilità della maggior parte dei cassoni;
- Difficoltà nel controllo dello stato dei vincoli;





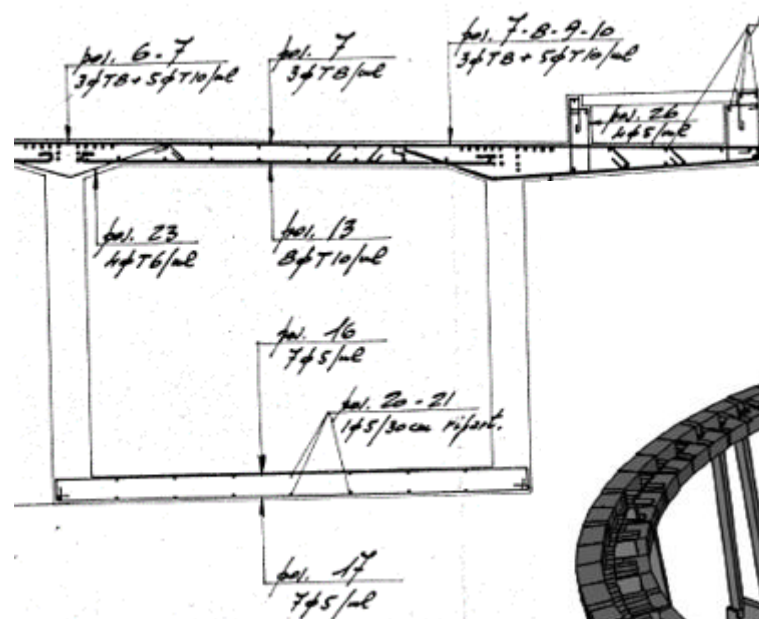
## Valutazione della Sicurezza (NTC2018) e individuazione delle carenze

- Analisi condotte sia con i carichi di progetto originali che con quelli attuali;
- Non emergono carenze del progetto originale (a parte verifiche a torsione impalcato);
- Modifiche subite nel tempo: modesto allargamento della carreggiata ed installazione di barriere fonoassorbenti.

- Incremento delle azioni per effetto del cambio di normativa e delle modifiche subite dall'Opera;



- Carenze significative delle pile per azioni orizzontali: vento, frenatura e sisma
- Carenza significativa di armatura per flessione + torsione nella controsoletta (fessure)
- Modeste carenze per flessione nelle travi



## La decisione di «adeguare» l'Opera

Importanza della Rampa Elicoidale nell'ambito dell'Intervento del nuovo ponte S. Giorgio

Criticità per eventuali future pesanti manutenzioni sull'Elicoidale: un'Opera datata a servizio di un'opera nuova.

Un adeguamento conseguito con il mero irrobustimento di tutte le membrature carenti si è rivelato sostanzialmente impraticabile anche per l'onerosità di intervenire sui fusti e le fondazioni di quasi tutte le pile.



Cercare una risposta unitaria per contrastare le carenze statiche risolvendo anche i problemi di manutenibilità e durabilità.



*La rampa elicoidale in costruzione*

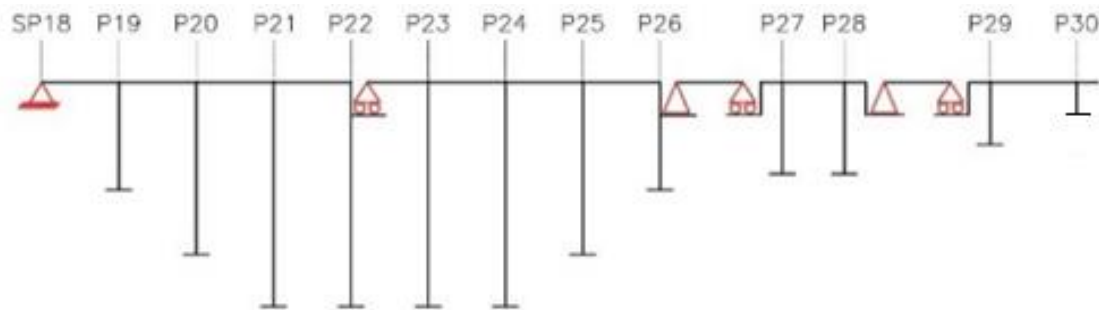
## Finalità e strategia degli interventi

### FINALITÀ DEGLI INTERVENTI

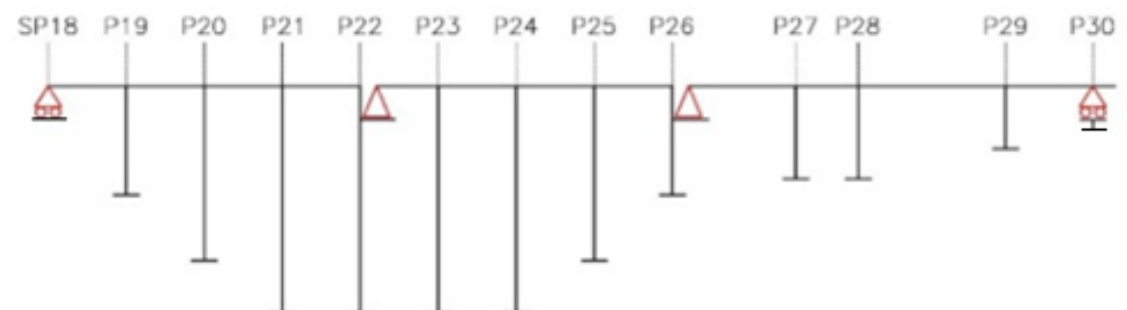
- Adeguamento alle norme vigenti (azioni sismiche e non sismiche)
- Miglioramento della durabilità e manutenibilità

### STRATEGIA D'INTERVENTO

- Modifica dello schema statico per le azioni orizzontali, rendendo l'impalcato il più possibile continuo, svincolandolo dai punti fissi di estremità (spalla SP18 e pila P30);
- Eliminazione delle selle gerber con continuizzazione integrale o defunzionalizzazione con inserimento di sostegni metallici;
- Ripristino della larghezza carrabile originaria (7,5 m anziché 8,5 m);
- Riparazione e rinforzo mirato delle parti che ne necessitano;
- Creazione dell'accessibili per tutti i cassoni;
- Rendere facilmente ispezionabili e sostituibili tutti gli elementi più delicati.



*Schema statico originale*



*Schema statico modificato*



## Finalità e strategia degli interventi

### ADEGUAMENTO SISMICO

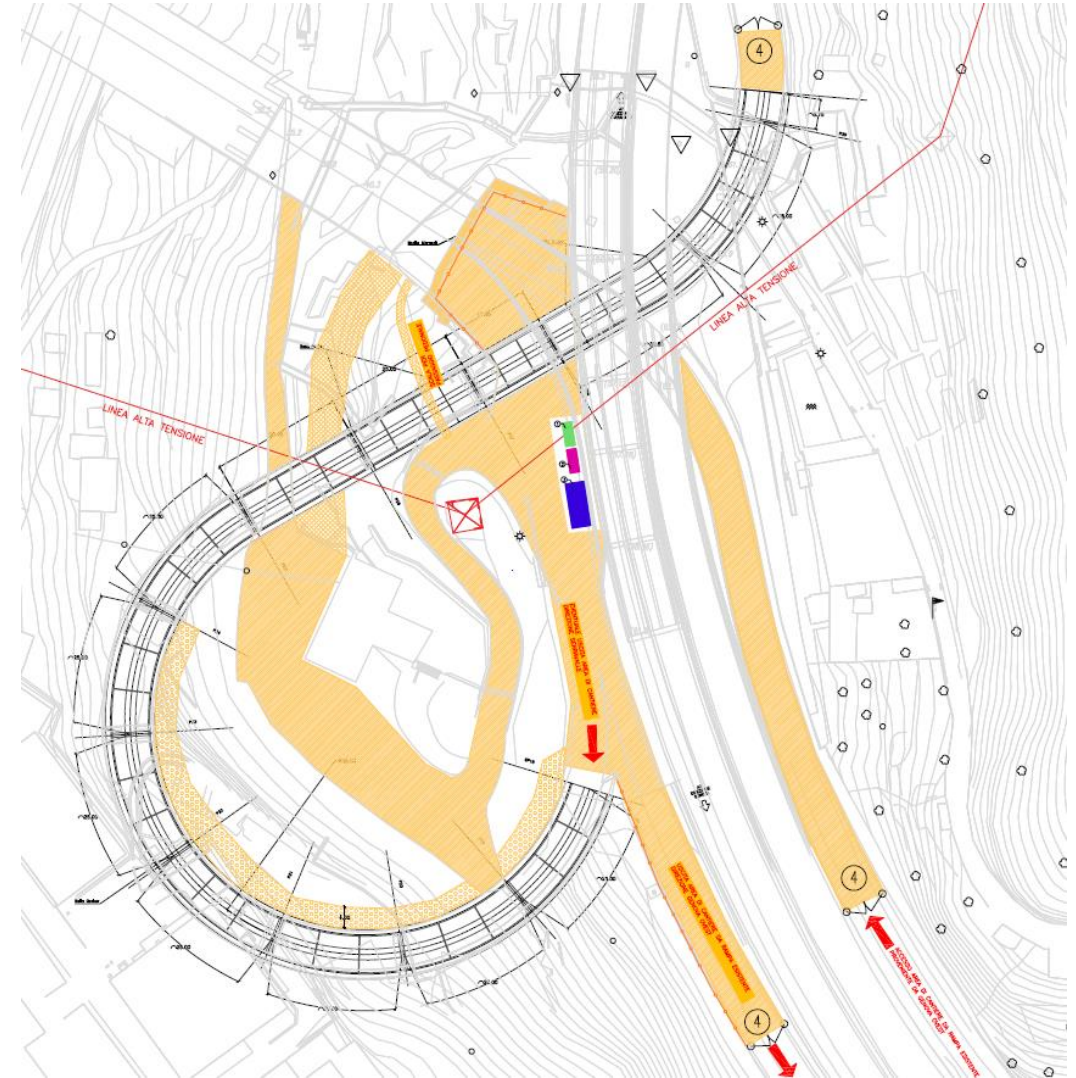
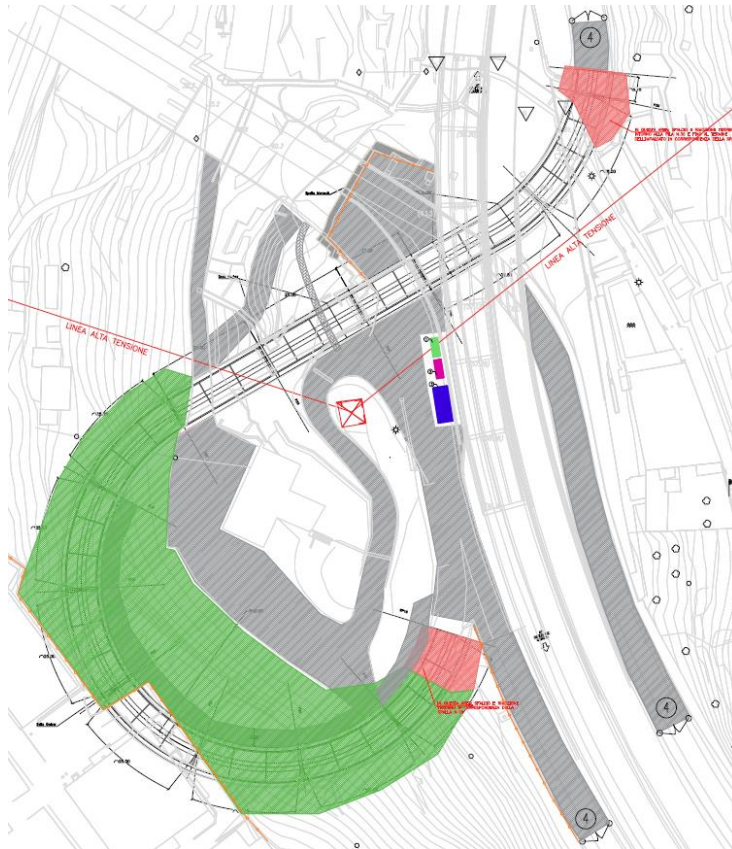
- Costruzione in classe d'uso IV
- Vita Nominale di 100 anni (richiesta del MIMS)
- Fattore di comportamento per le azioni orizzontali  $q=1.5$ , prudenzialmente pari al valore minimo nell'intervallo  $q=1.50-3.00$  riportato al C.8.5.5.2 per le costruzioni esistenti in c.a.
- Fattore di comportamento per le azioni verticali  $q=1$ , prudenzialmente pari al valore indicato al C.7.3.1 per ponti nuovi
- Livello di adeguamento sismico raggiunto in coerenza con le prescrizioni per gli interventi di adeguamento sui ponti riportate al punto C.8.8.7 ossia  $\xi_E=0.80$ .

### OBIETTIVI RAGGIUNTI

- Continuizzare più possibile l'impalcato con la solidarizzazione delle selle gerber
- Si è sfruttato il «naturale isolamento sismico» dell'opera legato alla modesta rigidezza delle pile alte
- Si sono caricate maggiormente, per azioni orizzontali, le pile basse, più semplici da rinforzare
- Lo svincolo dei punti di estremità ha permesso di ridurre significativamente il contrasto agli effetti delle dilatazioni termiche
- Così facendo il rinforzo a tutta altezza dei fusti e delle fondazioni delle pile, si è limitato a tre di esse, con altezze ridotte

## Gli interventi – Applicativo 1: Preliminare di accantieramento

- Realizzazione e ripristino di piste di cantiere;
- Sfalci e rimozione di terreno.

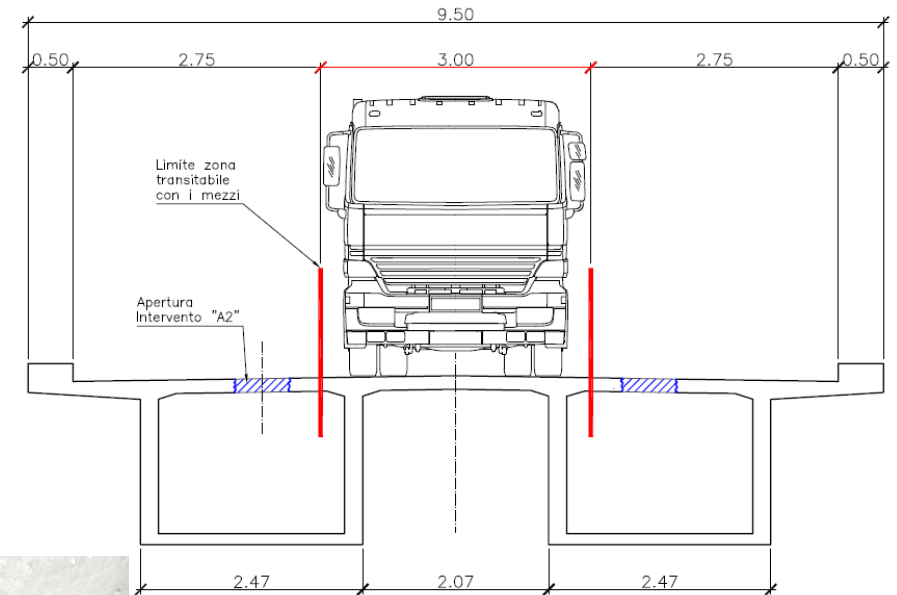




## Gli interventi – Applicativo 2: Opere propedeutiche

- Fresatura della pavimentazione;
- Creazione di aperture in soletta.

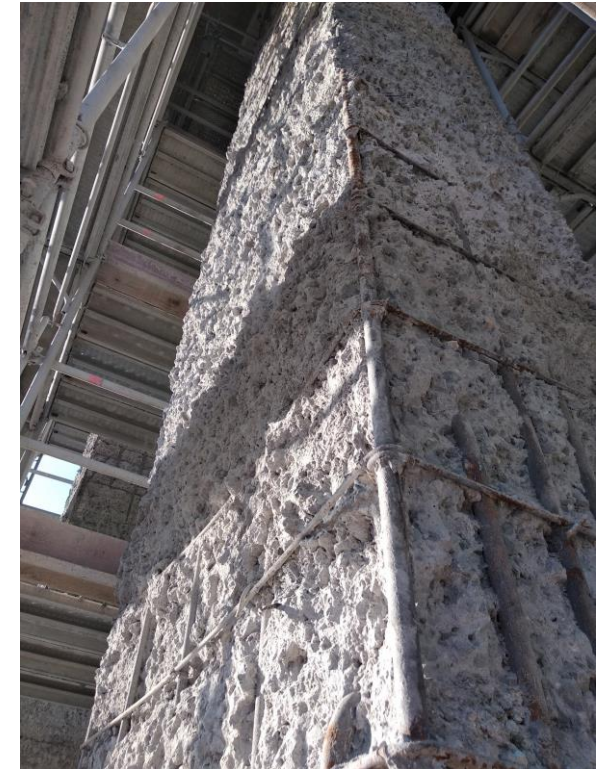
La creazione delle aperture in soletta a permesso di integrare le indagini condotte con ispezioni ravvicinate all'interno dei cassoni, al fine di individuare ammaloramenti, e la misura dell'effettivo spessore di soletta.





## Gli interventi – Applicativo 3: Ripristino pile

- Installazione dei ponteggi;
- Interventi di ripristino corticale di tutti i cavalletti e di tutti i fusti delle pile, nelle porzioni nelle quali non si prevedevano interventi di rinforzo, ossia:
  - tutti i cavalletti delle pile più alte (pile P21-P22-P23-P4)
  - integralmente i fusti delle pile P20-P21-P23-P24-P25)
  - esclusa la porzione sommitale dei fusti delle pile P22-P26-P27
- Nessun intervento sulle pile P19-P28-P29-P30.





## Gli interventi – Applicativo 4: Riparazione (e rinforzo) locale impalcato (e 4C: Cordoli e barriere)

- Pulizia interno cassoni;
- Soletta: riparazione intradosso, chiusura aperture, rinforzo estradosso, impermeabilizzazione e pavimentazione;
- Traversi di campata: riparazioni e rinforzi;
- Traversi su pila: riparazioni e rinforzi;
- Controsoletta: apertura botole, riparazione lesioni, ripristini e rinforzi;
- Anime cassoni: riparazioni e ripristini superficiali;
- Rifacimento cordoli e installazione barriere;
- Sistema smaltimento acque.



*Rinforzo soletta*



## Riparazioni e rinforzo traversi in campata e su pila



*Difetto traverso di campata*



*Rinforzo trasverso di campata*



*Rinforzo trasversi di campata*



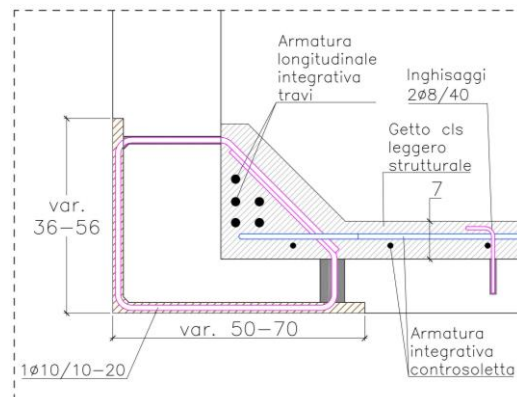
*Rinforzo trasversi su pila*



## Rinforzo controsoletta per tutto l'impalcato - Creazione degli accessi per tutte le cellule dei cassoni



*Rinforzo controsoletta all'interno cassoni*



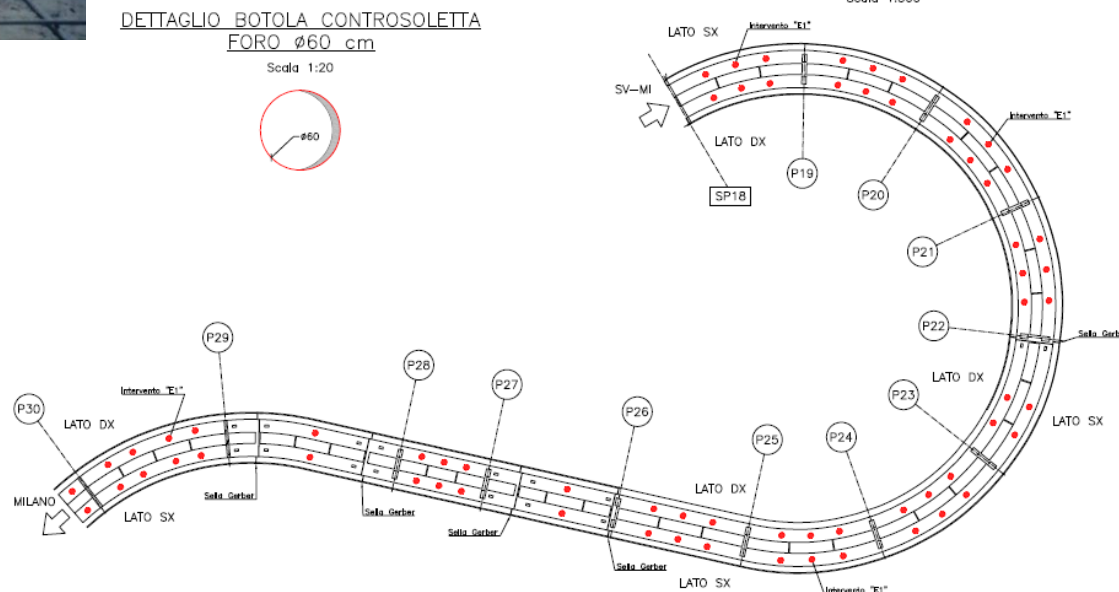
Rinforzo controsoletta per flessione e torsione.

Realizzazione di n. 66 aperture per rendere ispezionabili tutte le cellule.

DETTAGLIO BOTOLA CONTROSOLETTA  
FORO Ø60 cm  
Scala 1:20



PIANTA INTRADOSSO — DISPOSIZIONE BOTOLE  
Scala 1:500



*Aperture in controsoletta*



*Vista dal basso PRE-intervento*



*Vista dal basso POST-intervento*



## Rinforzo controsoletta per tutto l'impalcato - Creazione degli accessi per tutte le cellule dei cassoni





## Rinforzo controsoletta e riparazione anime cassoni



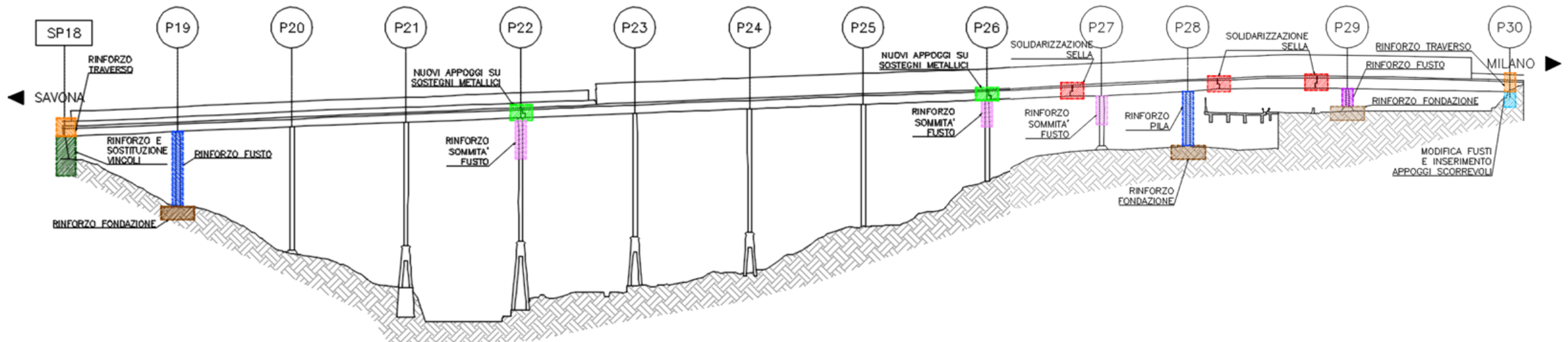
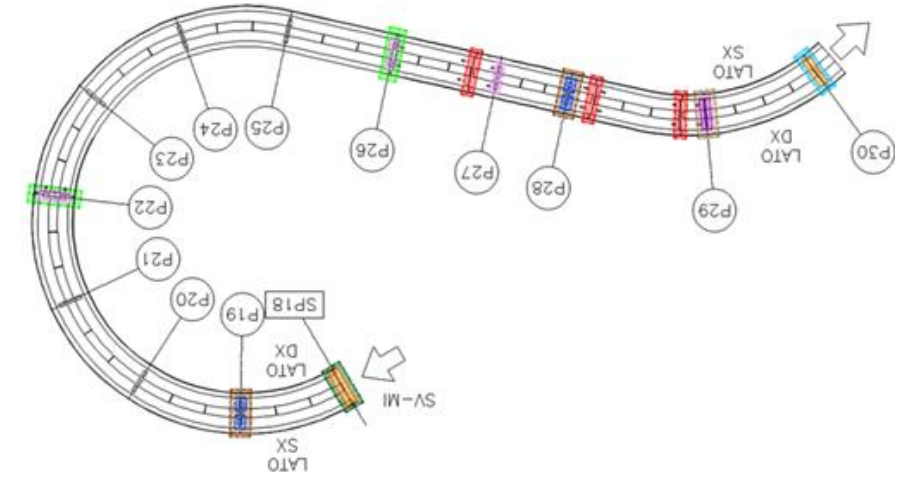


## Rifacimento cordoli, installazione barriere, impermeabilizzazione, smaltimento acque



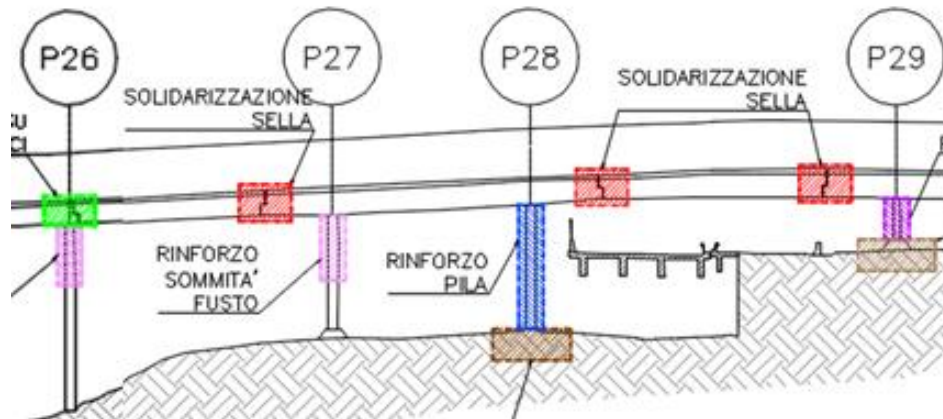
## Gli interventi – Applicativo 5: Interventi di adeguamento

- Solidarizzazione integrale selle Gerber in prossimità pile P27, P28 e P29;
- Defunzionalizzazione selle Gerber su pile P22-P26 con inserimento nuovi appoggi e rinforzo sommità fusti pile;
- Eliminazione «punto fisso» su spalla SP18 e pila P30 con inserimento nuovi appoggi, rinforzo traversi e interventi su spalla SP18 e pila P30;
- Rinforzo fusti e fondazioni pile P19, P28 e P29;
- Realizzazione paratia a tergo della pila P30.

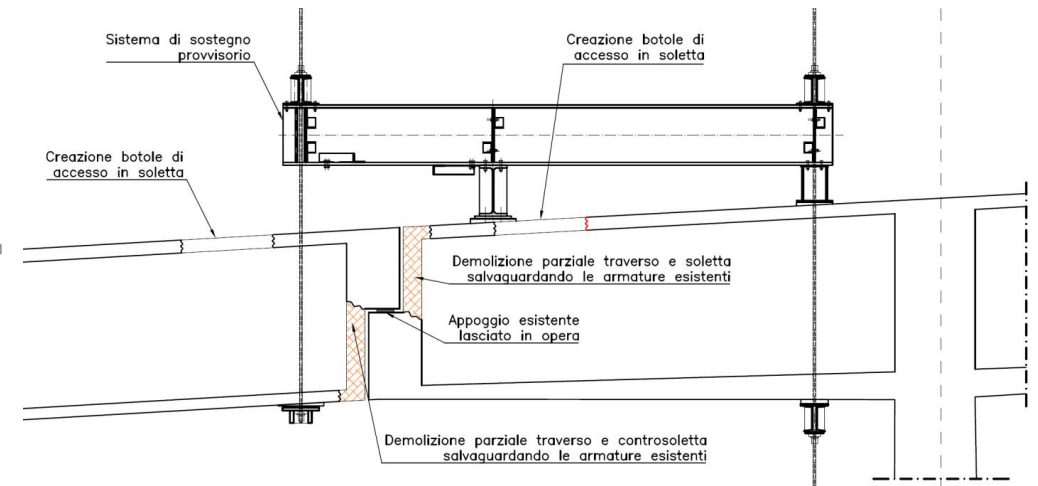
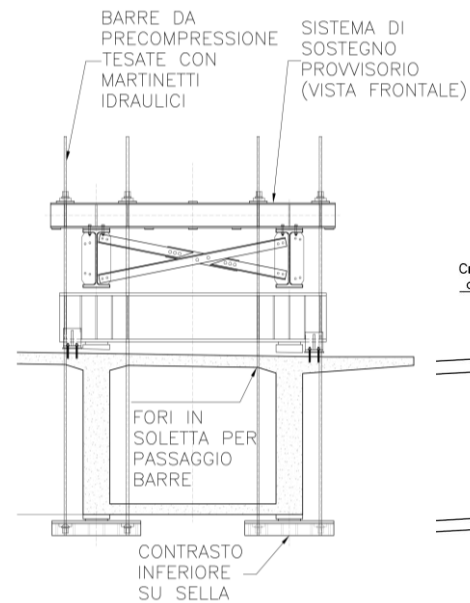




## Solidarizzazione integrale selle Gerber Pile P27, P28 e P29



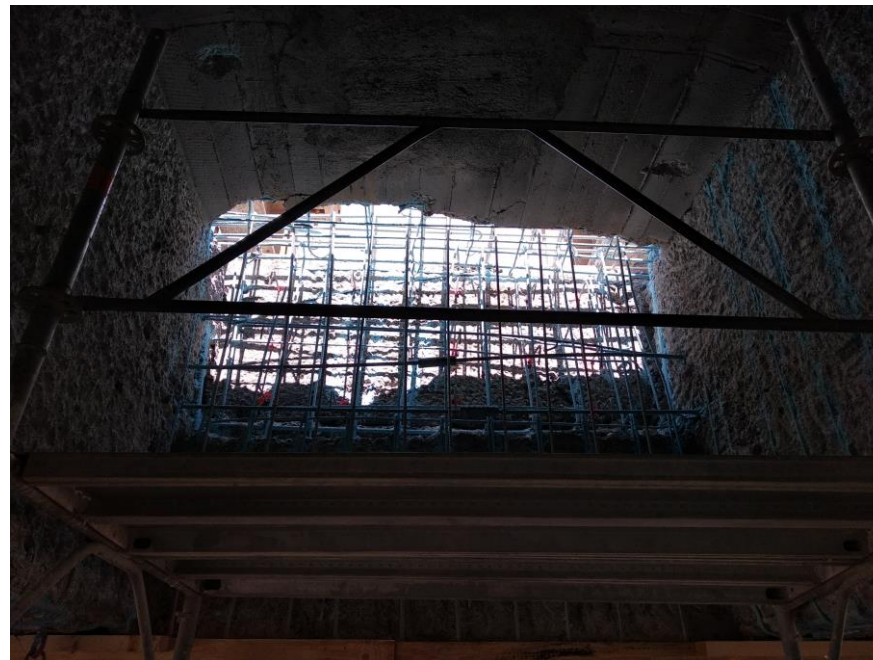
*Solidarizzazione selle P28 e P28 sopra sede autostradale in esercizio*



*Sistema di sostegno provvisorio campata tampone P27, P28 e P 29 (e P22 , P26)*

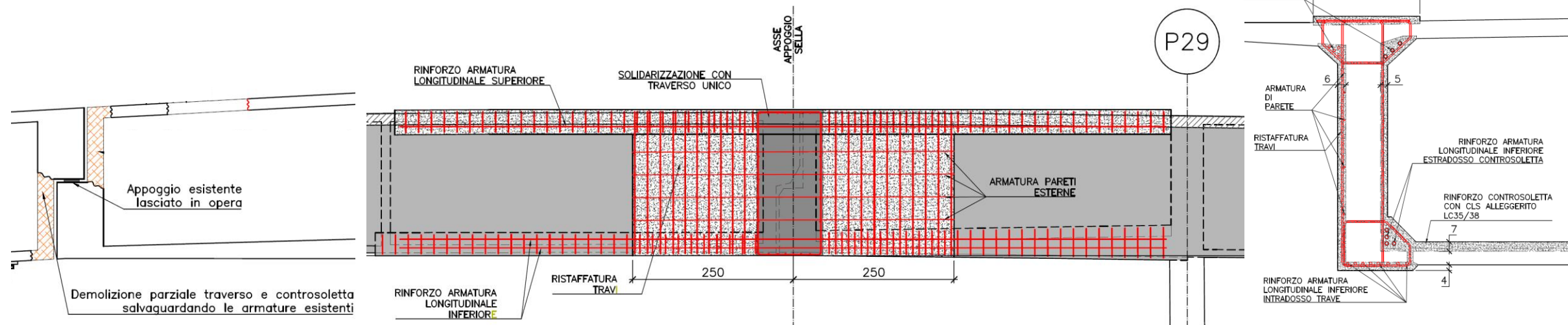


## Solidarizzazione integrale selle Gerber Pile P27, P28 e P29





## Solidarizzazione integrale selle Gerber Pile P27, P28 e P29



*Campata P28-P29 ante intervento*



*Campata P28-P29 a fine intervento*



## Defunzionalizzazione selle Gerber su pile P22 P26 con inserimento nuovi appoggi e continuità nel piano orizzontale



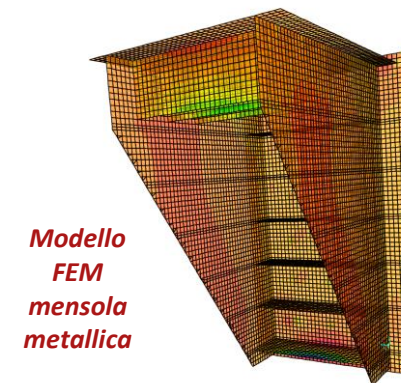
**Sella Gerber PRE-intervento**



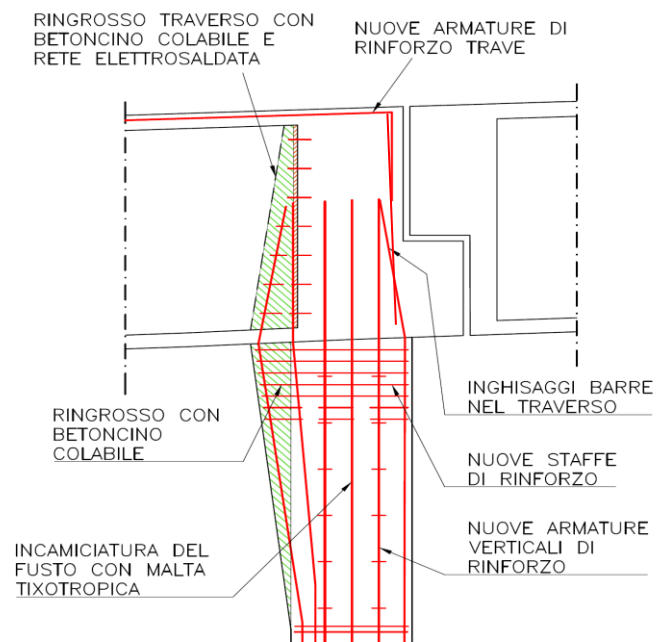
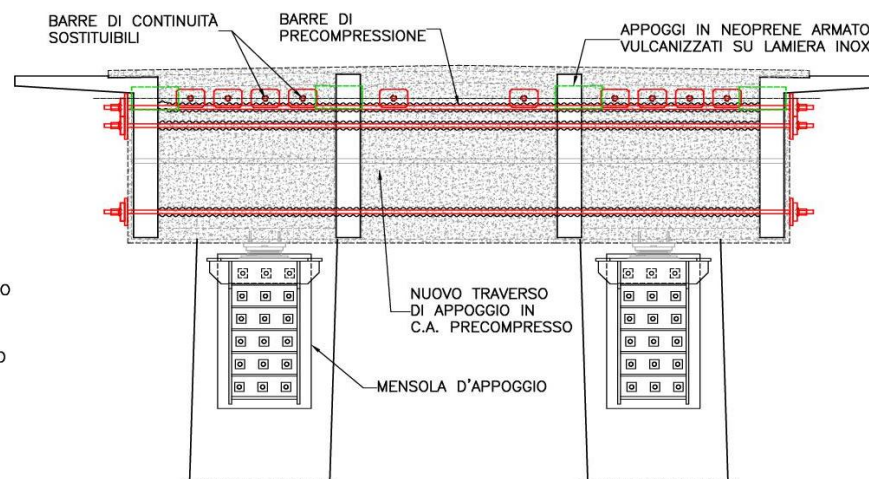
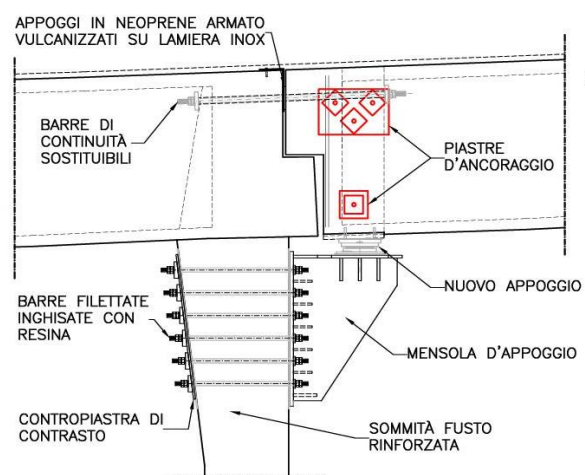
**Appoggio POST-intervento su mensole metalliche**



**Rinforzo sommità fusto pila**

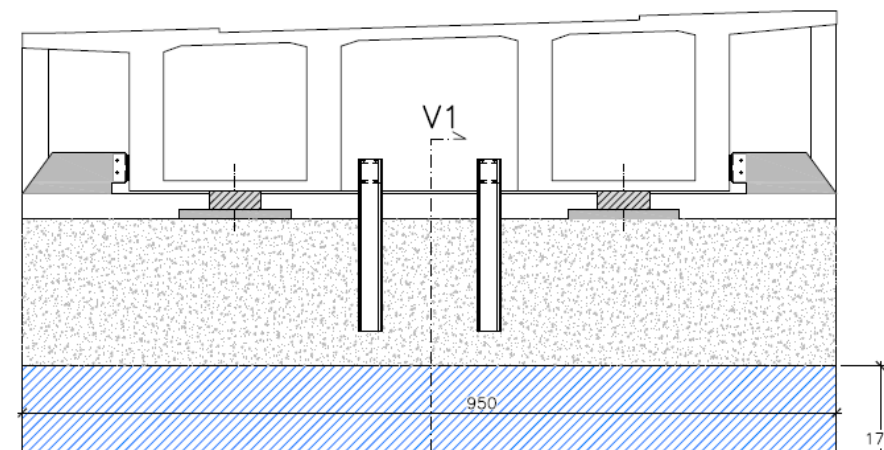


**Modello  
FEM  
mensola  
metallica**





## Eliminazione «punto fisso» su spalla SP18 e pila P30 con inserimento nuovi appoggi

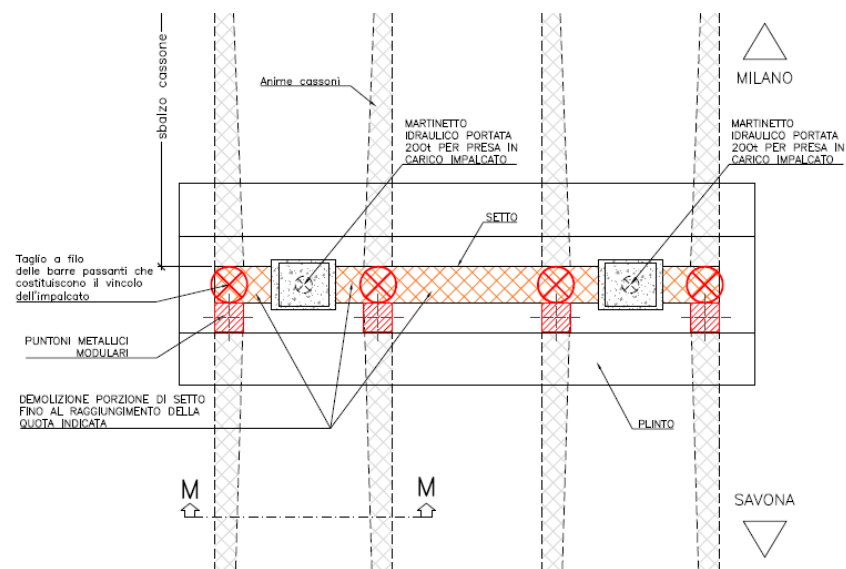
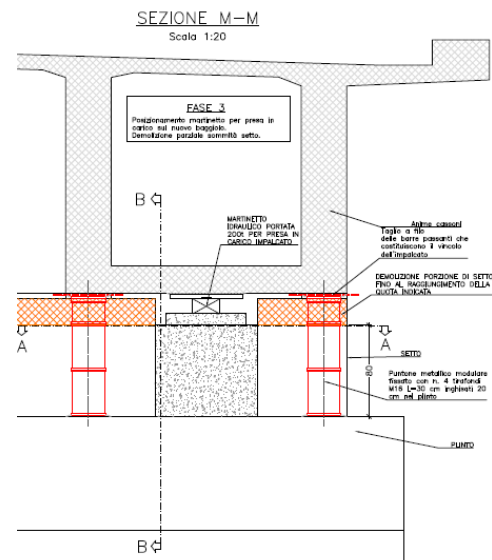




## Eliminazione «punto fisso» su spalla SP18 e pila P30 con inserimento nuovi appoggi

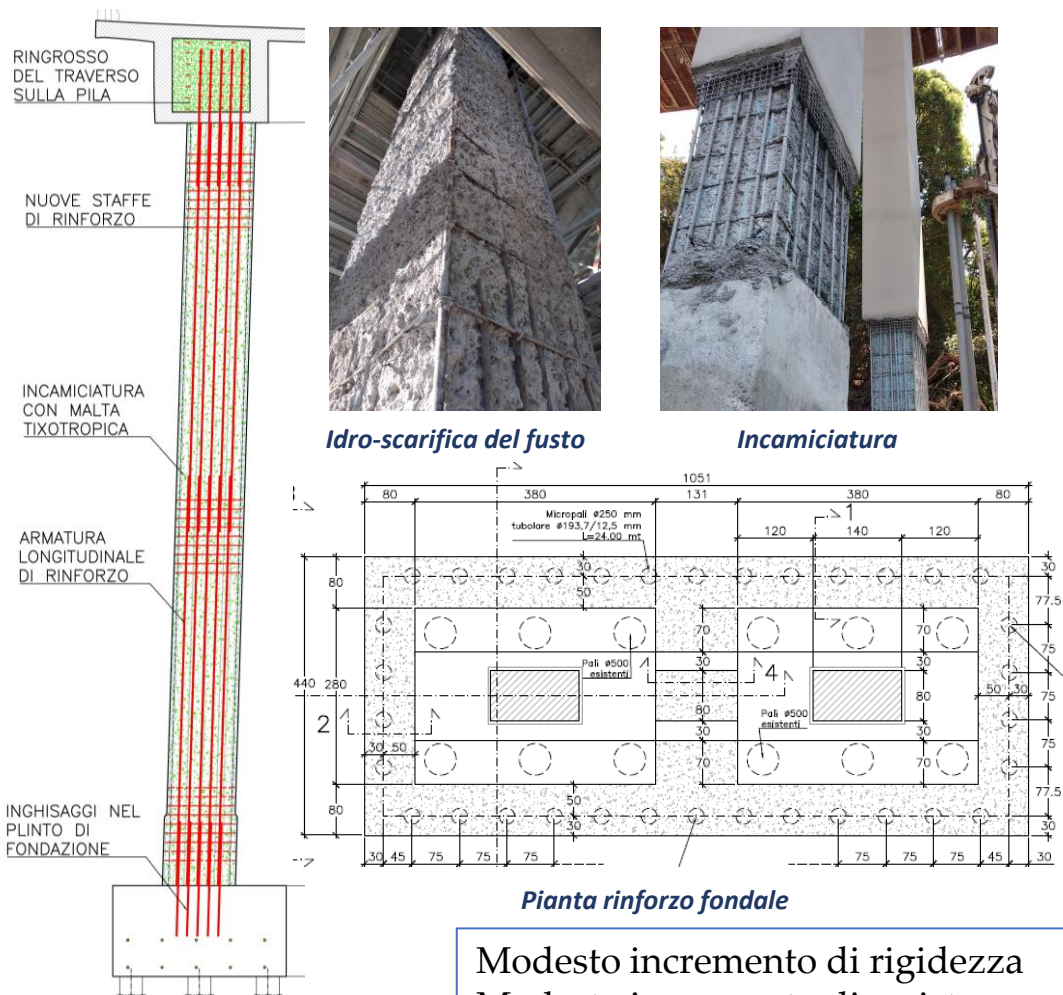


**TAGLIO SOMMITÀ PILA P30  
E INSERIMENTO NUOVI  
APPOGGI SCORREVOLI**





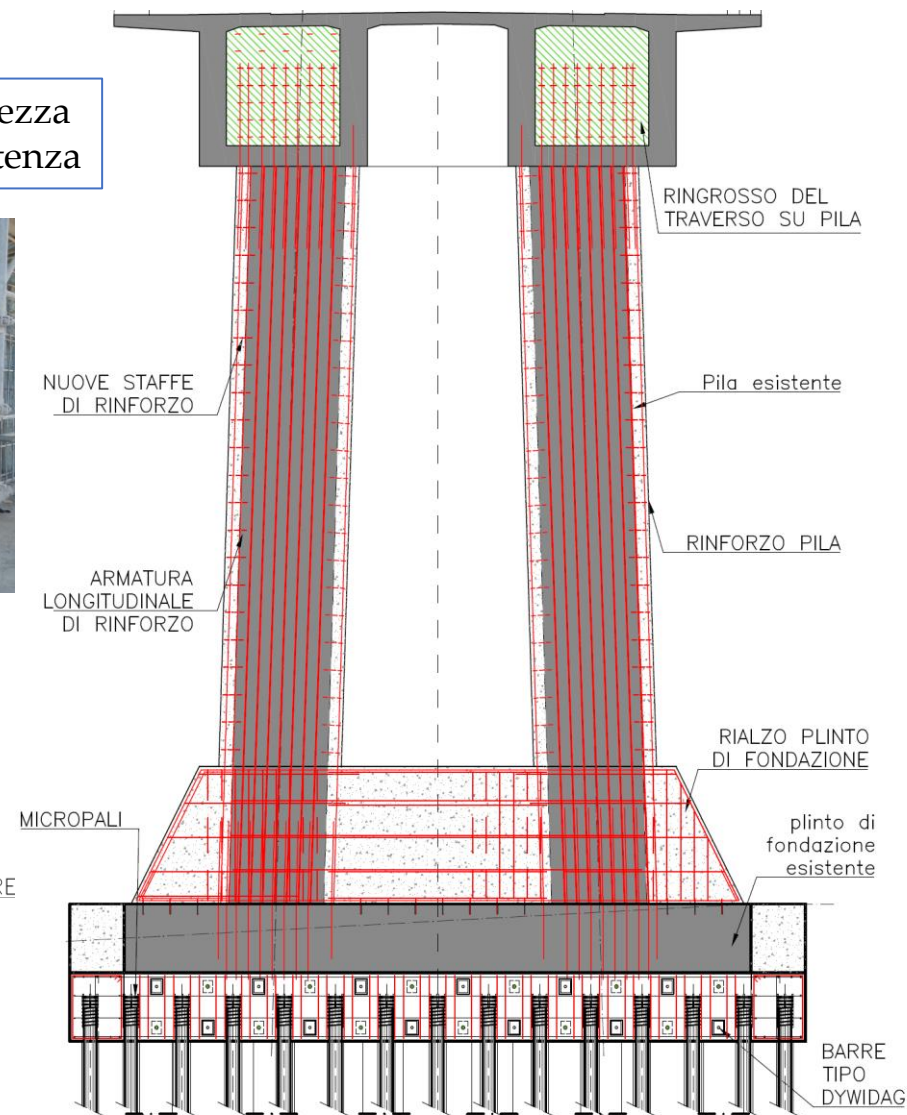
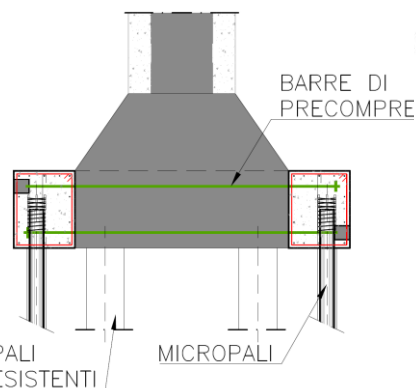
## Rinforzo fusti e fondazioni pile P19 e P28



← **PILA P19**

**PILA P28**

Elevato incremento di rigidezza  
Elevato incremento di resistenza





## Rinforzo fusto e fondazioni pila P29



*Palificata di micropali*



*Ampiamento fondazione*



*Rinforzo fusto*

**PILA P29**

Modesto incremento di rigidezza  
Elevato incremento di resistenza

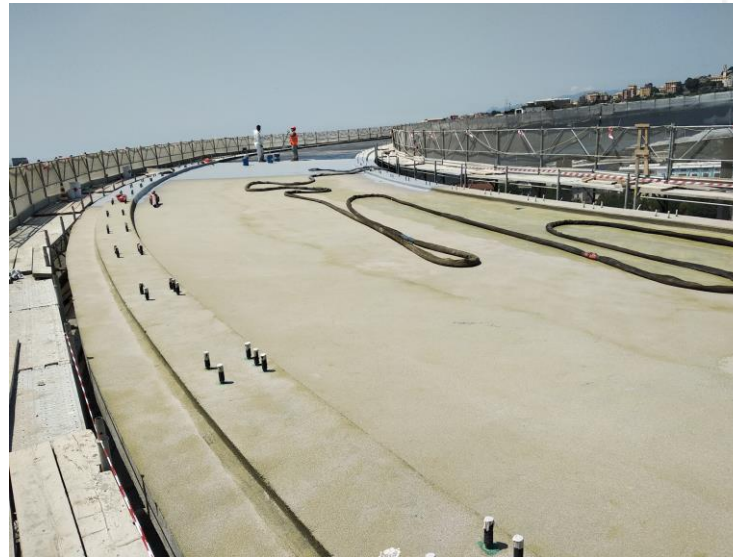


## Paratia a tergo della pila P30



## I provvedimenti per la manutenibilità e durabilità

- Eliminazione di vani interclusi non ispezionabili;
- Rifacimento e razionalizzazione del sistema di allontanamento delle acque di piattaforma;
- Nuova impermeabilizzazione dell'impalcato;
- Applicazione di un protettivo su tutte le superfici in c.a. fuoriterza esposte;
- Uso di armature zincate per tutti gli interventi in elevazione;
- Drastica riduzione del numero di dispositivi di appoggio (da 24 a 8), tutti resi completamente ispezionabili e sostituibili;
- Barre di continuità longitudinale (P22 e P26) ispezionabili e sostituibili.



*Impermeabilizzazione spruzzata continua*



*Applicazione del protettivo*



## Durata dei lavori

Le attività di indagine sono state condotte tra Luglio e Ottobre 2019. Parallelamente sono state condotte le Verifiche di Sicurezza aggiornandole in tempo reale con i risultati che pervenivano dalle indagini.

Le prime attività in cantiere sono iniziate a Dicembre 2019.

I lavori strutturali di maggior rilievo sono iniziati ad Aprile 2020 e sono stati ultimati il 25/07/2020.

Il 26-27 Luglio sono state condotte le prove di carico per il collaudo statico e il 02/08/2020 è stato emesso il certificato di collaudo. Il giorno precedente all'apertura del ponte San Giorgio. I lavori sono durati circa 6 mesi senza alcun incidente in cantiere.



*Prove di carico per collaudo statico a fine interventi*



*Vista intradosso da base pila P22*