

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.

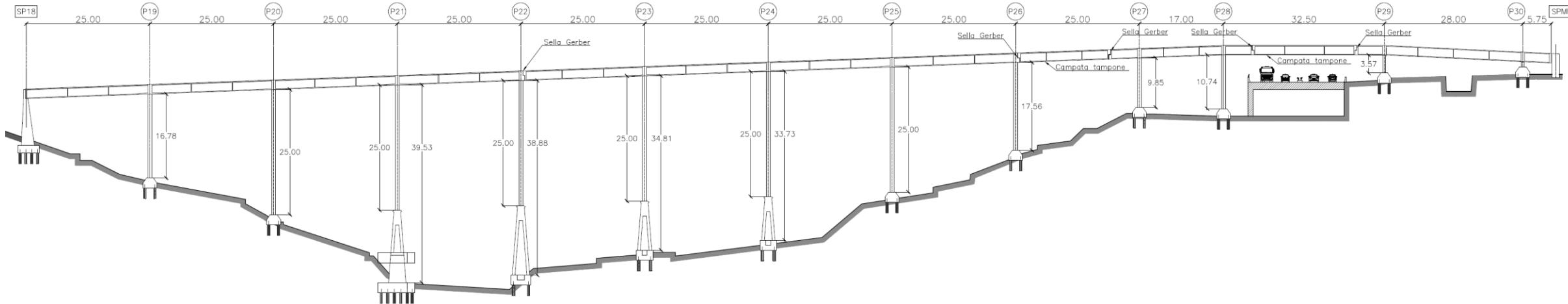
L'incarico ricevuto ha quindi riguardato:

- 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

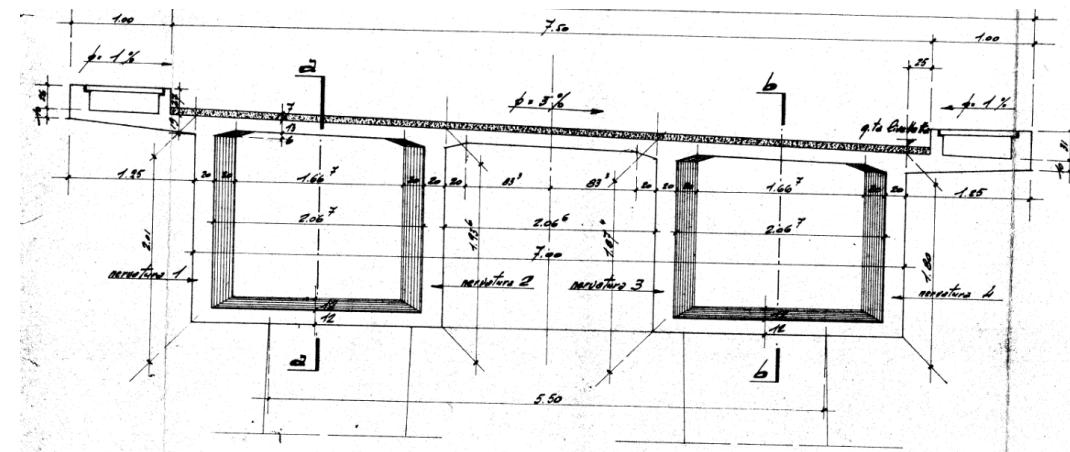
Al fine di procedere velocemente con i lavori contestualmente con lo sviluppo del progetto, si è deciso di procedere per Applicativi successivi. Complessivamente sono stati sviluppati n.5 Applicativi:

- **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

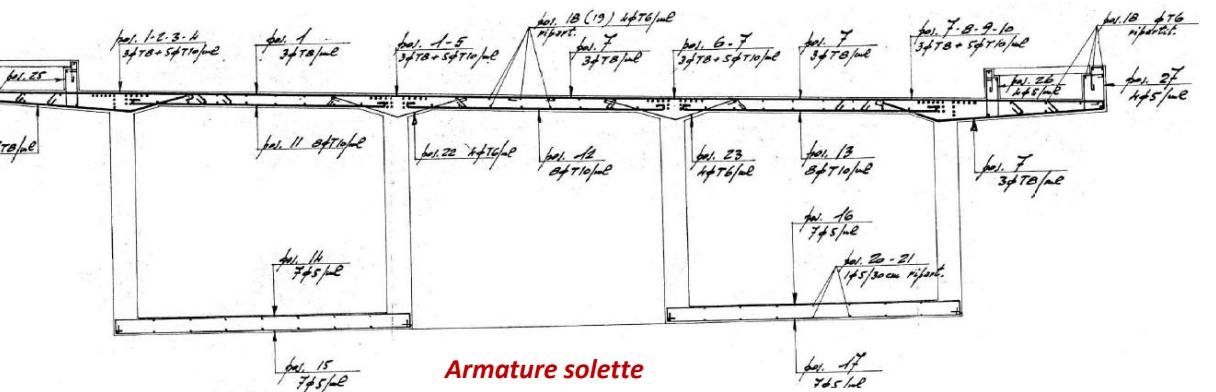
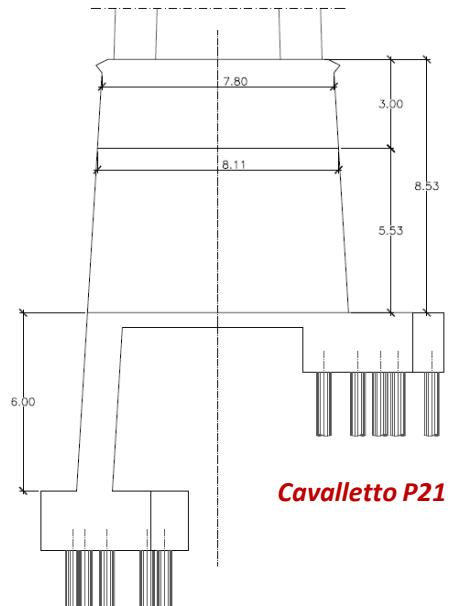
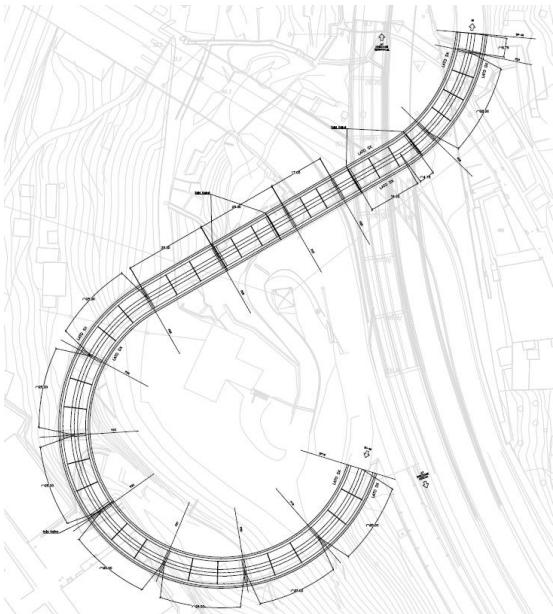


- Sezione impalcato: bicassone monocellulare in C.A.
 - Pile basse (P29 e P30): a lama con armature incrociate in sommità per collegamento a cerniera con l'impalcato
 - Pile alte (da P19 a P28): a due fusti monolitici con l'impalcato, alcune completate da cavalletti di base, altezza massima di poco meno 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 rettifilo, ultimi 44 m con curvatura opposta

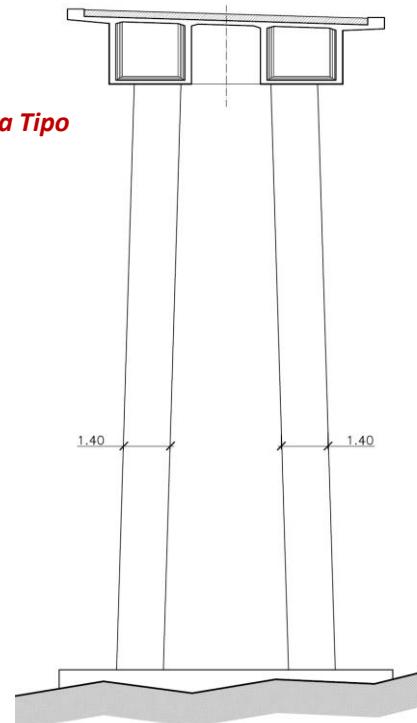


Caratteristica dell'Opera

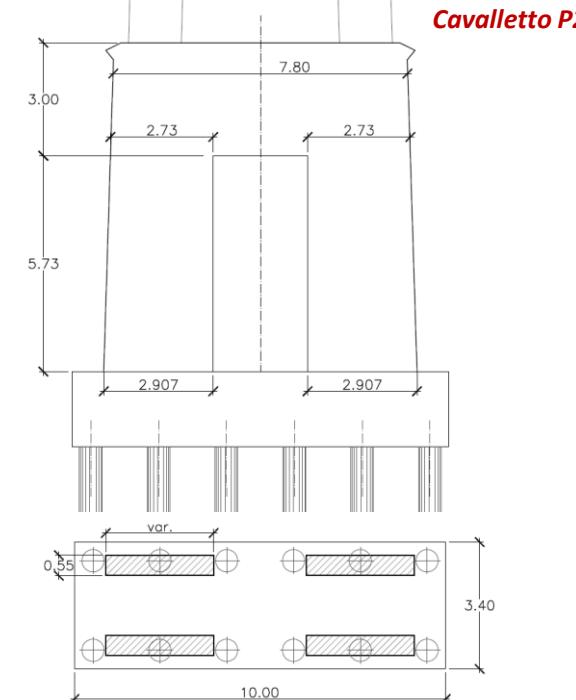
- Sezione impalcato:
 - Anime spessore variabile da 0,50 m in appoggio a 0,20 m;
 - Soletta spessore 0,13 m e controsoletta spessore 0,12 m;
 - Larghezza complessiva impalcato 9,50 m, dei quali, originariamente 7,50 m carrabili;
- I fusti delle pile alte hanno sezione 1,40 m x 0,80 m;
- I cavalletti,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



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.



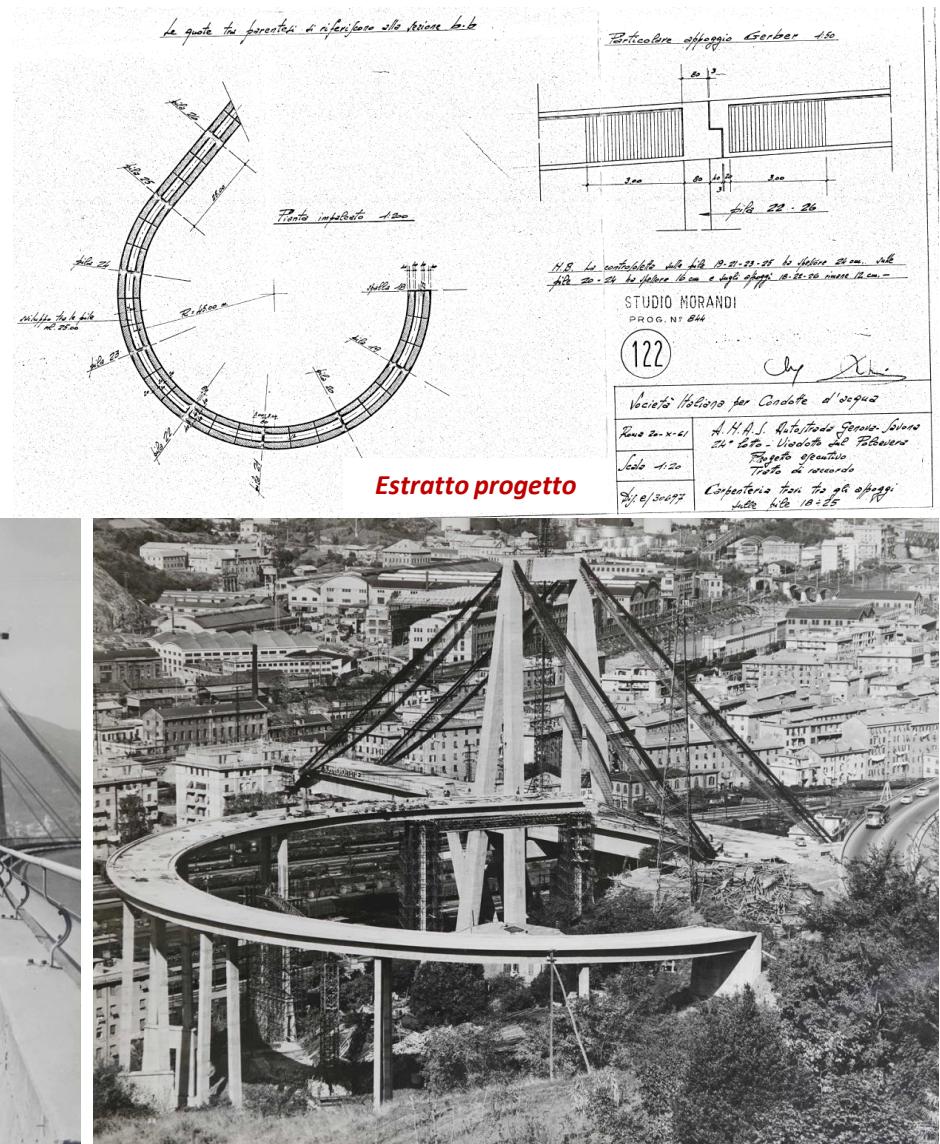
Viste panoramiche



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.

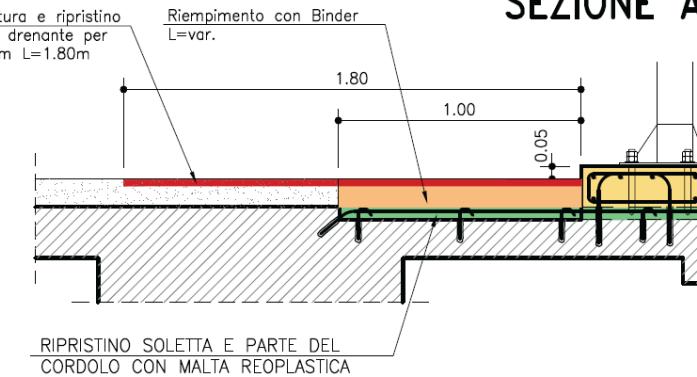
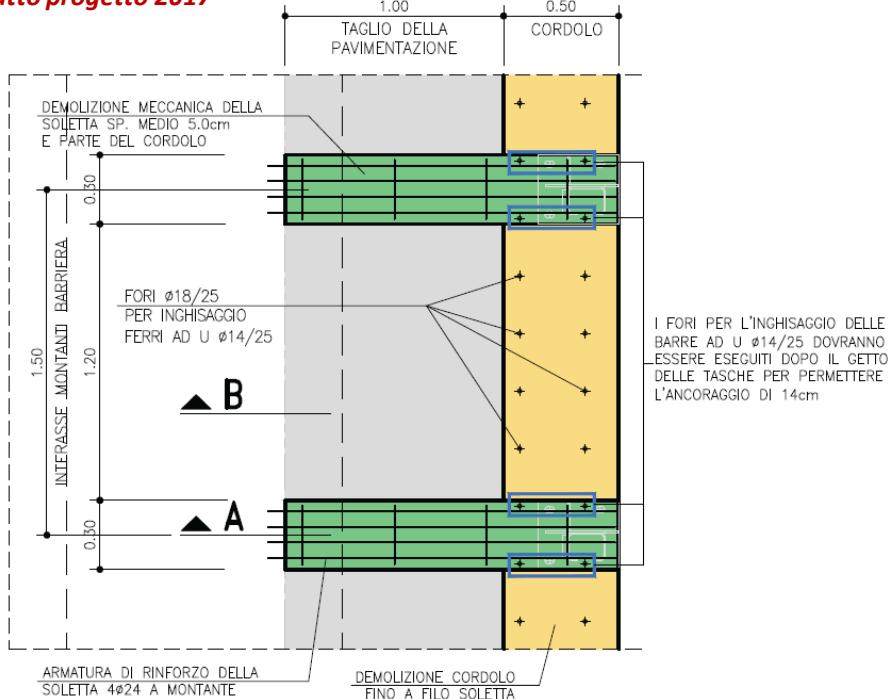


Indagini condotte e criticità emerse

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



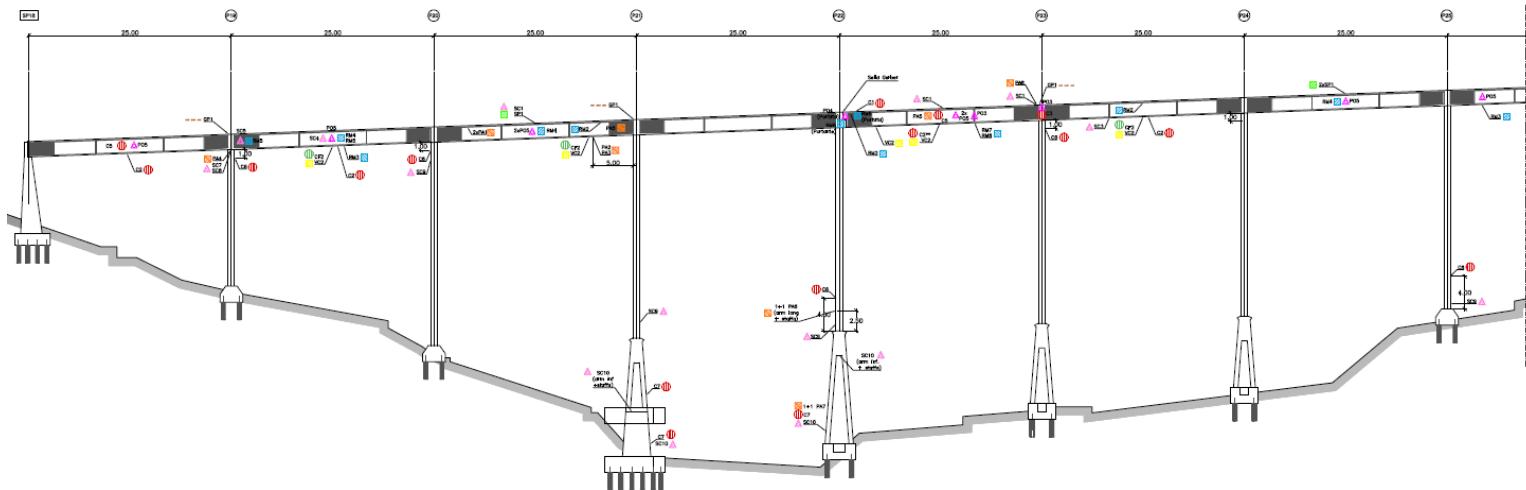
Indagini condotte e criticità emerse

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:

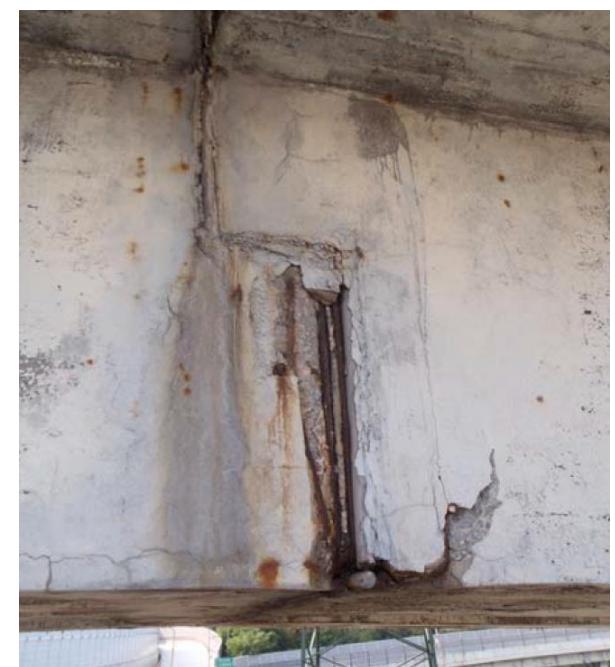
- Rilievo laser scanner e rilievo dei vincoli;
- Indagini visive ravvicinate;
- Saggi in pavimentazione e rilievo spessori;
- Carotaggi passanti in controsoletta in corrispondenza delle fessure (3);
- Indagini con microcamera nei cassoni non ispezionabili (10);
- Rilievi magnetometrici (42);
- Prove 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;

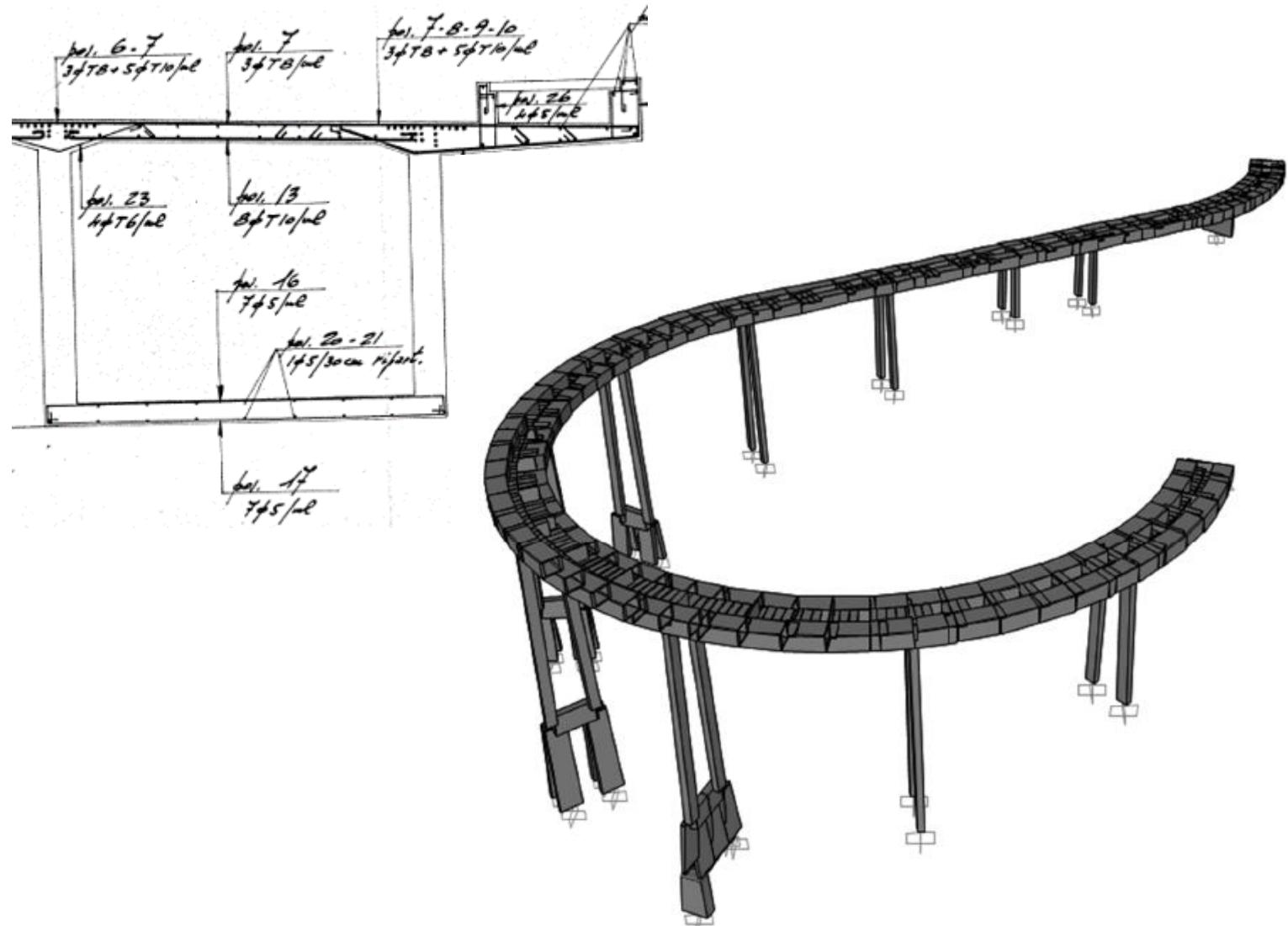


Valutazione della Sicurezza (NTC2018) e individuazione delle carenze

- 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

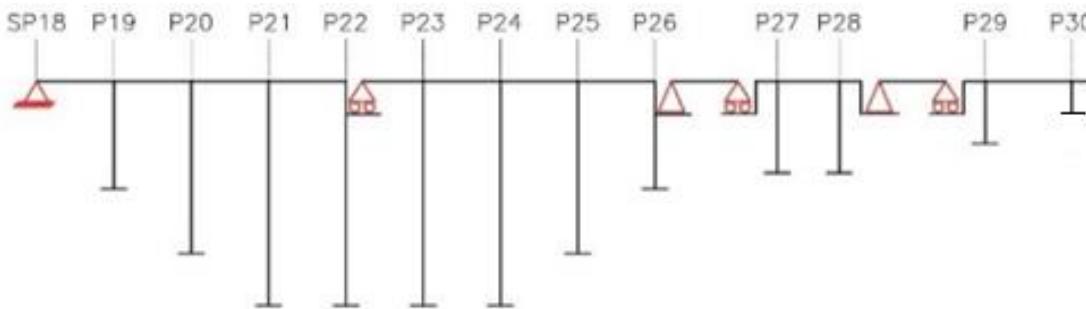
Finalità e strategia degli interventi

FINALITÀ DEGLI INTERVENTI

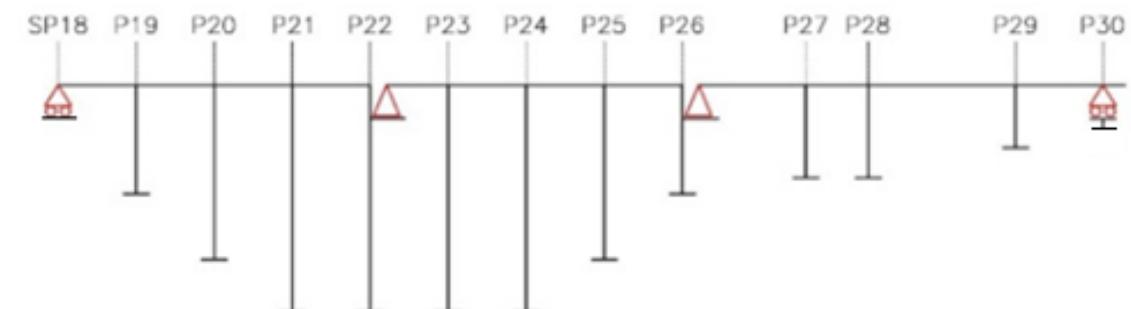
- Adeguamento alle norme vigenti (azioni sismiche e non sismiche)
- Miglioramento della durabilità e manutenibilità

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

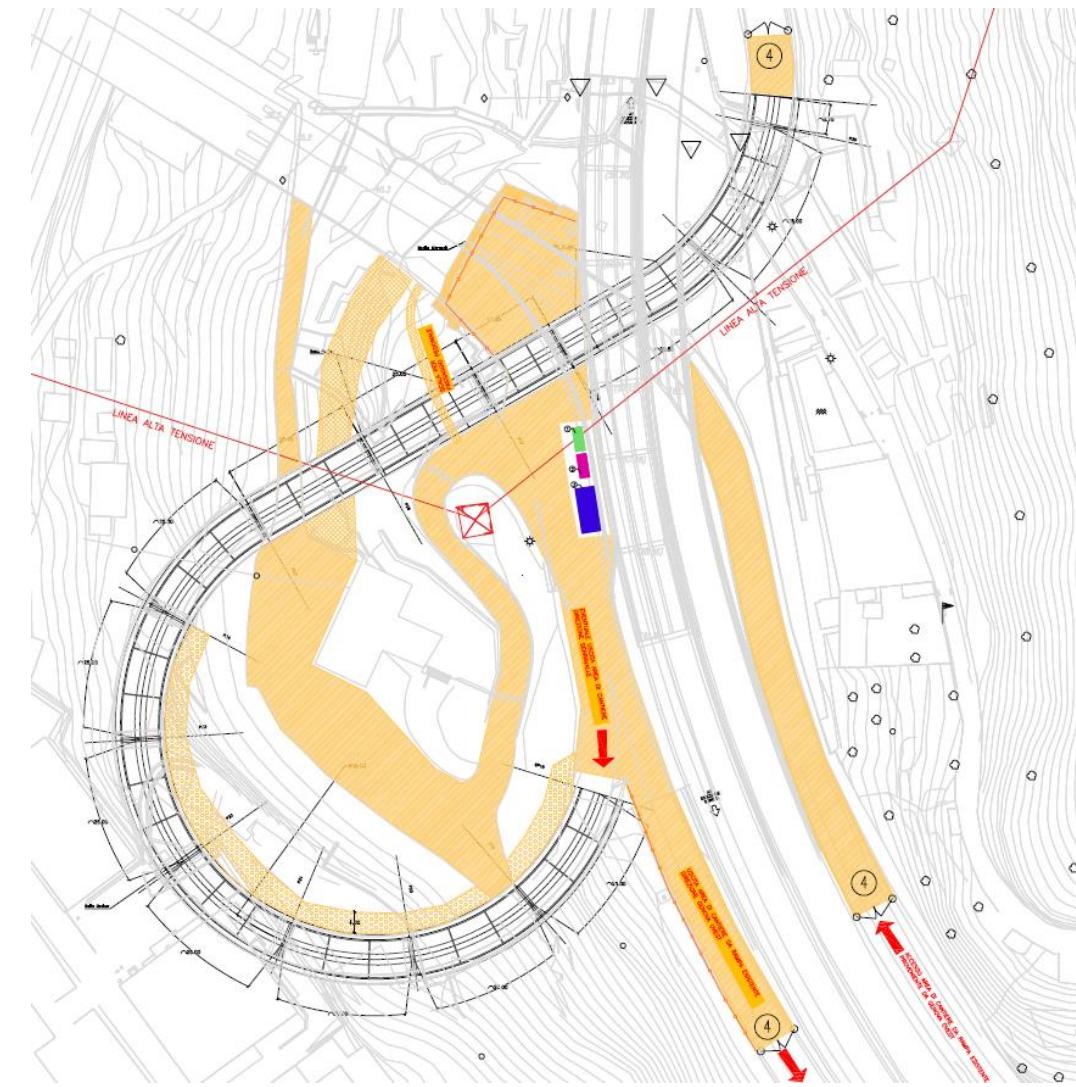
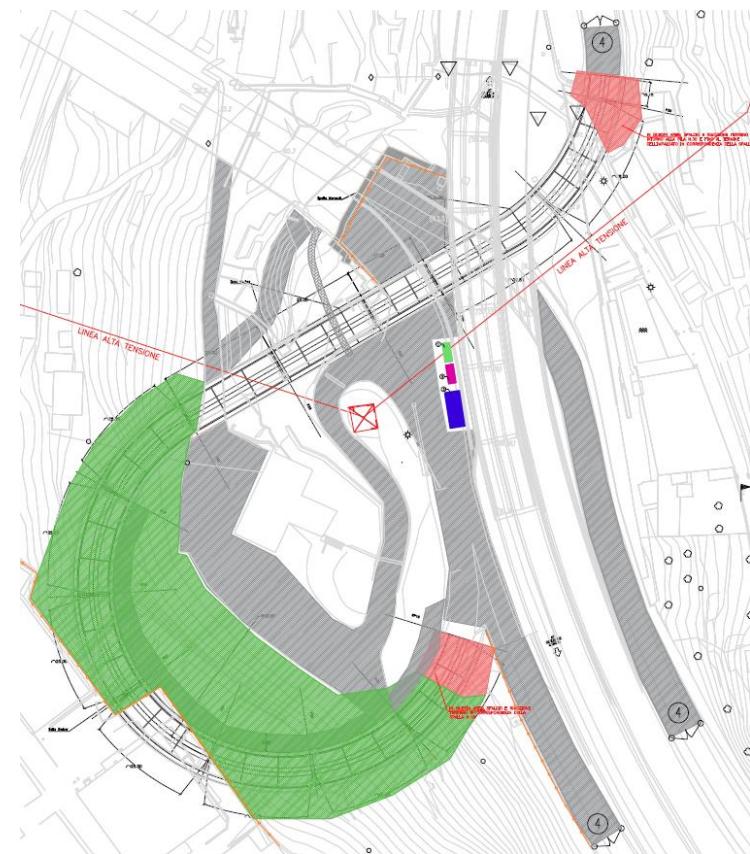
- Costruzione in classe d'uso IV
- Vita Nominale di 100 anni (richiesta del MIMS)
- Fattore di comportamento per le azioni orizzontali $q=1.5$, prudenzialmente pari al valore minimo nell'intervallo $q=1.50-3.00$ riportato al C.8.5.5.2 per le costruzioni esistenti in c.a.
- Fattore di comportamento per 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

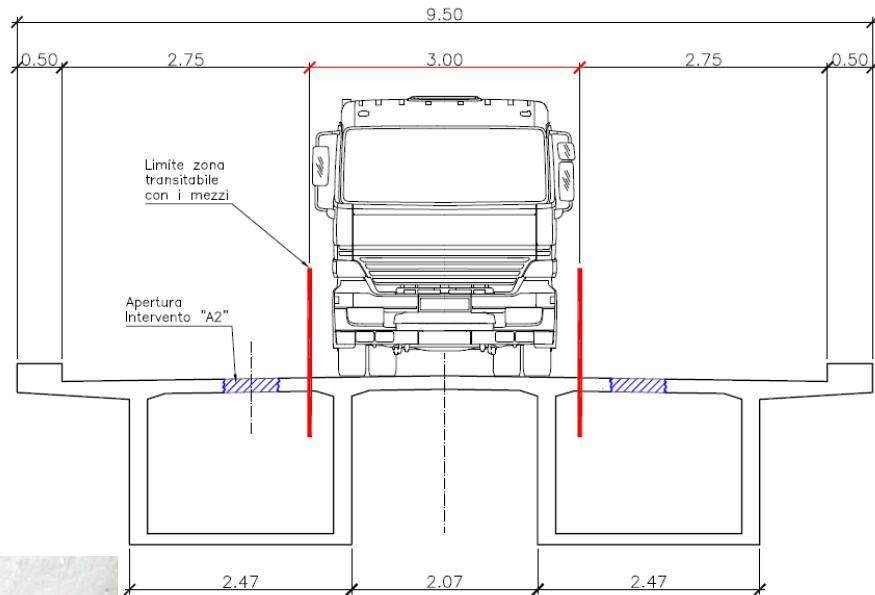
- Realizzazione e ripristino di piste di cantiere;
- Sfalci e rimozione di terreno.



Gli interventi – Applicativo 2: Opere propedeutiche

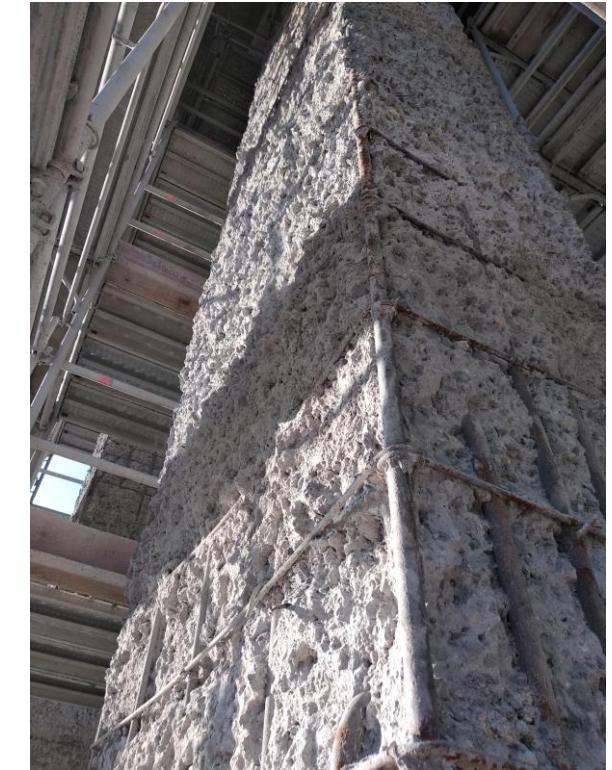
- Fresatura della pavimentazione;
- Creazione di aperture in soletta.

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.

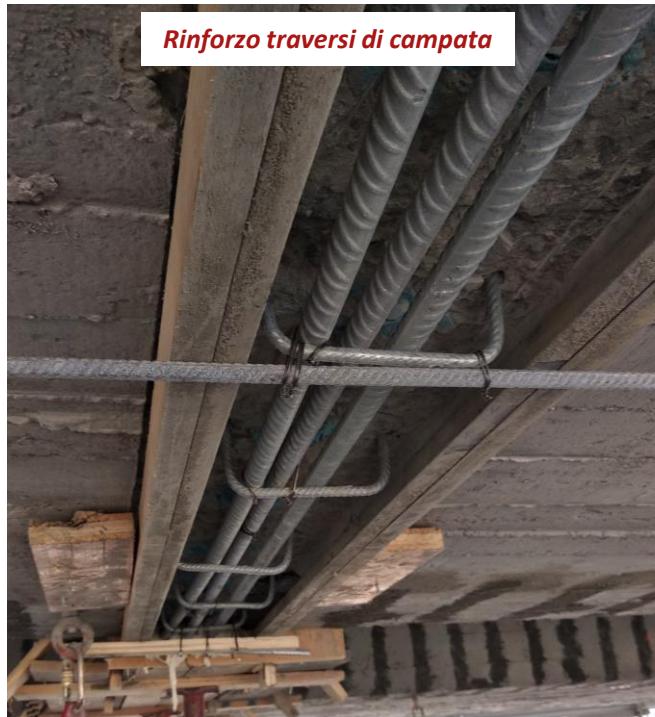


Gli interventi – Applicativo 4: Riparazione (e rinforzo) locale impalcato (e 4C: Cordoli e barriere)

- 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.



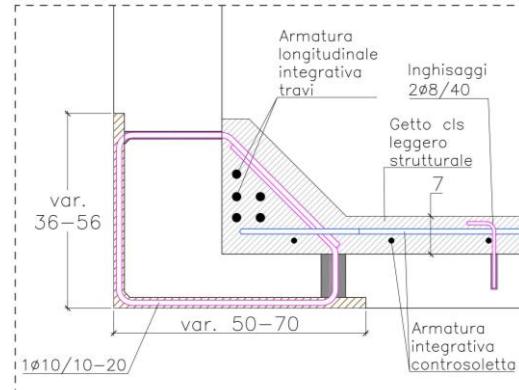
Riparazioni e rinforzo traversi in campata e su pila



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



Rinforzo controsoletta all'interno cassoni



DETALLO BOTOLA CONTROSOLETTA FORO Ø60 cm



Scala 1:20

Rinforzo controsoletta per flessione e torsione.

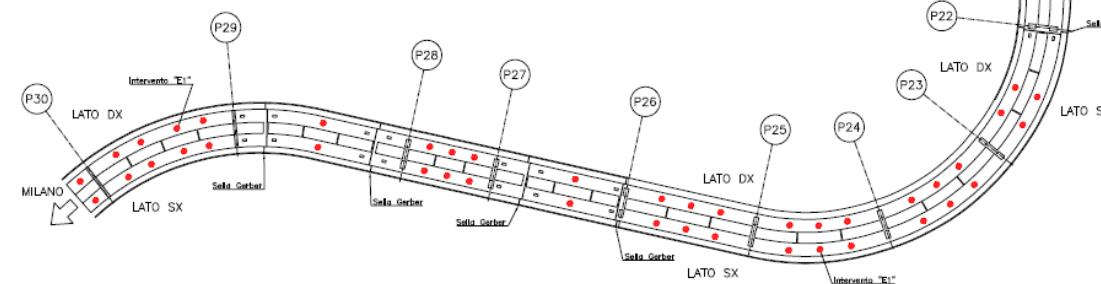
Realizzazione di n. 66 aperture per rendere ispezionabili tutte le cellule.



Vista dal basso PRE-intervento



Aperture in controsoletta



PIANTA INTRADOSSO - DISPOSIZIONE BOTOLE

Scala 1:500



Vista dal basso POST-intervento

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



Rinforzo controsolella e riparazione anime cassoni

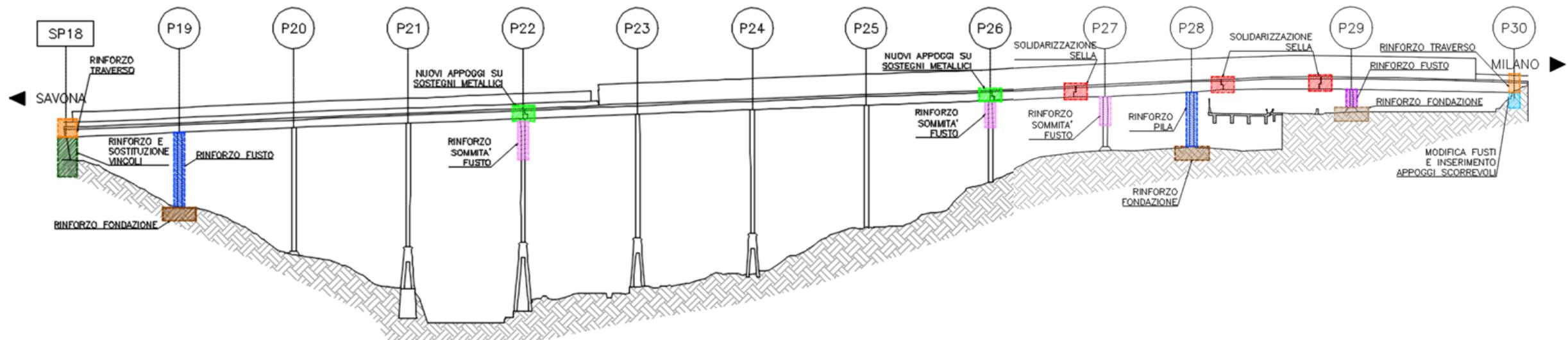
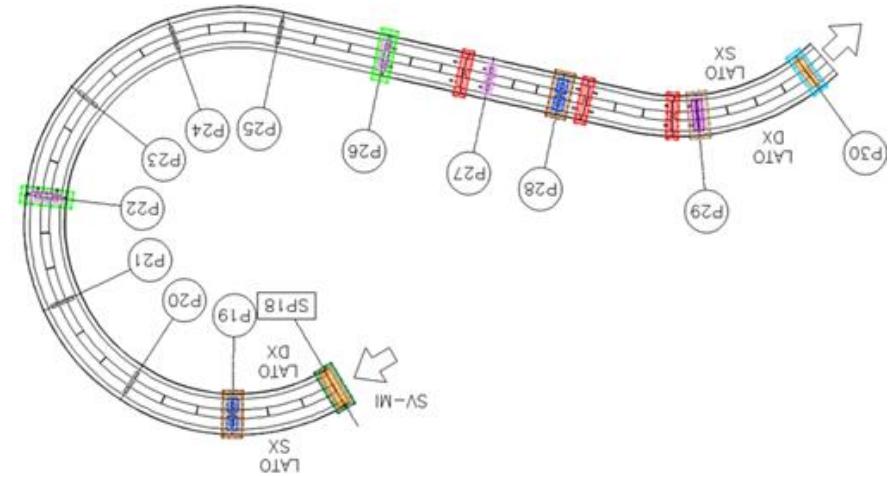


Rifacimento cordoli, installazione barriere, impermeabilizzazione, smaltimento acque

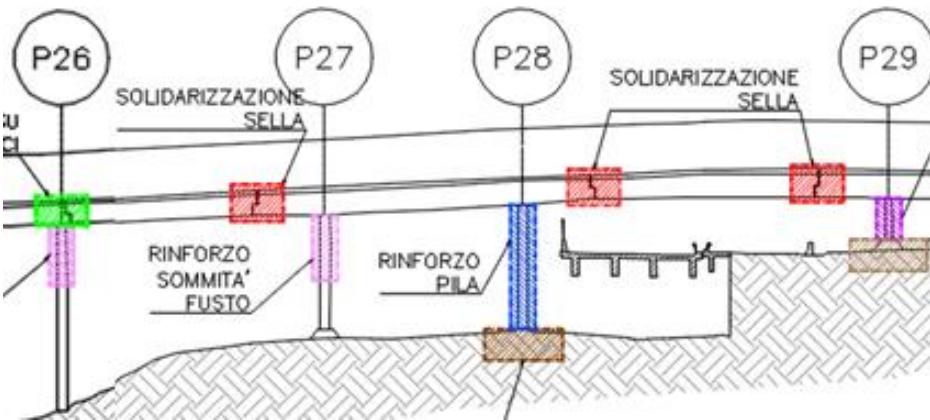


Gli interventi – Applicativo 5: Interventi di adeguamento

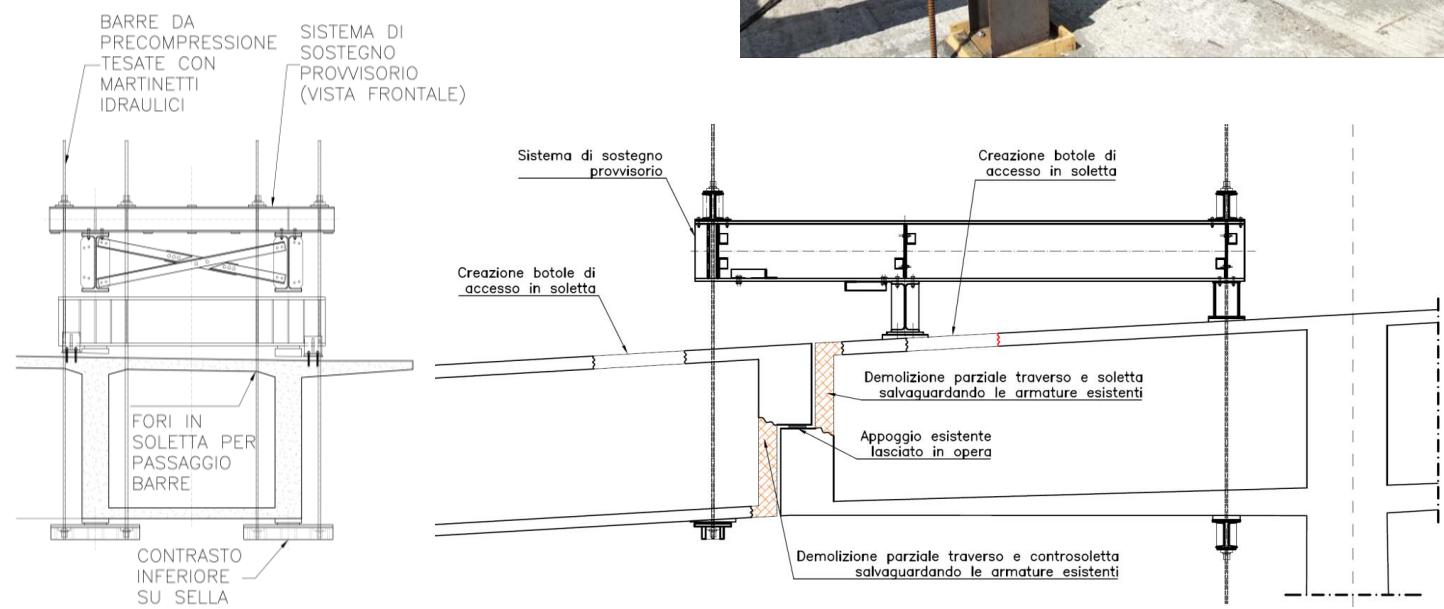
- Solidarizzazione integrale selle Gerber in prossimità pile P27, P28 e P29;
- Defunzionalizzazione selle Gerber su pile P22-P26 con inserimento nuovi appoggi e rinforzo sommità fusti pile;
- Eliminazione «punto fisso» su spalla SP18 e pila P30 con inserimento nuovi appoggi, rinforzo traversi e interventi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



Solidarizzazione integrale delle Gerber Pile P27, P28 e P29

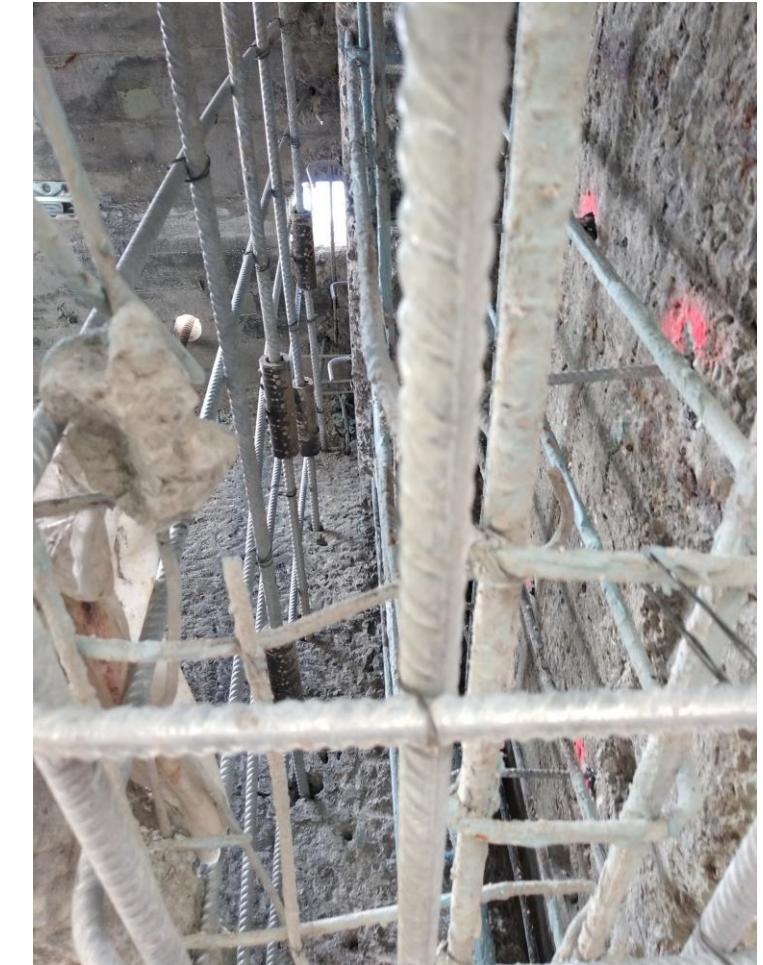
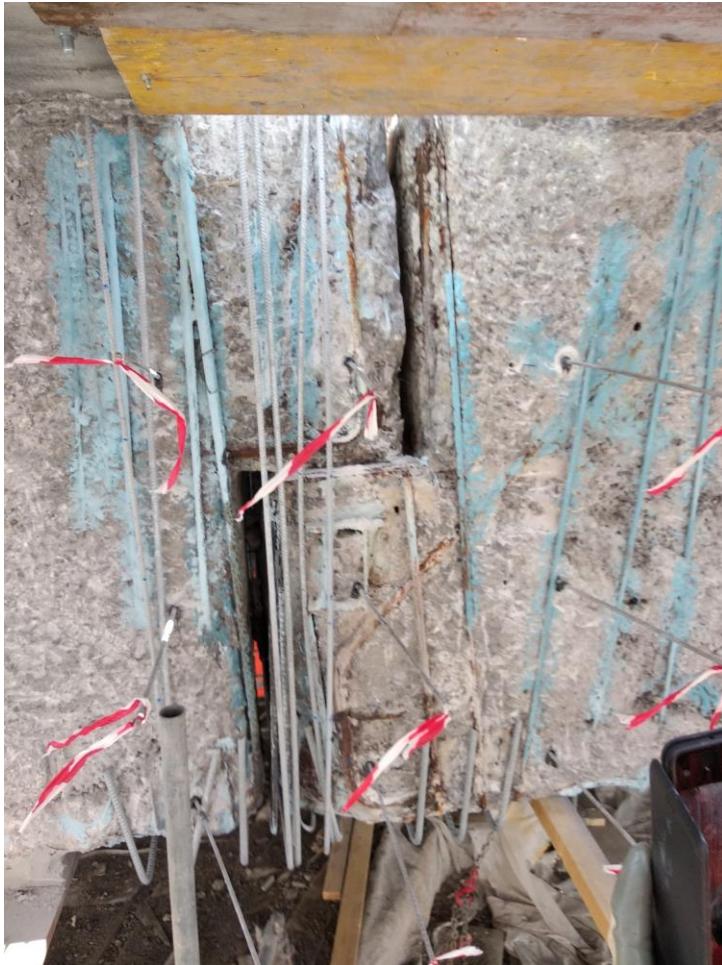


Solidarizzazione delle P28 e P28 sopra sede autostradale in esercizio

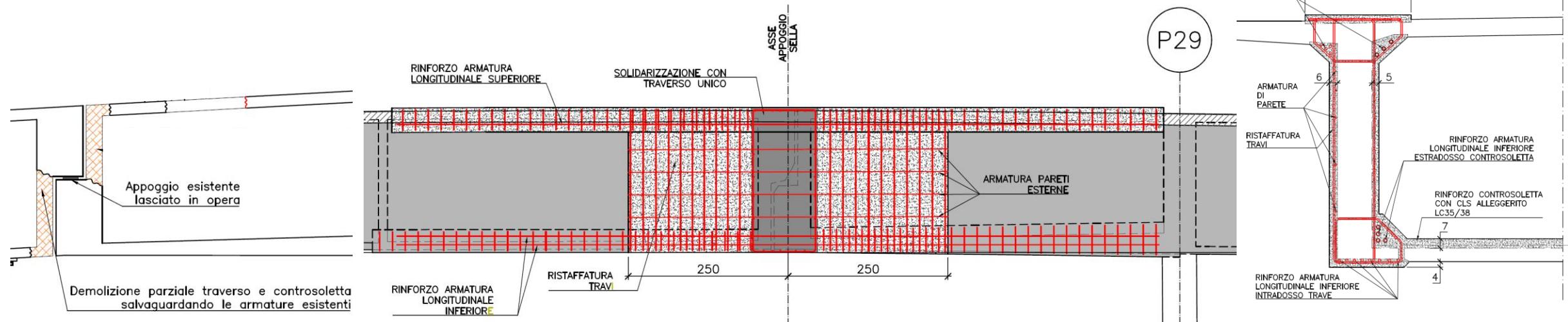


Sistema di sostegno provvisorio campata tamponi P27, P28 e P 29 (e P22, P26)

Solidarizzazione integrale delle Gerber Pile P27, P28 e P29



Solidarizzazione integrale delle Gerber Pile P27, P28 e P29



Campata P28-P29 ante intervento



Campata P28-P29 a fine intervento

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



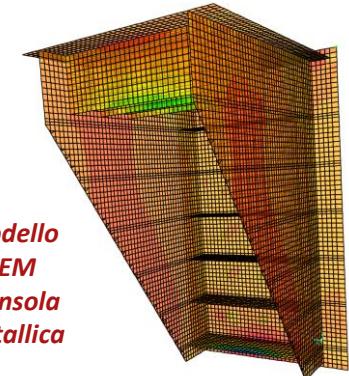
Sella Gerber PRE-intervento



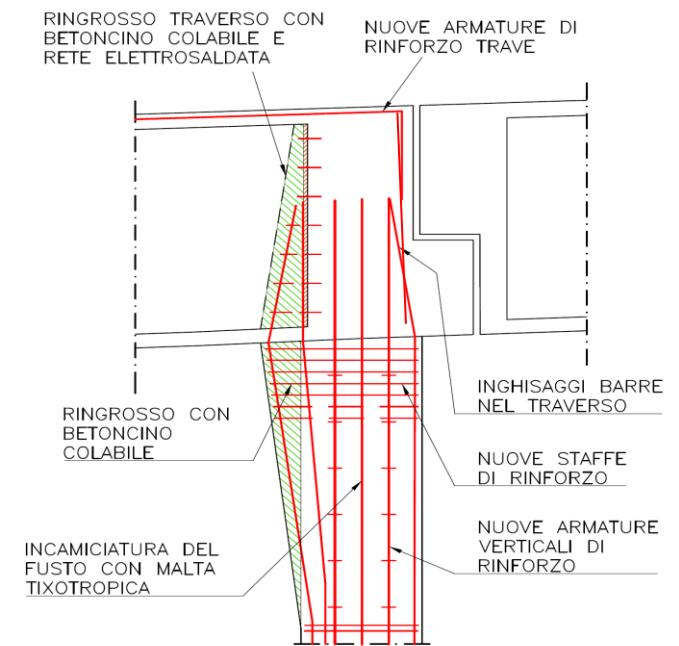
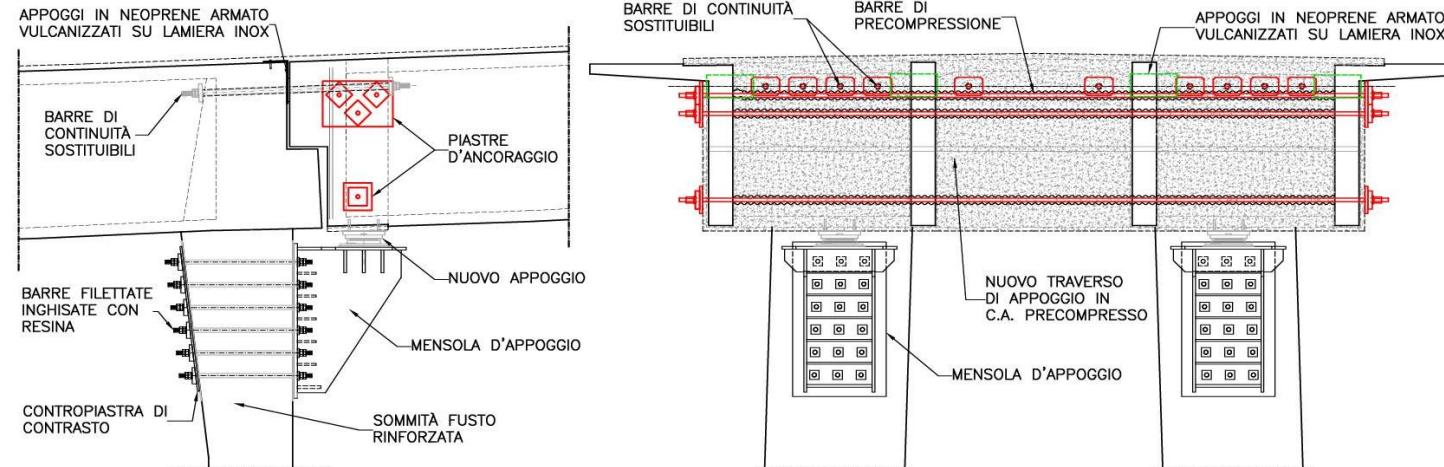
Appoggio POST-intervento su mensole metalliche



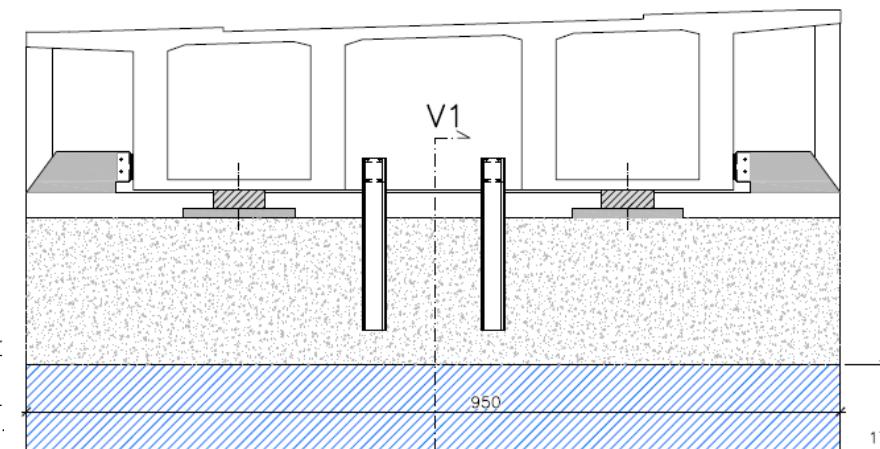
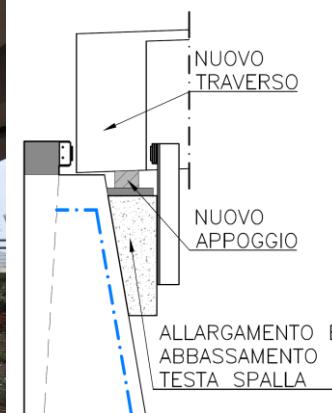
Rinforzo sommità fusto pila



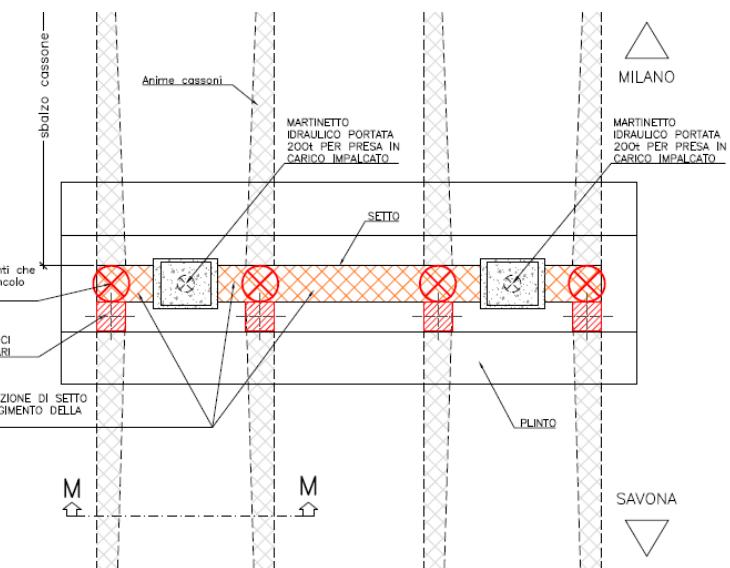
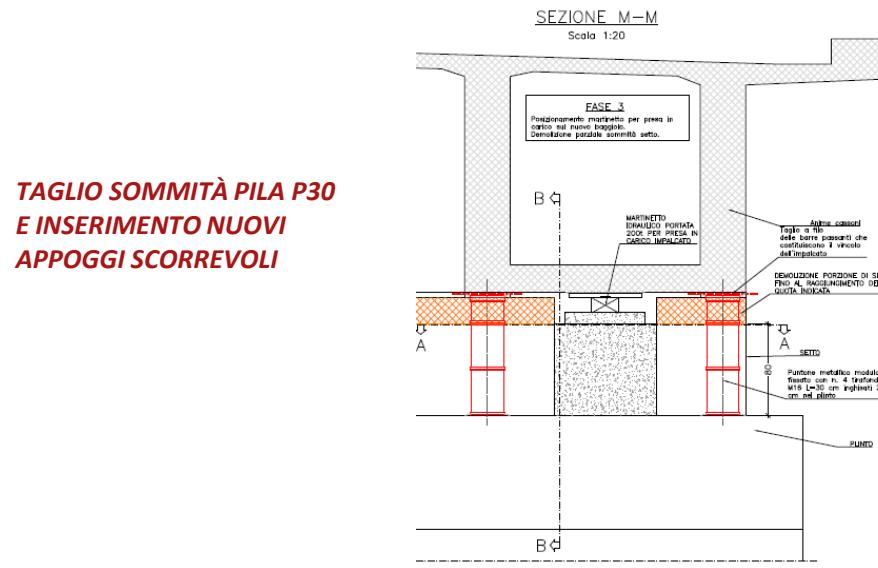
Modello FEM mensola metallica



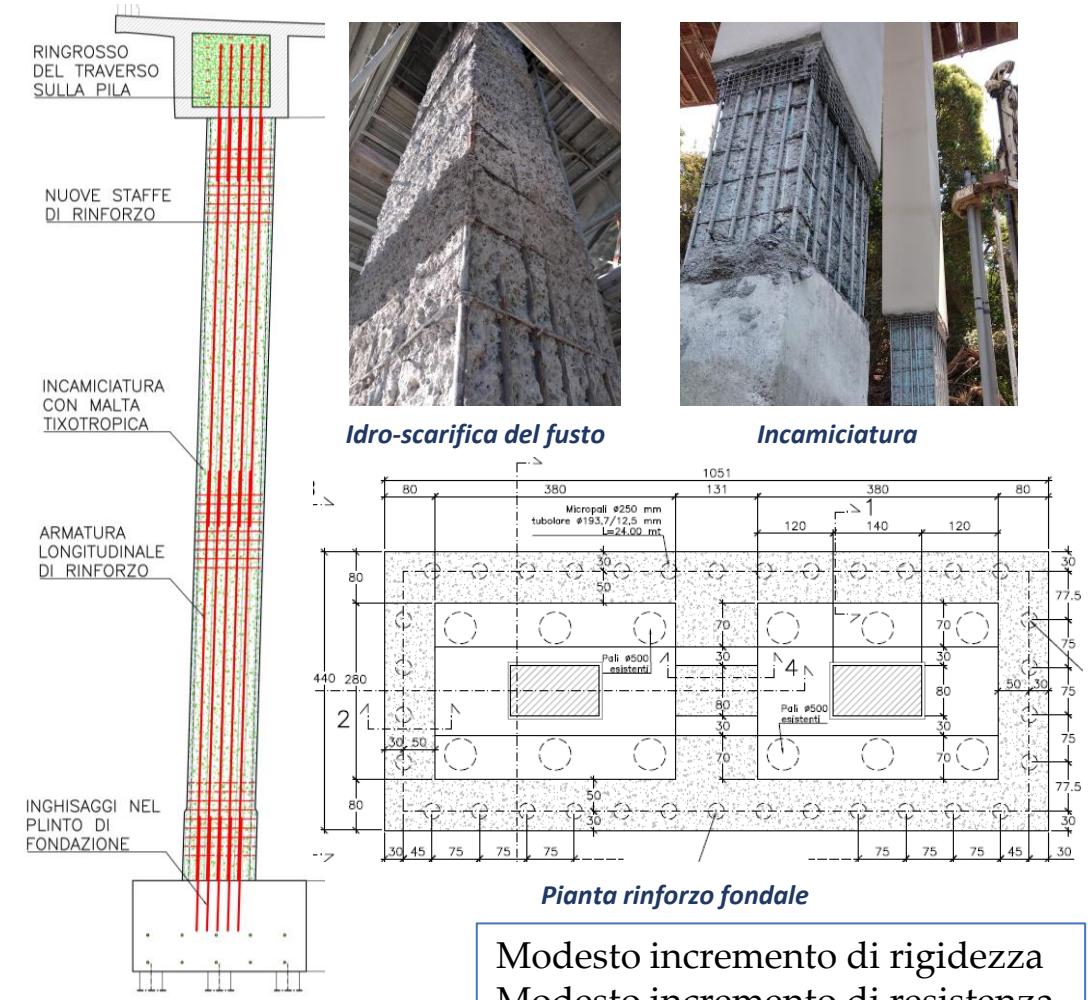
Eliminazione «punto fisso» su spalla SP18 e pila P30 con inserimento nuovi appoggi



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



Rinforzo fusti e fondazioni pile P19 e P28



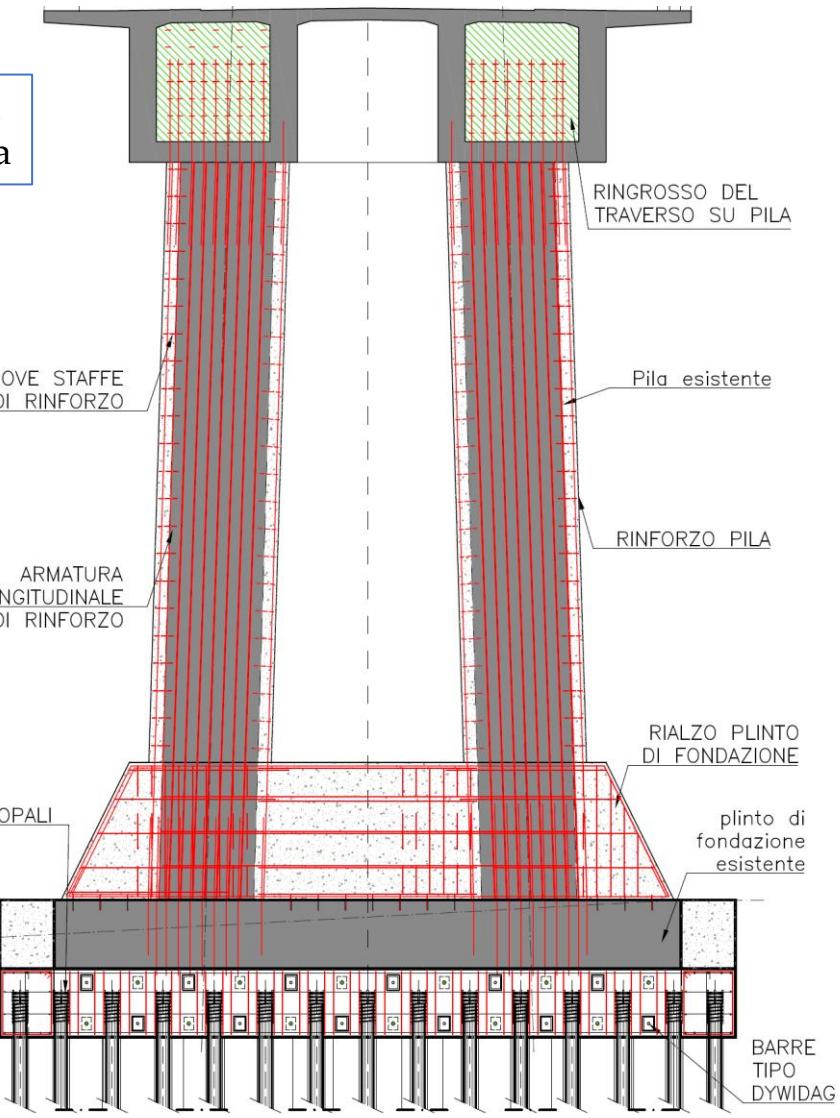
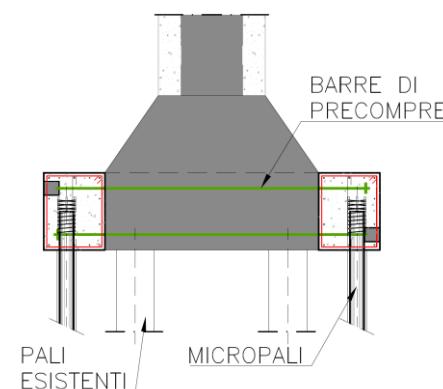
PILA P19

PILA P28

Elevato incremento di rigidezza
Elevato incremento di resistenza



Rialzo plinto di fondazione



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



Vista a tergo della pila P30 prima dei lavori



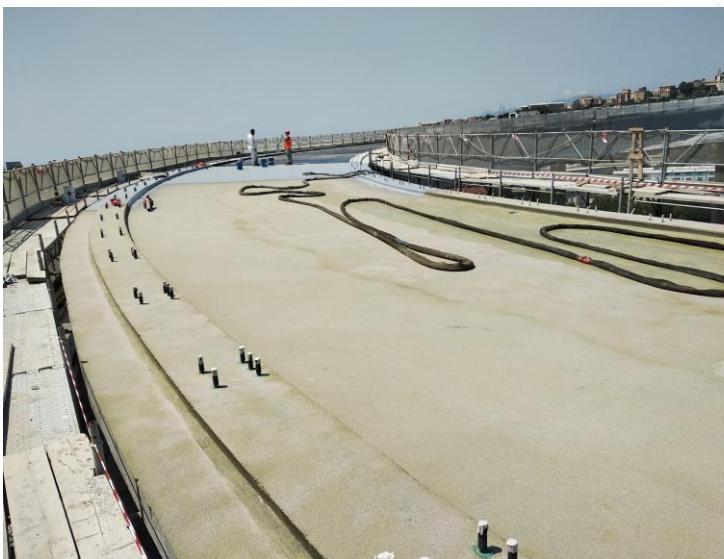
Paratia

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. fuoriterra 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.



Applicazione del protettivo



Impermeabilizzazione spruzzata continua

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