Ponti e Viadotti alla sfida dell'efficienza e della sostenibilità

Progettazione e opportunità nell'adeguamento sismico dei viadotti

04 Giugno 2024

SINA
ASTM GROUP

Interventi di adeguamento sismico

SINA | Approccio all'intervento

Data la sismicità del territorio e l'età avanzata di molte infrastrutture, l'adeguamento sismico dei viadotti rappresenta una **sfida** ma anche un'**opportunità** per lo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni innovative per la messa in sicurezza di viadotti.

→ SI PONE DIVERSI OBIETTIVI:

- **TECNICI**: approfondire le metodologie per la valutazione della vulnerabilità sismica, sviluppare e ottimizzare le tecniche di intervento, implementare sistemi di monitoraggio, perfezionare i modelli numerici per la simulazione del comportamento sismico.
- **SOCIO-ECONOMICI**: ottimizzare i costi, valutare l'impatto ambientale, migliorare la comunicazione con le parti interessare favorendo la condivisione e la partecipazione, promuovere l'aggiornamento professionale garantendo la diffusione di pratiche sempre migliori.
- **RICERCA E SOSTENIBILITA'**: sviluppare e utilizzare nuovi materiali, affinare metodi di analisi probabilistici per la stima del rischio e la definizione degli interventi.

SINA | Keywords

SICUREZZA

l'obiettivo dell'intervento è proteggere l'opera e le persone dai danni che un terremoto potrebbe causare

DURABILITA'

capacità di mantenere, nell'arco della vita nominale, i livelli di prestazione, considerando le caratteristiche ambientali e il livello di manutenzione

SOSTENIBILITA'

dalla progettazione alla demolizione il focus è minimizzare l'impatto socio-economico e ambientale

SINA | Fasi dell'intervento

Nello sviluppo di un intervento di adeguamento sismico, dal punto di vista di **efficienza** e **sostenibilità**,

vanno considerate e analizzate 3 macro-fasi che costituiscono il **LIFE CYCLE** dell'opera:

COSTRUZIONE

PROGETTAZIONE

La scelta dell'intervento e il modo in cui viene sviluppato influenzano le successive fasi e l'opera stessa.

1

ESECUZIONE

La fase di cantiere incontra sul campo una serie di complessità diverse che incidono sullo svolgimento delle attività e sul loro esito.

2

GESTIONE

Efficienza e sostenibilità conseguite con l'intervento si riflettono sulle attività di manutenzione, ispezioni, monitoraggio previste nel corso della vita dell'opera.

3

DEMOLIZIONE

A fine vita, la demolizione e il conseguente smaltimento devono rispettare i principi di sostenibilità ambientale

4

1 Progettazione di adeguamenti sismici

SINA | Progettazione

Progettare un intervento di adeguamento sismico consiste nel **raggiungere i livelli di sicurezza rispetto all'azione di un sisma**, nel rispetto delle normative vigenti.

ALTERNATIVE PROGETTUALI

- Sostituzione dell'impalcato con nuovo implacato
- Rinforzo strutturale delle sottostrutture
- Isolamento dell'impalcato

PRINCIPALI CRITERI CHE INFLUENZANO LA SCELTA

- Costo del ciclo di vita calcolato per la vita nominale delle opere
- Complessità tecnica/esecutiva dell'intervento
- Problemi legati alla gestione del traffico
- Cantierizzazione e sequenza delle lavorazioni
- Gestione del manufatto e sua manutenzione
- Vincoli ambientali, paesaggistici, storici
- Sostenibilità ambientale

Scelta dell'intervento

Progettazione di adeguamento sismico o di retrofitting

- Isolamento dell’impalcato e posa nuovi dispositivi di appoggio d’isolamento
- Verifica spostamenti e adeguamento varchi di impalcato
- Realizzazione di una catena cinematica e riduzione/eliminazione giunti di campata
- Rinforzo/adeguamento del pulvino
- Arretramento/rinforzo paraghiaia
- Rinforzo sottostrutture (spalle, pile e fondazioni)
- Risoluzione di problemi di liquefazione del sito
- Rinnovare il sistema di raccolta e allontanamento dell’acqua di piattaforma
- Installazioni nuove barriere di sicurezza o fonoassorbenti ed adeguamento cordoli
- Ripristini e protezioni corticali

Lavorazioni tipiche in un intervento di retrofitting

SINA | Casi studio e interventi di retrofitting

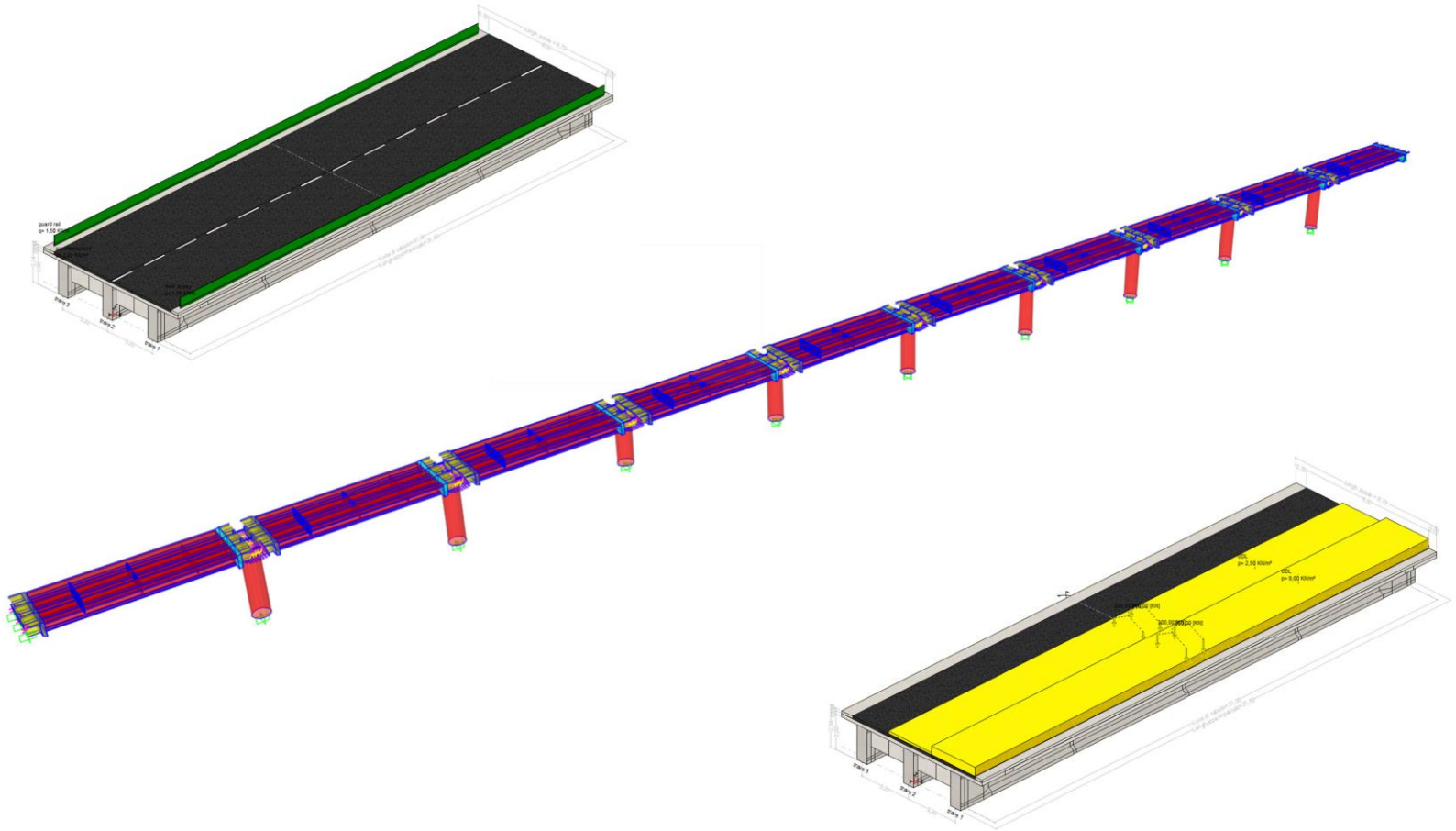
Esempi di progettazione già eseguita

Viadotto Marina di Carrara

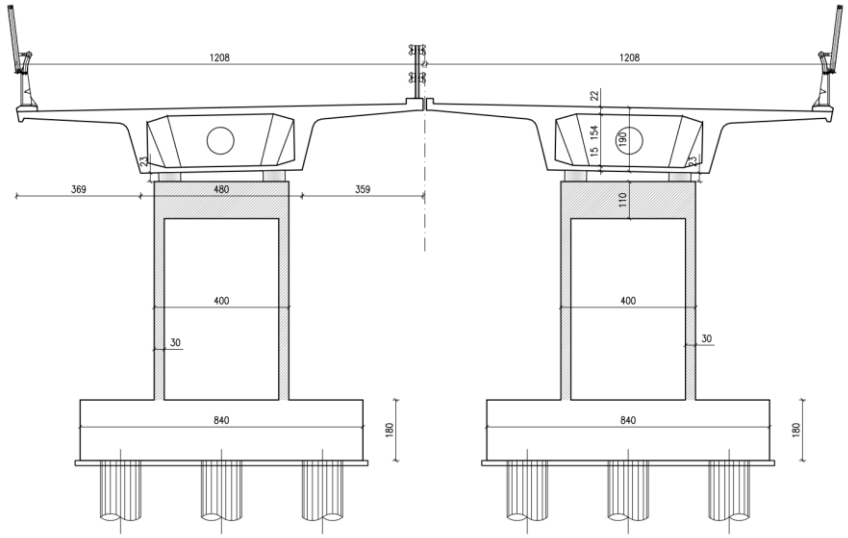
Viadotto Arno

Viadotto Costa di Roverano

Viadotto Sp Camaiore



Casi Studio



Dati dell'opera

Lunghezza complessiva:918 m

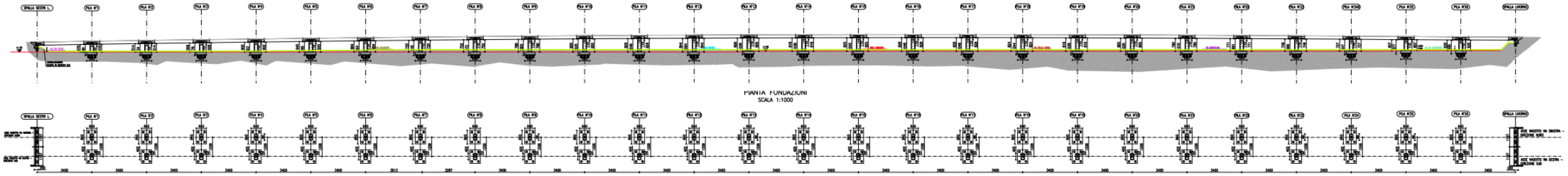
Lunghezza media campate: 34 m

Numero di pile: 26

Altezza media delle pile: 7 m

Inserita in un contesto urbano

$PGA_C/PGA_D = 0.55$



Viadotto Marina Di Carrara

SINA | Casi studio

Obiettivo: Adeguamento statico e sismico ai sensi delle NTC2018

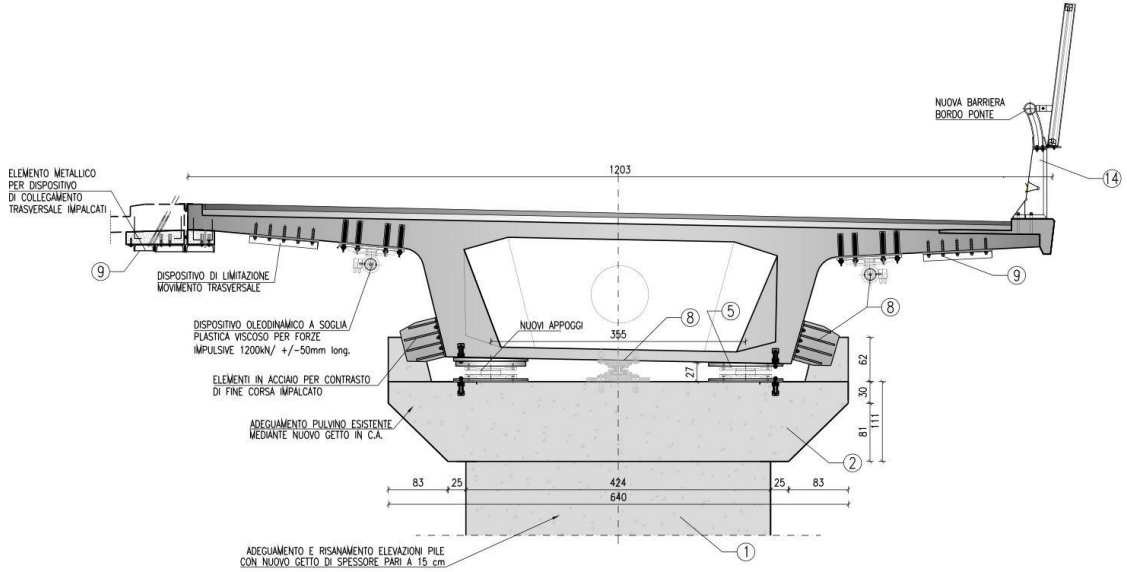
Principali soluzioni tecniche proposte:

Adeguamento pulvini per installazione isolatori a doppio pendolo, realizzazione ritegni trasversali, posa di schock transmittal longitudinali in prossimità dei giunti, collegamento trasversale degli impalcati.

Traslazione delle campate e demolizione paraghiaia per adeguamento varchi di giunto e solidarizzazione di blocchi di impalcati mediante catena cinematica.

Intervento di mitigazione del rischio di liquefazione del terreno di fondazione.

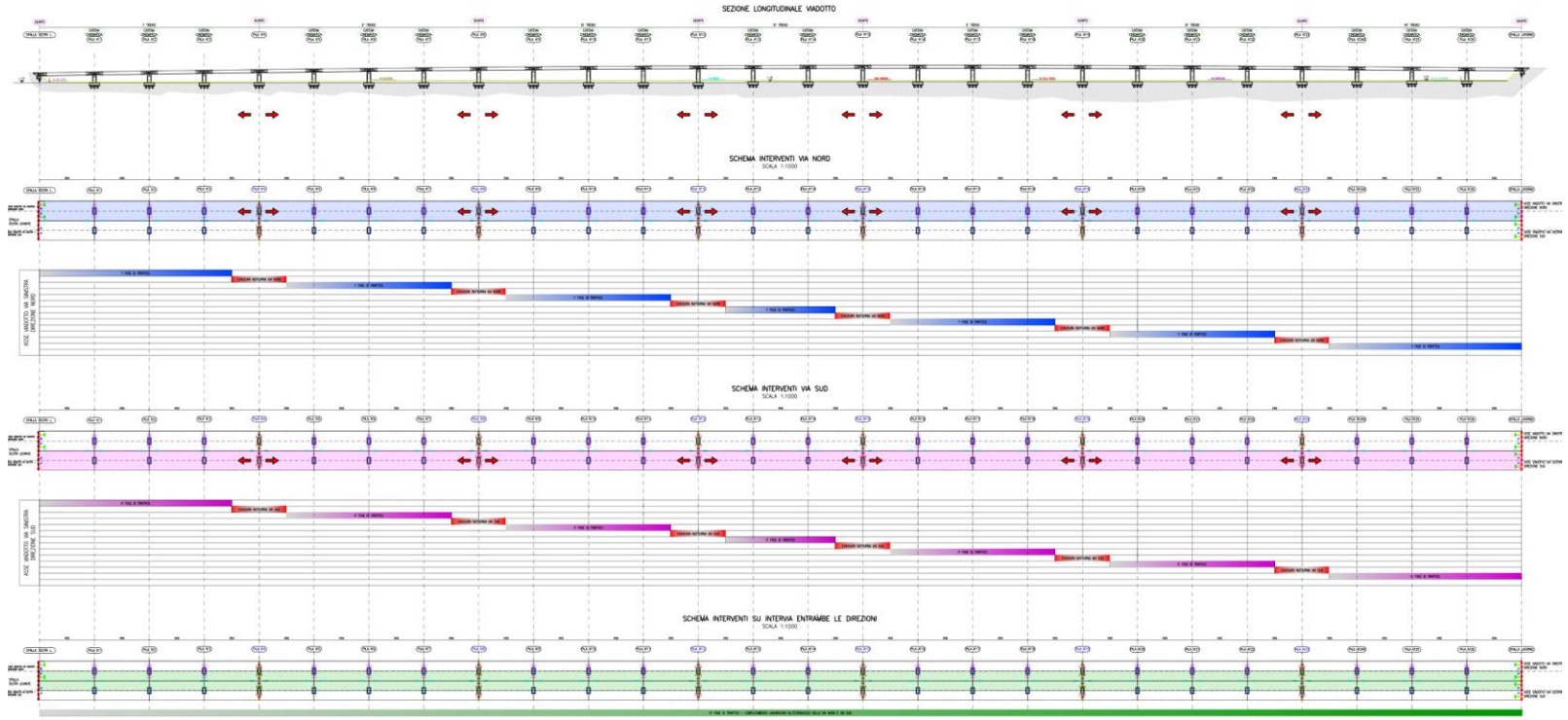
Impermeabilizzazione impalcato, ripristini superficiali, adeguamento sistema di regimazione idraulica, installazione MA e DS.



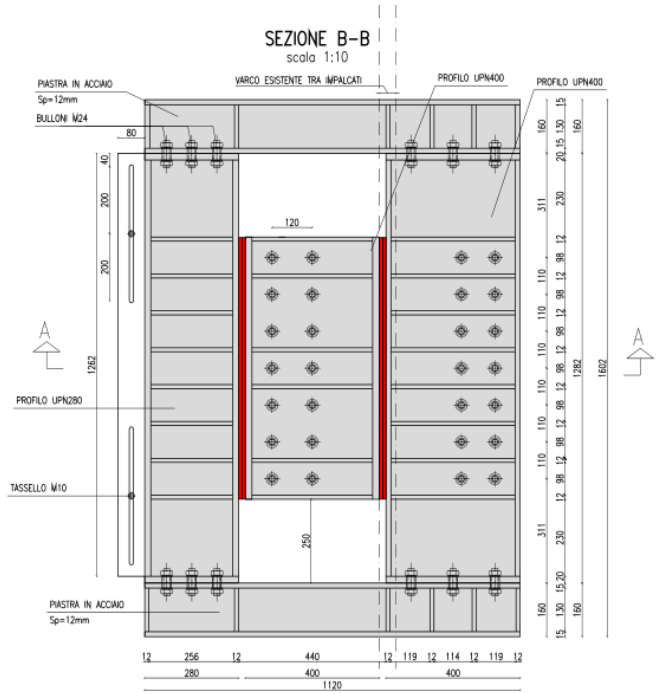
Viadotto Marina Di Carrara

Interventi particolari

Allontanamento impalcati



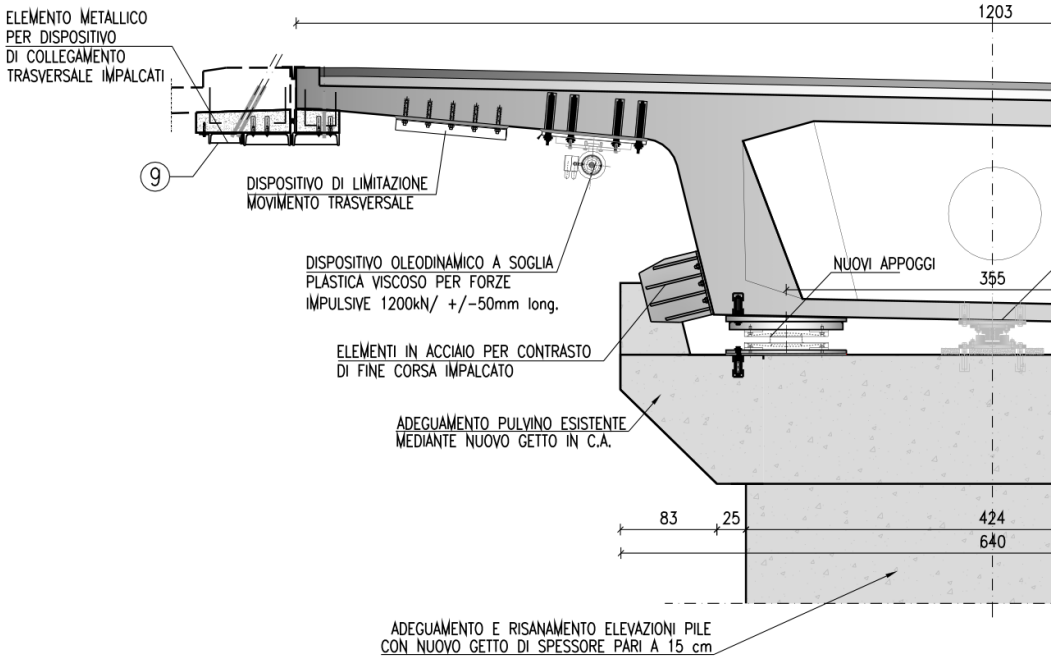
Collegamento trasversale impalcati

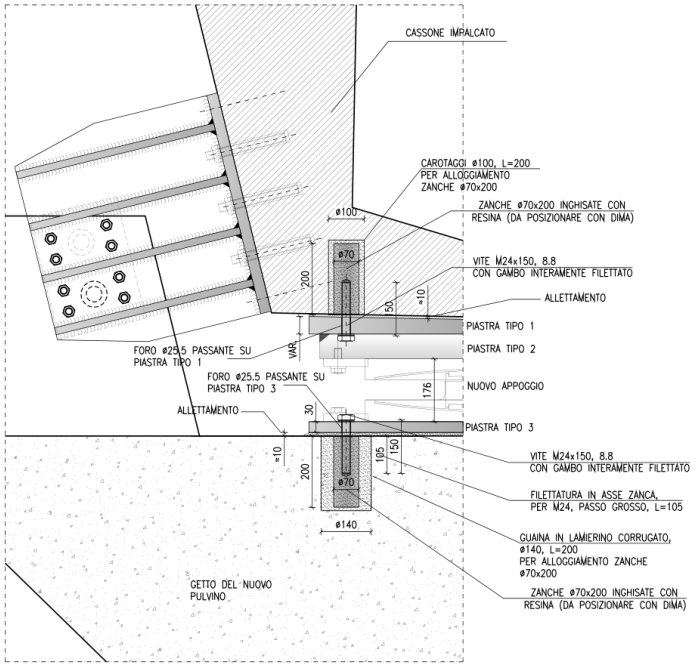


Viadotto Marina Di Carrara

Interventi particolari

Adeguamento pile e pulvini con posa dispositivi e realizzazione ritegni trasversali

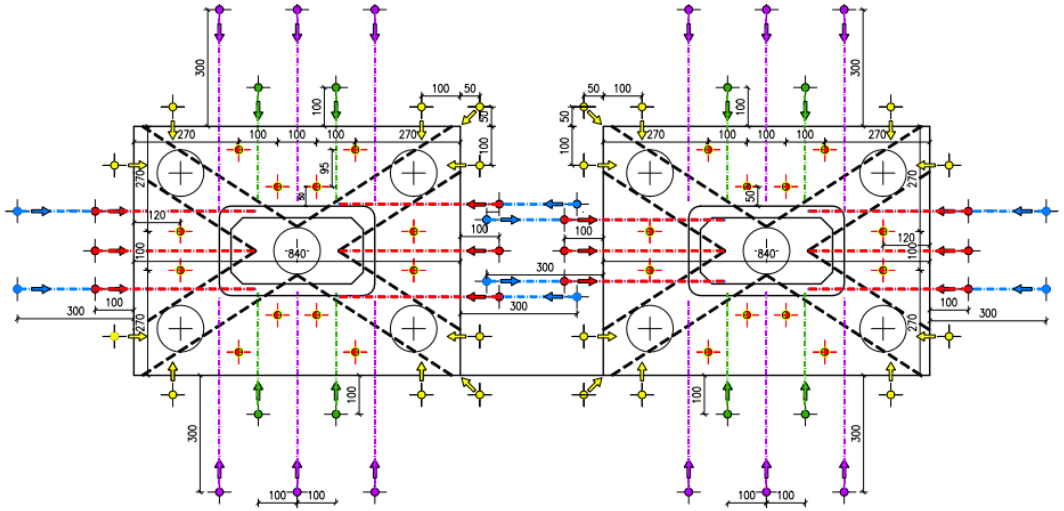


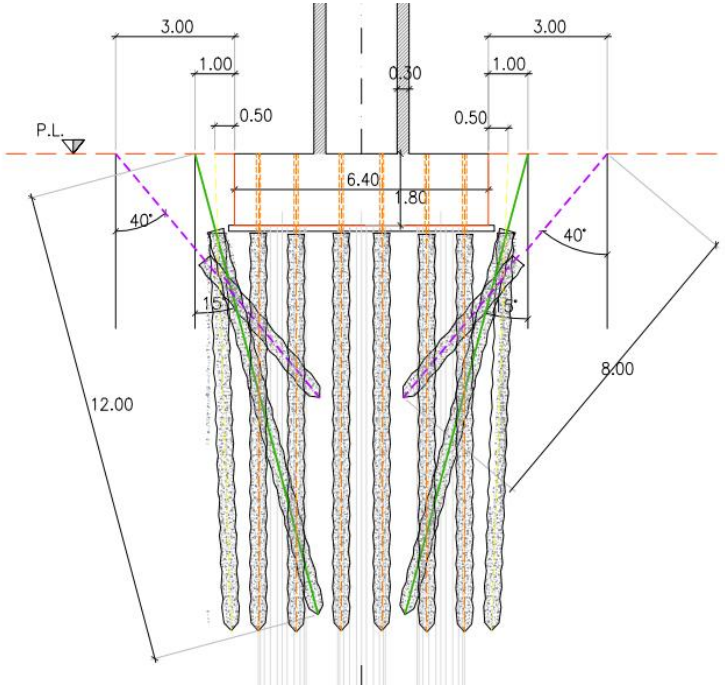


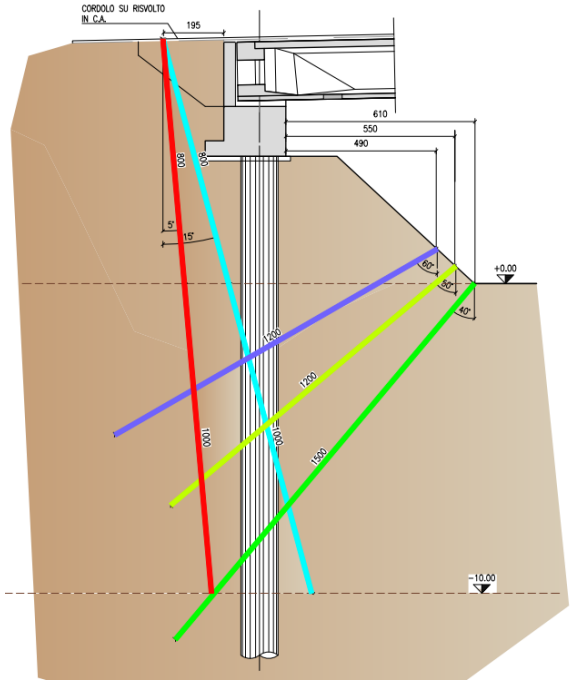
Viadotto Marina Di Carrara

Interventi particolari

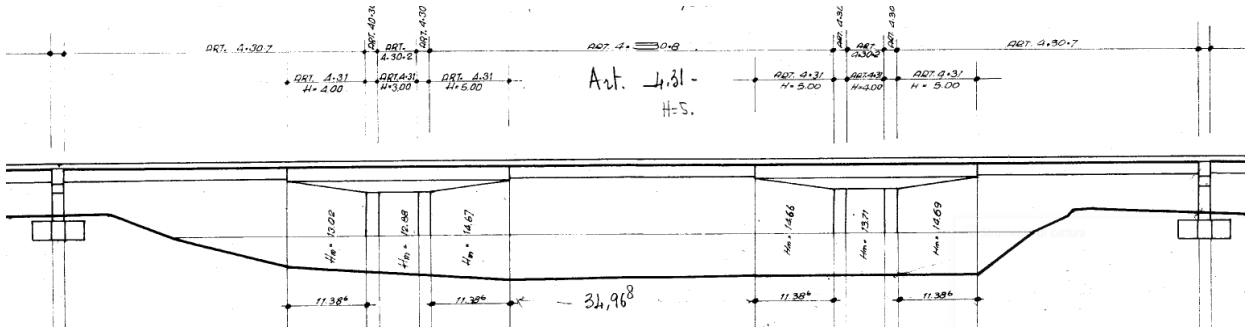
Intervento di mitigazione del rischio di liquefazione del terreno di fondazione.







Viadotto Marina Di Carrara



Dati dell’opera

Lunghezza complessiva: 693 m

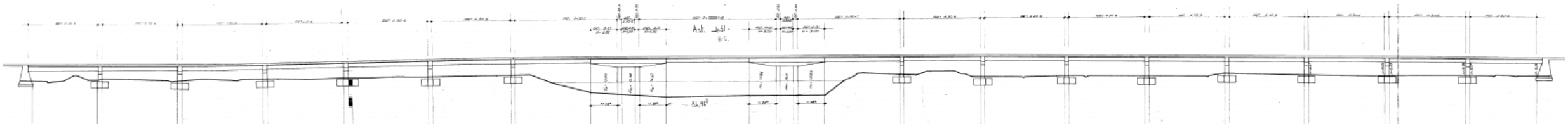
Lunghezza media campate in golena: 34 m

Lunghezza del tratto in alveo: 165 m

Numero di pile: 18

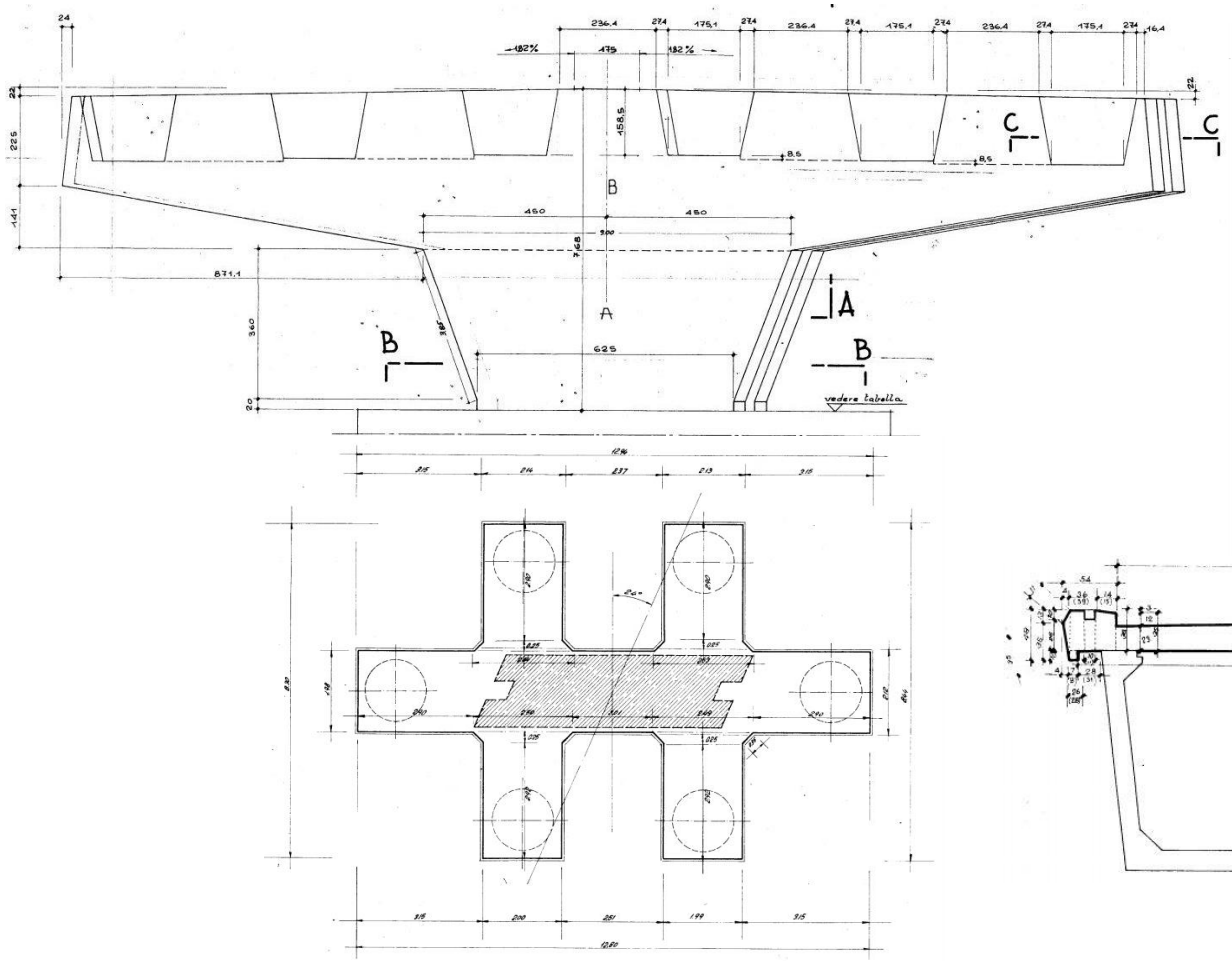
Altezza media delle pile: 7 m

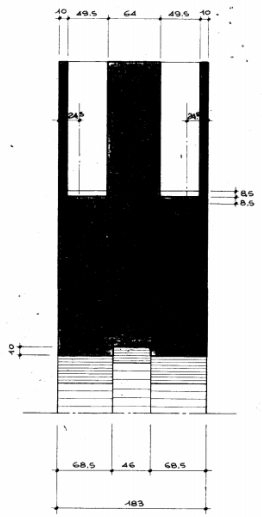
Impalcato unico per entrambe le vie, pulvini precompressi e pile a stampella con selle in alveo

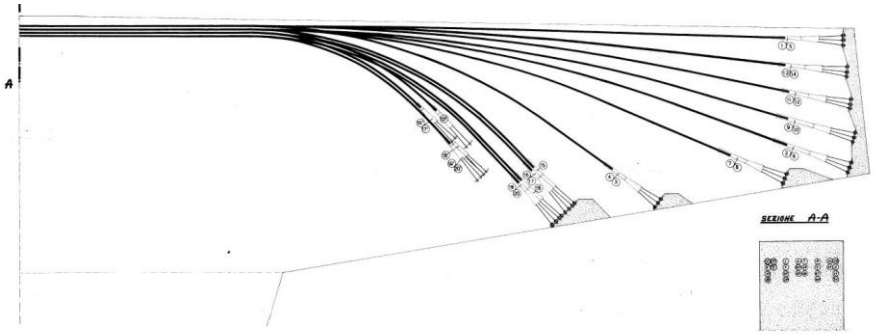


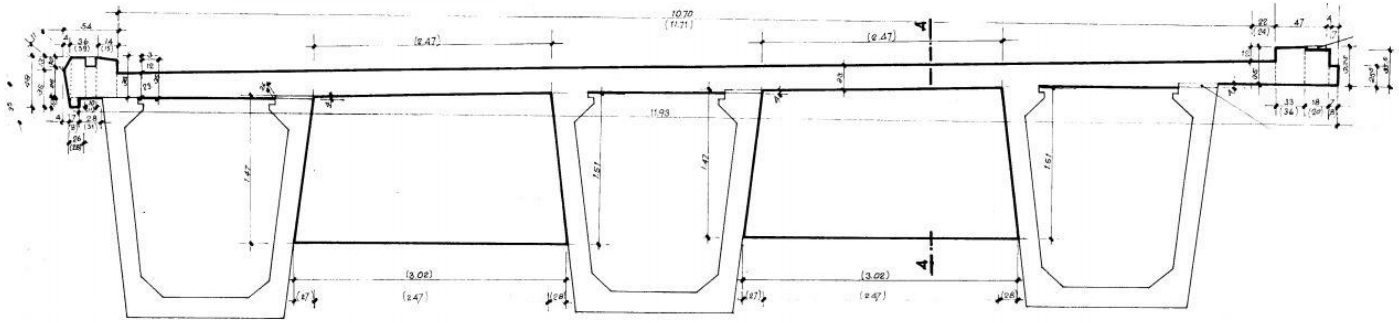
Viadotto Arno

SINA | Casi studio









Viadotto Arno

SINA | Casi studio

Obiettivo: Adeguamento statico e sismico ai sensi delle NTC2018

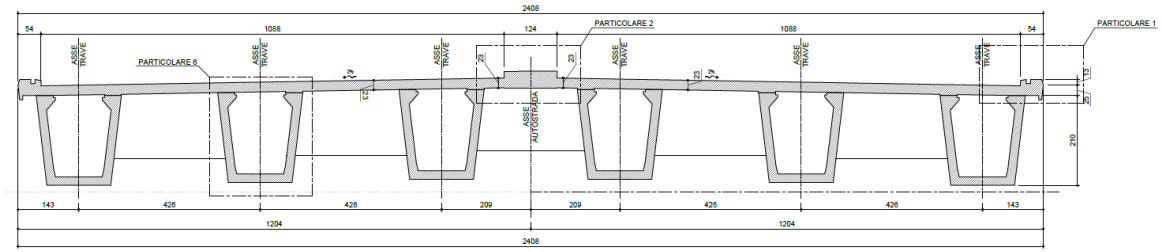
Principali soluzioni tecniche proposte:

Rinforzo pulvini mediante installazione di barre tipo Dywidag;

Taglio longitudinale dell'impalcato per consentire il sollevamento indipendente di entrambe le carreggiate.

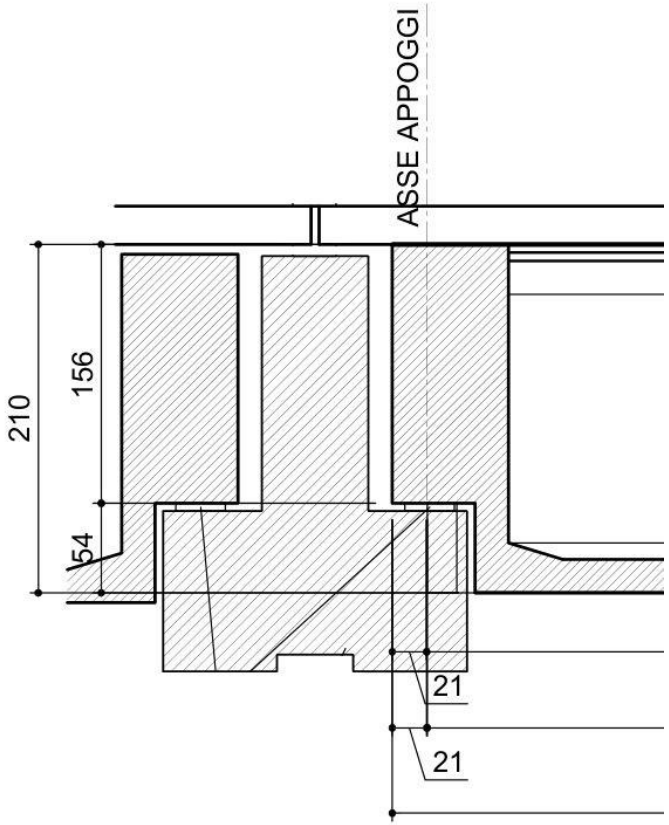
Sostituzione appoggi con elastomeri armati;

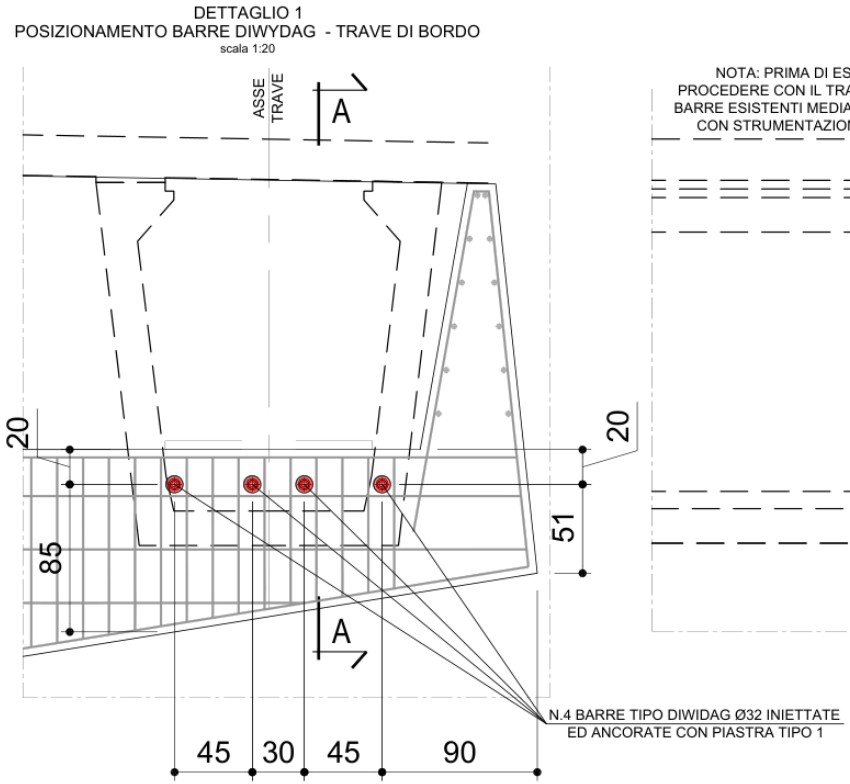
Impermeabilizzazione impalcato, ripristini superficiali ed adeguamento sistema di regimazione idraulica.

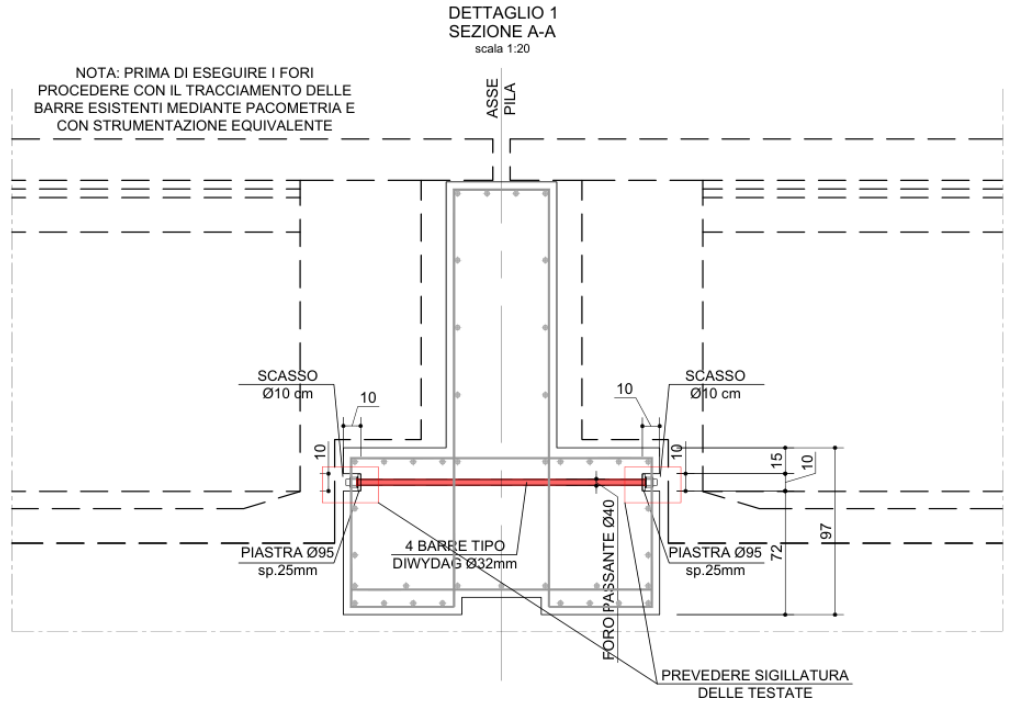


Viadotto Arno

SINA | Casi studio

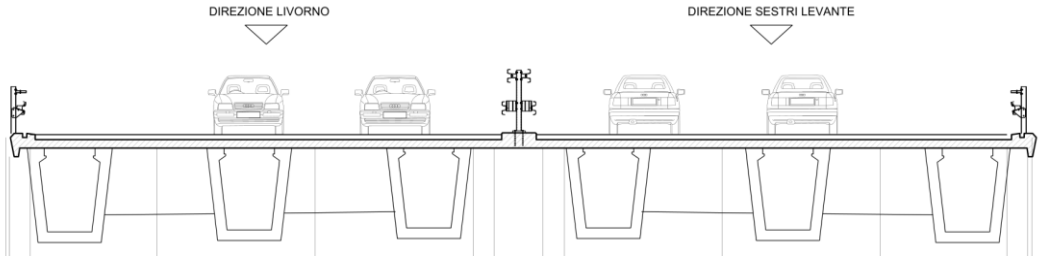


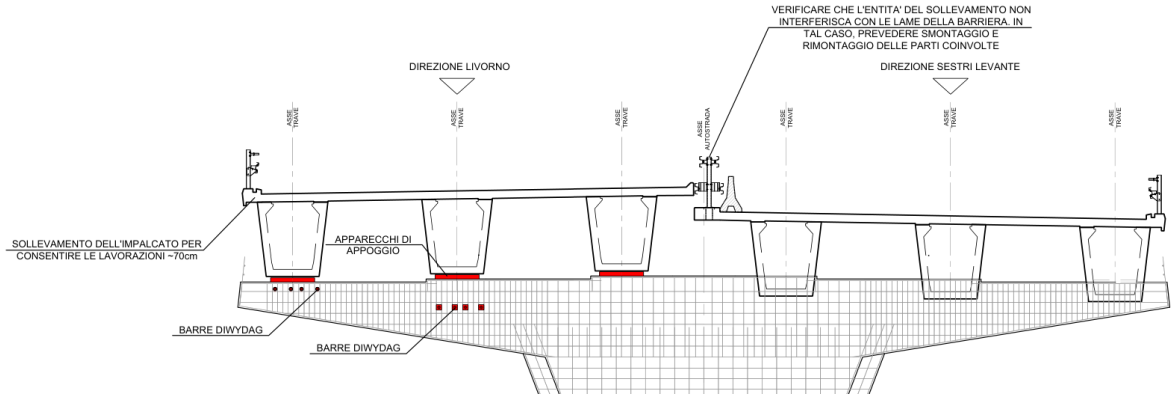


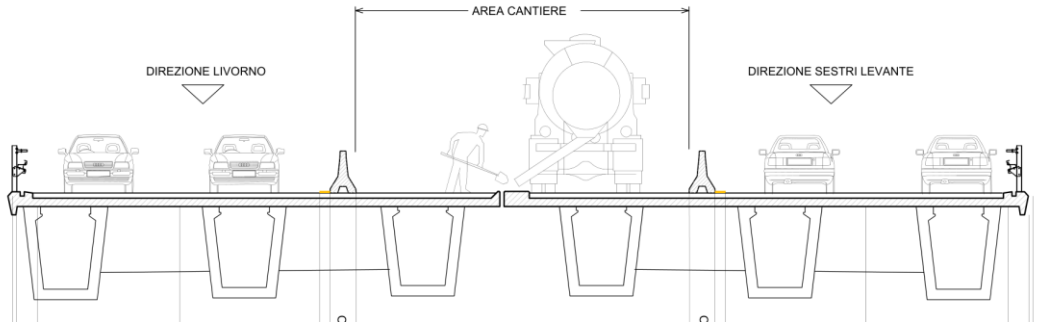


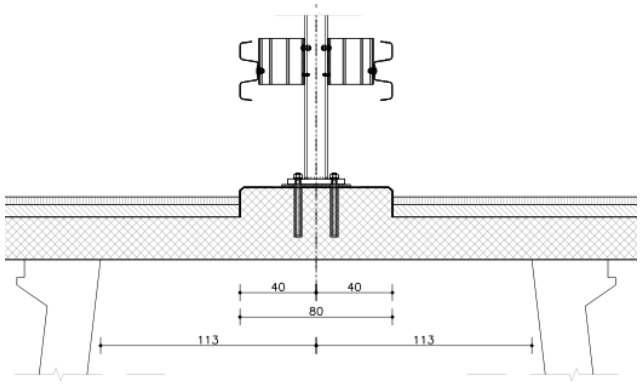
Viadotto Arno

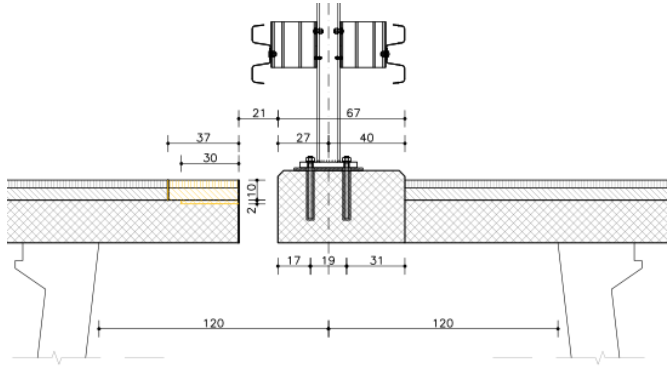
SINA | Casi studio





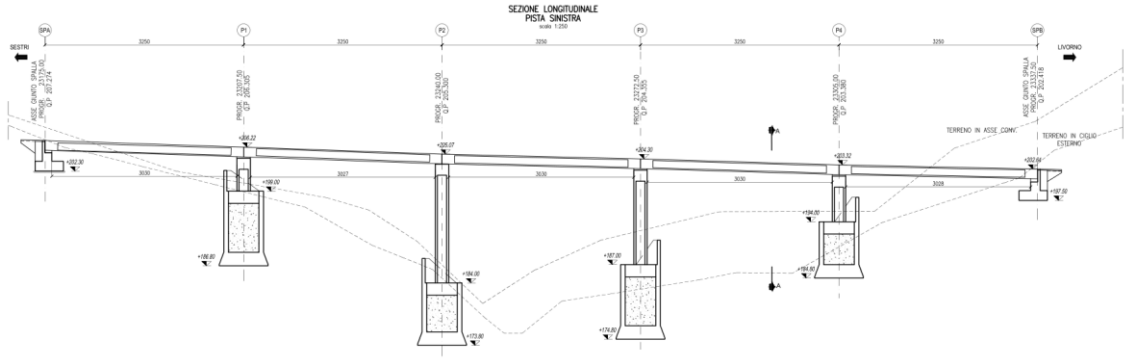


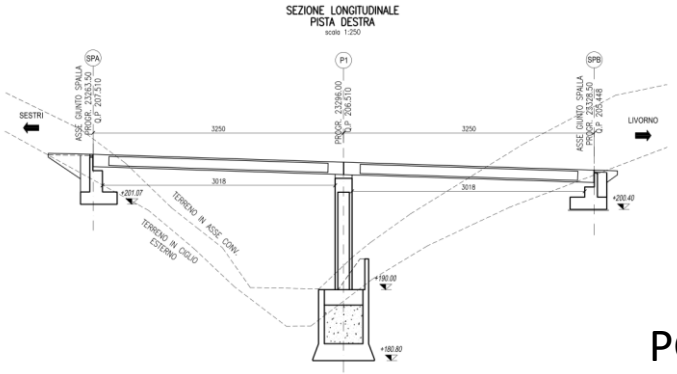




Viadotto Arno

SINA | Casi studio





$PGA_C/PGA_D = 0.37$

Dati dell'opera

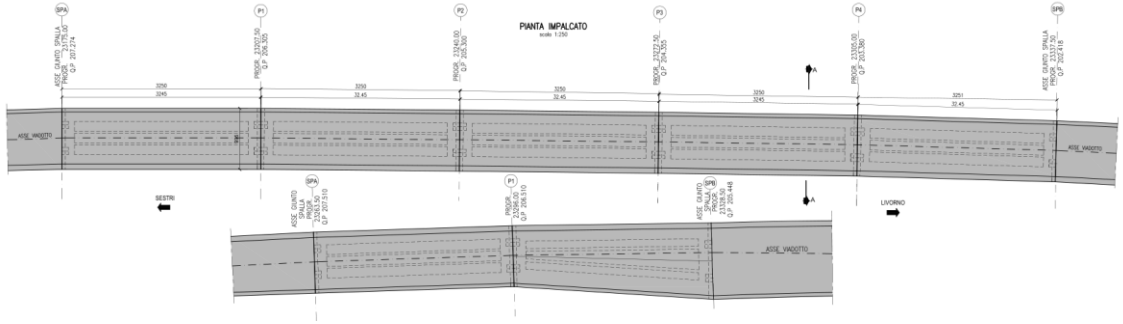
Lunghezza complessiva: 162,5 m Sud + 65 m Nord

Lunghezza media campate: 32,5 m

Numero di pile: 4 dir Sud e 1 dir Nord

Altezza media delle pile: 10 m

Portale della galleria prossimo alla spalla



Costa Di Roverano

SINA | Casi studio

Obiettivo: Adeguamento statico e sismico ai sensi delle NTC2018

Principali soluzioni tecniche proposte:

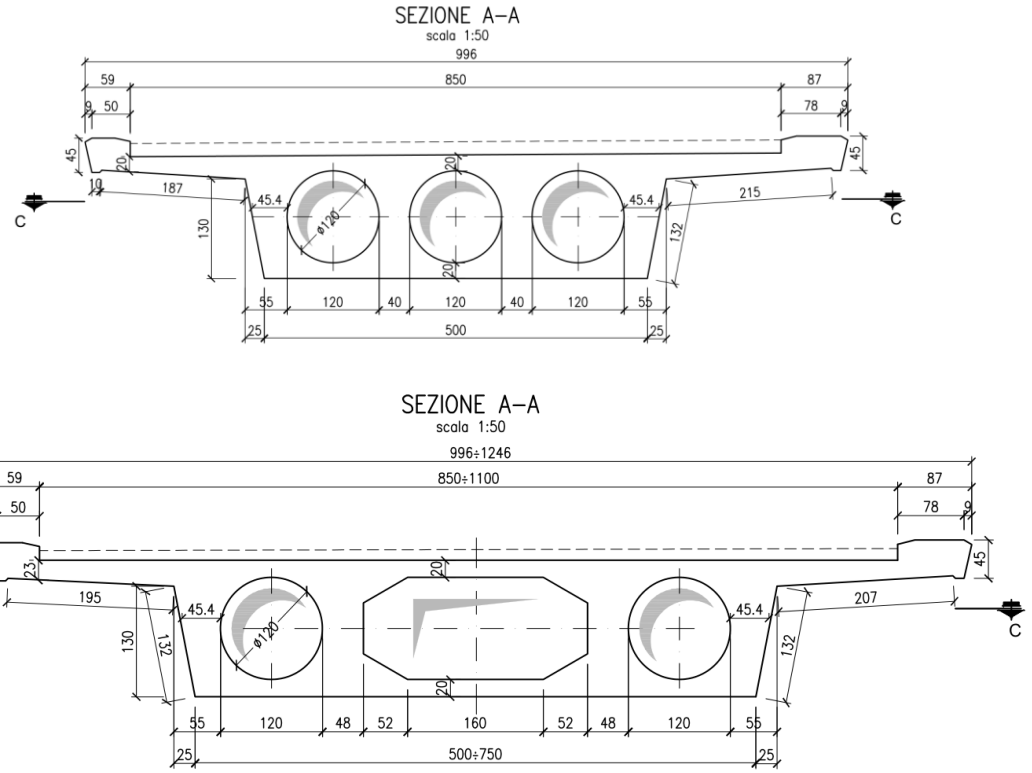
Installazione isolatori elastomerici e contestuale abbassamento quota imposta appoggi su spalle lato Sestri Levante;

Realizzazione della continuità della soletta;

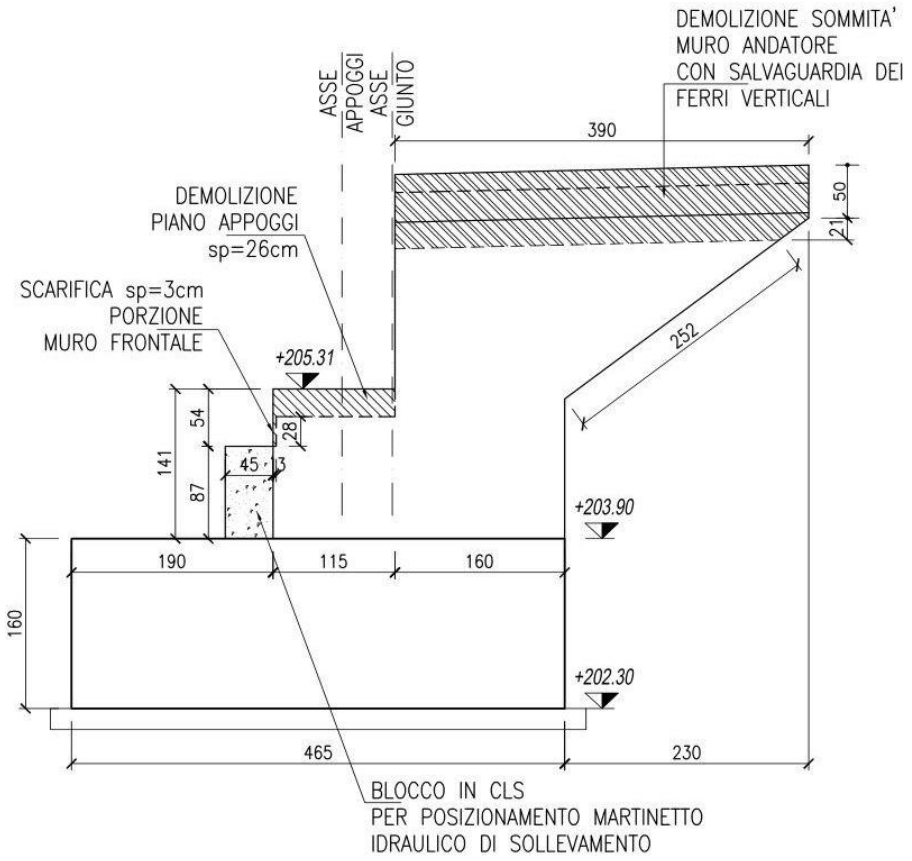
Demolizione e ricostruzione del paraghiaia in posizione arretrata per ampliamento giunto;

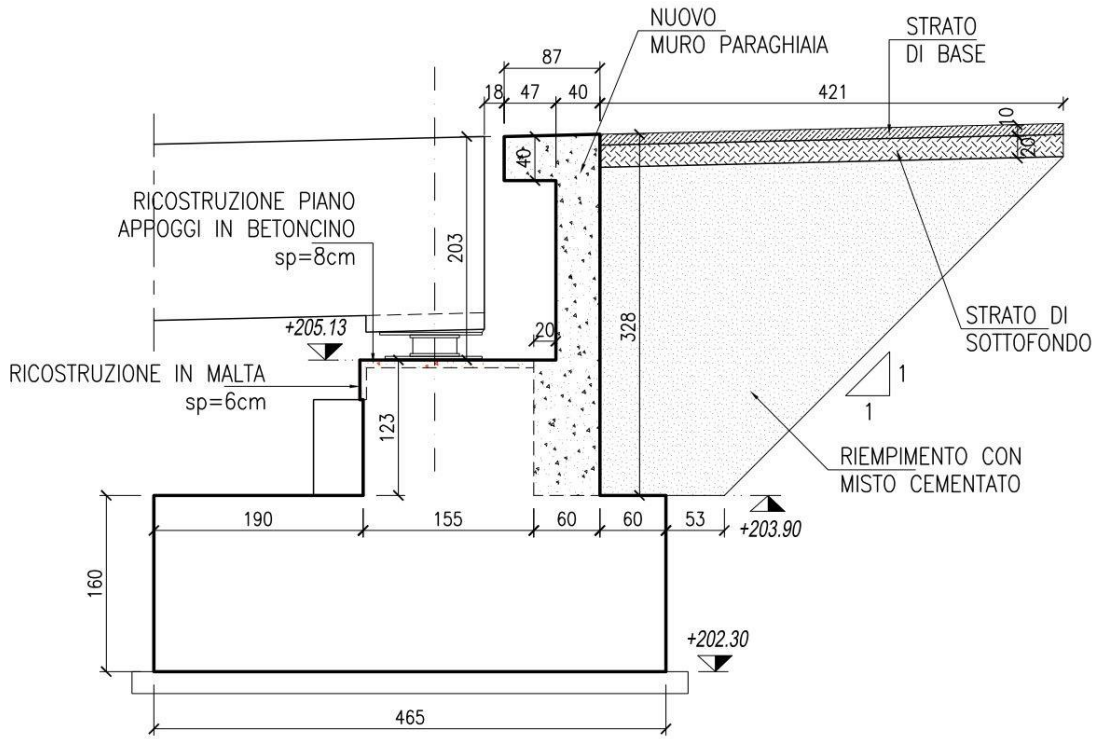
Adeguamento dei cordoli mediante demolizione e ricostruzione con geometria ed armature idonee;

Impermeabilizzazione impalcato, ripristini superficiali ed adeguamento sistema di regimazione idraulica.



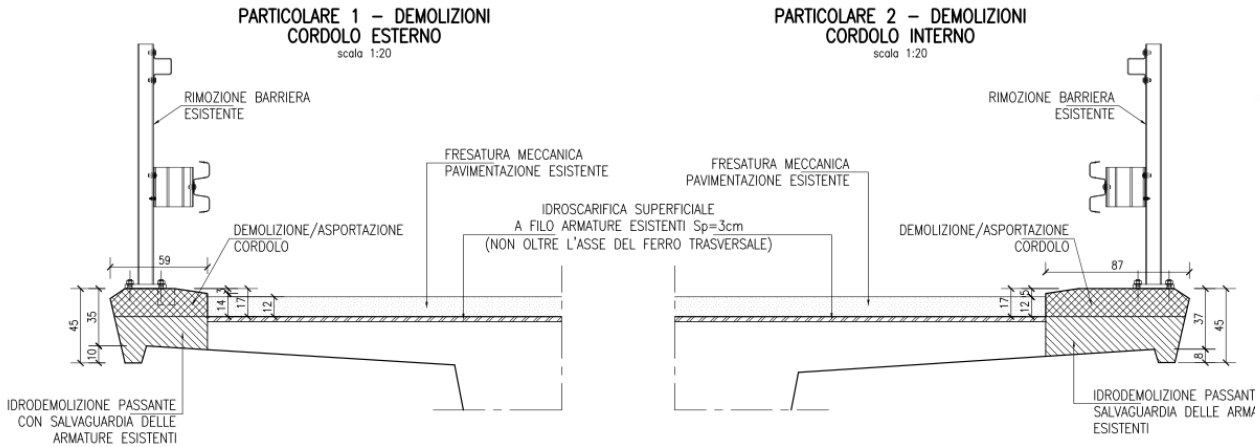
Costa Di Roverano

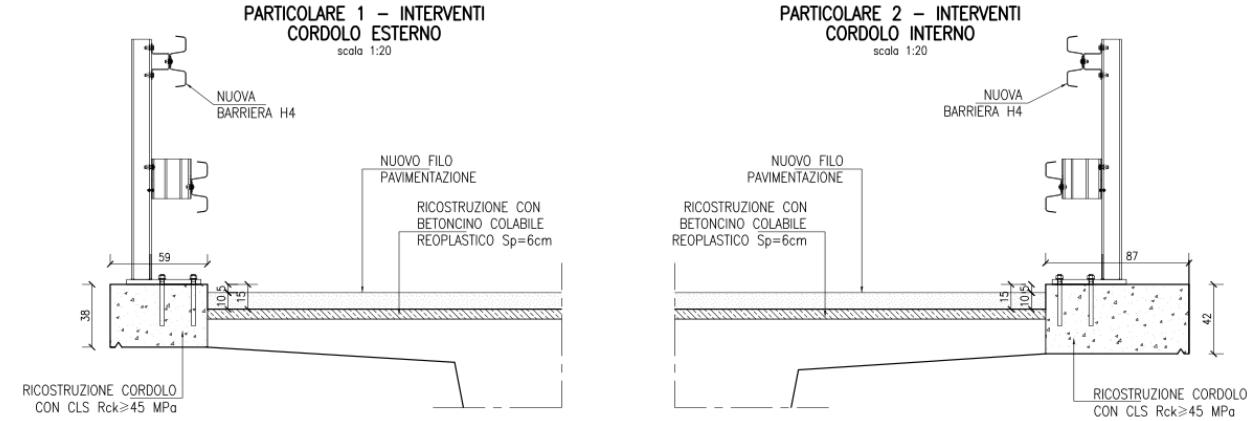


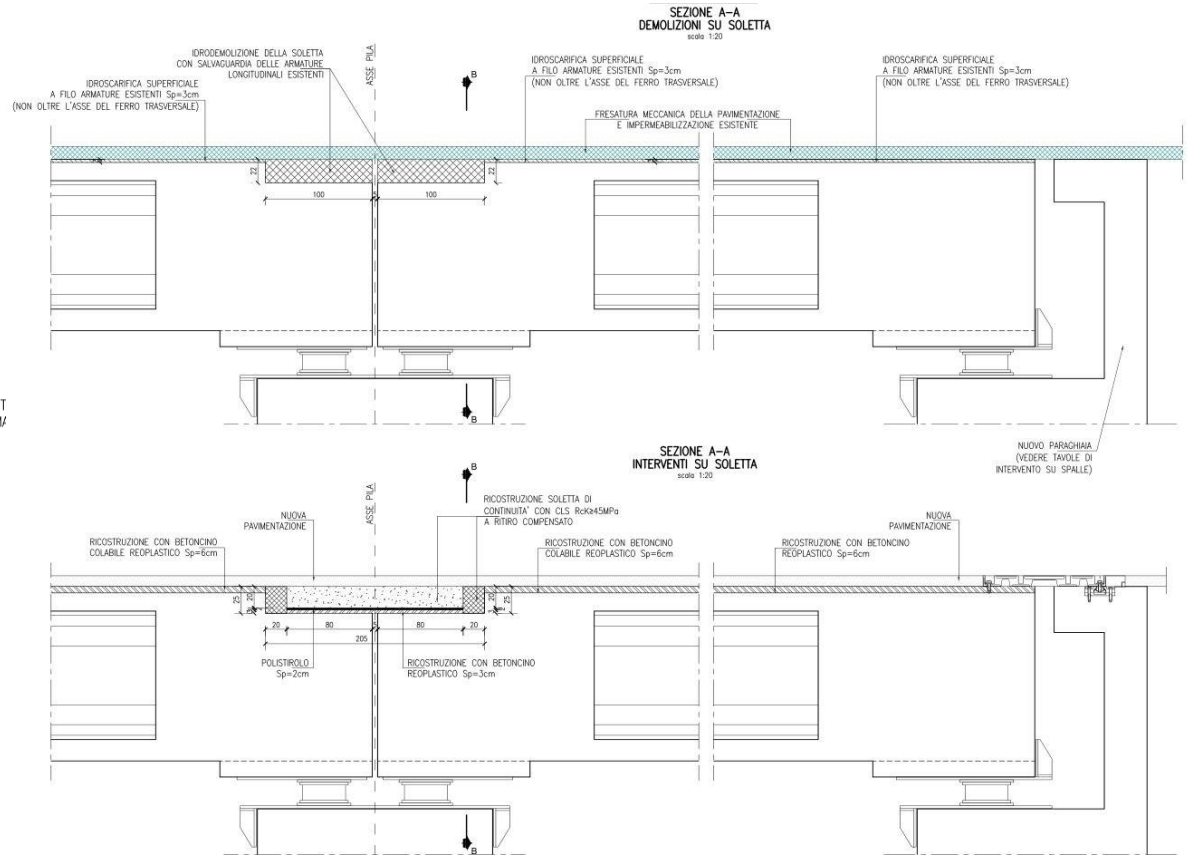


Costa Di Roverano

SINA | Casi studio



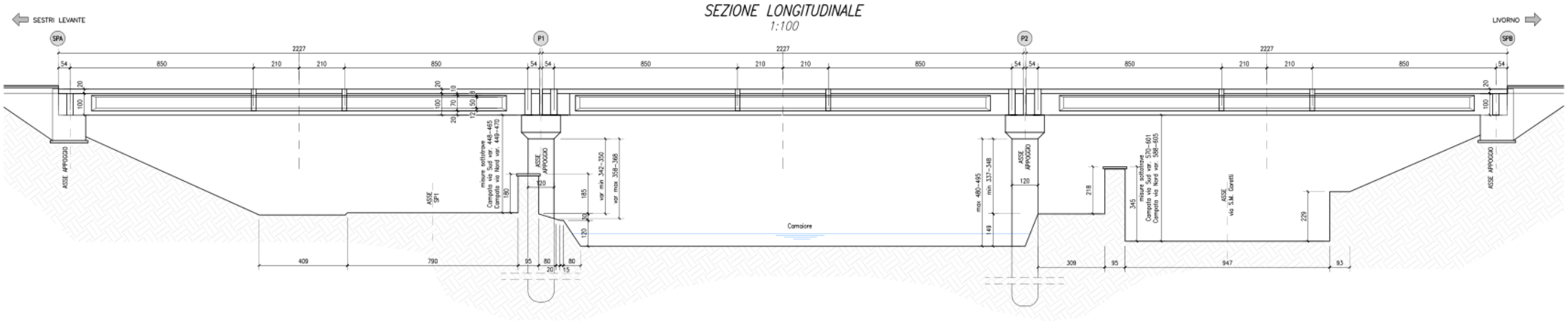




Costa Di Roverano

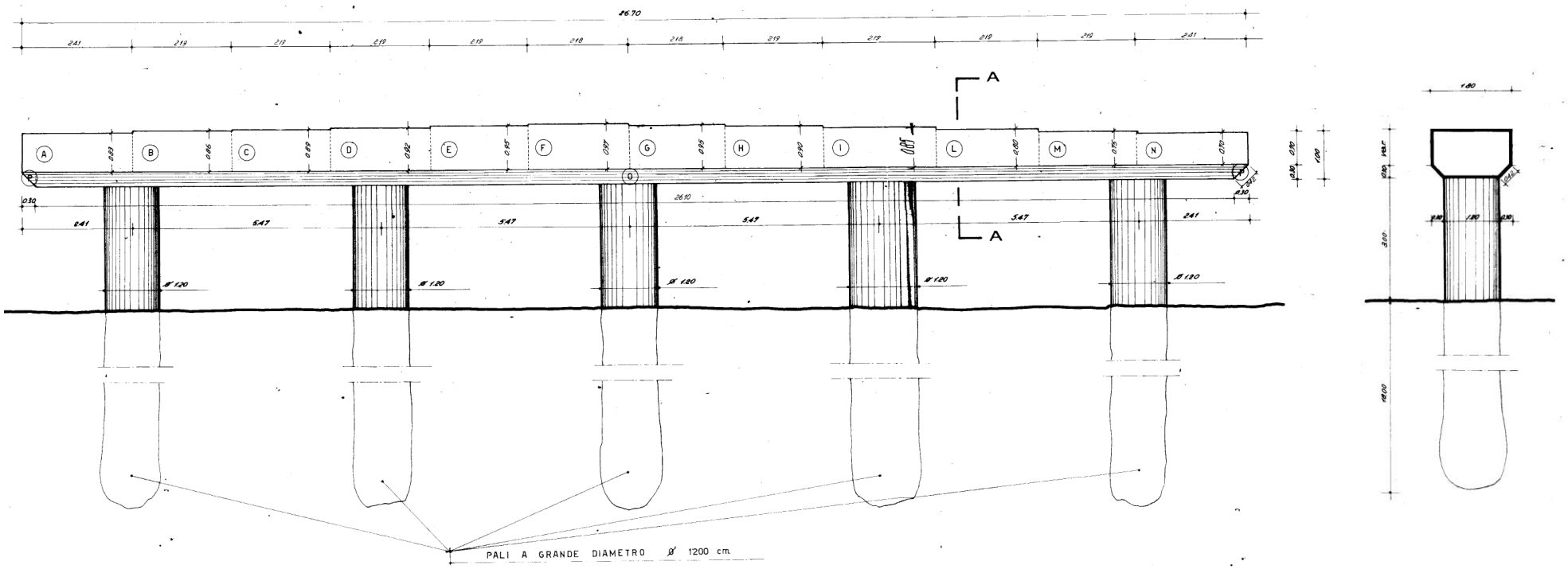
VIADOTTO SP CAMAIORE

Non intervento: onde evitare onerosi interventi in alveo si è scelto di adottare un alto livello di isolamento che ha richiesto l'utilizzo di metodi di analisi con comportamento non lineare.



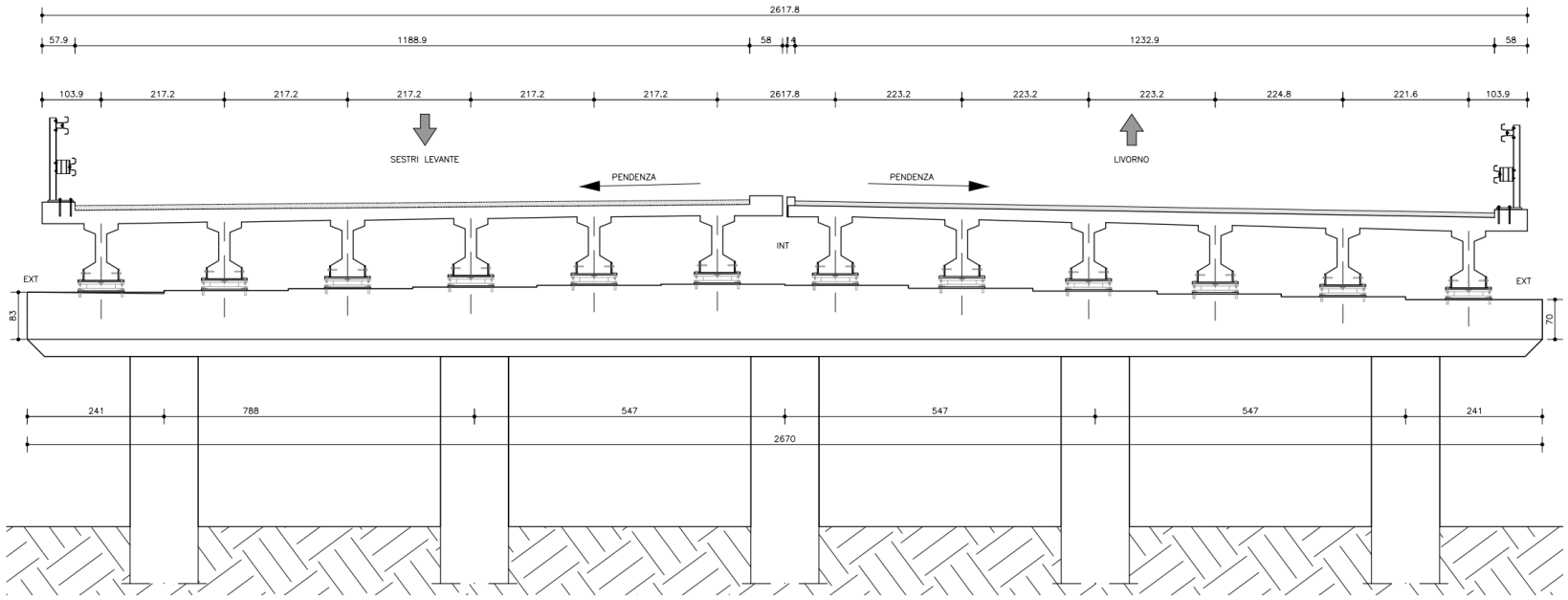
$PGA_C/PGA_D = 0.27$

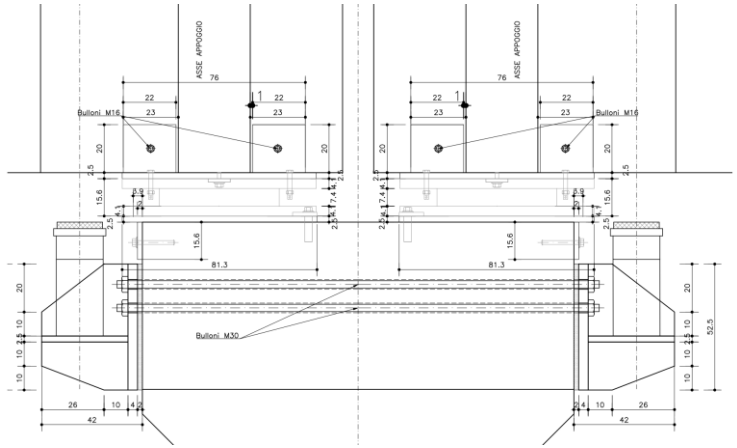
Viadotto Sp Camaiore

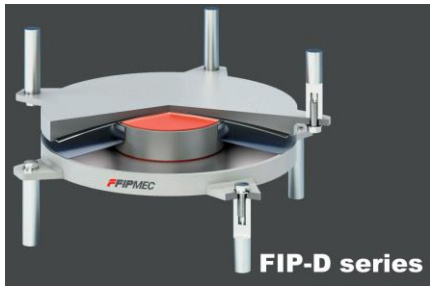


Viadotto Sp Camaiore

SINA | Casi studio







Viadotto Sp Camaiore

2 Progettazione e sostenibilità ambientale

SINA | Introduzione alla sostenibilità

Sviluppo sostenibile significa soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri.

La sostenibilità è una responsabilità e un impegno di tutti.

L'accordo di Parigi «Green Deal europeo» ha individuato il principio ***DNSH «Do Not Significant Harm»,*** *il principio di non arrecare danno significativo agli obiettivi ambientali o tassonomici:*

Attuazione degli obiettivi ambientali

Per la mitigazione del cambiamento climatico

• **CALCOLO CARBON FOOTPRINT** considera i **tipi di emissione** come indicati nel *Greenhouse Gas Protocol* (emissioni dirette e indirette di gas a effetto serra) e calcola le:

- EMISSIONI **ASSOLUTE** (quelle stimate per un anno medio di funzionamento)
- EMISSIONI **DI RIFERIMENTO** (quelle che sarebbero generate se l'intervento non fosse realizzato)
- EMISSIONI **RELATIVE** (la differenza tra le assolute e quelle di riferimento)

• **DICHIARAZIONE DI NEUTRALITA' CLIMATICA**.

Per l'adattamento ai cambiamenti climatici

1. ANALISI DEI RISCHI:
   - Analisi del **grado di probabilità** che i pericoli climatici individuati come rilevanti si verifichino;
   - Analisi dell'**impatto** che avrebbe il pericolo climatico individuato;
   - Sviluppo di **un quadro dei rischi** legati al cambiamento climatico

2. **SOLUZIONI DI ADATTAMENTO** PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO.

Per l'uso sostenibile dell'acqua e delle fonti marine

1. ANALISI POSSIBILI INTERAZIONI CON MATRICE ACQUE:
   - **Bilancio idrico di cantiere** per ottimizzare l'utilizzo della risorsa ed eliminare/ridurre al minimo l'approvvigionamento dall'acquedotto, massimizzando invece il riutilizzo delle acque impiegate,
   - **Gestione acque meteoriche dilavanti**

2. DEFINIZIONE **AZIONI MITIGATIVE**

Cosa fare per rispondere agli obiettivi tassonomici?

Attuazione degli obiettivi ambientali

Per l'economia circolare	*Per la prevenzione e il controllo dell'inquinamento*	*Per la prevenzione della biodiversità e degli ecosistemi*
• **REDAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEI RIFIUTI:** Almeno il 70% (in peso) dei rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi prodotti nel cantiere deve essere preparato per il **riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero.** • RELAZIONE FINALE CON **L'INDICAZIONE DEI RIFIUTI PRODOTTI**	• **ADOZIONE DELLE INDICAZIONI PER LE ATTIVITA' DI CANTIERIZZAZIONE** Non potranno essere usati materiali in ingresso contenenti sostanze pericolose • **PIANO AMBIENTALE DI CANTIERIZZAZIONE** • **GARANZIA CONTENIMENTO DELLE POLVERI** tramite bagnatura aree di cantiere • **PIANO DI MITIGAZIONE ACUSTICA**	• VALUTAZIONE **INTERAZIONE CON ECOSISTEMI** • **LOCALIZZAZIONE DELL'OPERA** AL DI FUORI DI AREE PROTETTE E DI PREGIO • VERIFICA DELLA PRESENZA DI **ECODOTTI** • VALUTAZIONE DELLE **MISURE DI MITIGAZIONE**

Cosa fare per rispondere agli obiettivi tassonomici?

SINA | Sostenibilità nel Nuovo Codice Appalti

Anche il Nuovo Codice Appalti ribadisce e rafforza l'obbligo di alcuni documenti in materia di sostenibilità:

- **Piano di Gestione Ambientale e Sociale (PGAS)**
  - obbligatorio per tutti gli appalti di importo superiore a 100 milioni di €
  - descrive le misure che l'impresa intende adottare per **minimizzare gli impatti ambientali e sociali** dell'appalto e per **promuovere la sostenibilità**.
- **Criteri Ambientali Minimi (CAM)**:
  - definiscono i **requisiti minimi di sostenibilità ambientale** che le stazioni appaltanti devono obbligatoriamente inserire nei bandi di gara e negli atti di affidamento per le diverse categorie di appalti.

SINA | Sostenibilità nel Nuovo Codice Appalti

Oltre a questi documenti obbligatori, il Codice **incentiva l'adozione di altri strumenti di sostenibilità** in accordo con i principi tassonomici:

- **Documentazione relativa all'economia circolare**: l'impresa può presentare documentazione che attesti l'utilizzo di materiali riciclati e biocompatibili, la riduzione della produzione di rifiuti e il loro recupero.
- **Documentazione relativa all'efficienza energetica**: l'impresa può presentare documentazione che attesti l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e l'adozione di soluzioni tecnologiche innovative per il risparmio energetico.
- **Certificazioni di sostenibilità**: le stazioni appaltanti possono richiedere alle imprese partecipanti alle gare la certificazione di sostenibilità ambientale (es. EMAS, ISO 14001).

SINA | Relazione di sostenibilità

- Prevista dal **Nuovo Codice Appalti** nel **PFTE** (Progetto di Fattibilità Tecnica Economica).
- Importante nell'ambito delle opere finanziate dal **PNRR** e dal **PNC**, che posso essere affidate nell'ambito del PFTE.
- Deve dare evidenza degli eventuali **contributi significativi** ad almeno uno o più obiettivi ambientali tassonomici.
- Deve prevedere una **stima del Carbon Footprint** dell'opera e della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di **economica circolare**.

Progetti di Fattibilità Tecnico Economica

SINA | Relazione di sostenibilità

Il **ciclo di vita** di un'opera tiene conto di tutte le diverse attività relative alle varie fasi:

Idea → Progettazione → Realizzazione → Gestione → Smaltimento → Recupero

L'**economia circolare** unisce gli aspetti di **sviluppo economico** a quelli di **tutela ambientale**, minimizzando il prelievo di risorse dall'ambiente naturale e riducendo il più possibile l'immissione di rifiuti

per **chiudere il ciclo di vita generando valore e mitigando i rischi per l'ambiente.**

Progetto di Fattibilità Tecnica Economica

SINA | Relazione di sostenibilità – Contenuti

- individuazione degli **obiettivi primari dell'opera** per le comunità e i territori interessati, dei **benefici a lungo termine** (crescita, sviluppo e produttività) e degli **impatti negativi.**
- rispetto del principio **DNSH** di "**non arrecare un danno significativo**", come definito dai Regolamenti UE, ed evidenza degli eventuali **contributi significativi** ad almeno uno o più degli obiettivi ambientali tenendo in conto il ciclo di vita dell'opera.
- **stima della Carbon Footprint** dell'opera in relazione al ciclo di vita e il contributo al raggiungimento degli obiettivi climatici.
- stima della valutazione del ciclo di vita dell'opera in ottica di economia circolare, seguendo le metodologie e standard internazionali **(Life Cycle Assessment – LCA**).
- analisi del **consumo complessivo di energia** con l'indicazione delle fonti per il soddisfacimento del bisogno energetico, anche con riferimento a criteri di progettazione bioclimatica.

Progetto di Fattibilità Tecnica Economica

SINA | Relazione di sostenibilità – Contenuti

- definizione delle **misure per ridurre le quantità degli approvvigionamenti esterni** (riutilizzo interno all'opera) e delle opzioni di modalità di trasporto più sostenibili dei materiali verso/dal sito di produzione al cantiere.
- stima degli **impatti socio-economici dell'opera**, con specifico riferimento alla promozione dell'inclusione sociale, la riduzione delle disuguaglianze e dei divari territoriali nonché il miglioramento della qualità della vita dei cittadini.
- misure di **tutela del lavoro dignitoso.**
- utilizzo di **soluzioni tecnologiche innovative**, incluse applicazioni di sensoristica per l'uso di sistemi predittivi (struttura, geotecnica, idraulica, parametri ambientali).
- **analisi di resilienza**, la capacità dell'infrastruttura di resistere e adattarsi con relativa tempestività alle mutevoli condizioni che si possono verificare sia a breve che a lungo termine a causa dei cambiamenti climatici, economici e sociali.

Progetto di Fattibilità Tecnica Economica

SINA | Conclusioni

- In definitiva, è chiaro come sia importante e urgente **implementare** nell'analisi multicriteria in fase di scelta dell'intervento progettuale **i principi di sostenibilità.**
- Rimane, al tempo stesso, molto **complesso** valutare la **performance di sostenibilità di un dato intervento**, perché non basta basarsi sull'analisi costi/benefici!
- Infatti, nel ciclo di vita dell'opera:
  - i **costi** sono sia quelli **diretti** al momento dell'intervento sia quelli **indiretti,** che non possono essere precisamente quantificati ma solo stimati (**danni percepiti**, **il consumo** e **l'esaurimento delle risorse naturali**…);
  - I **benefici** d'altra parte sono tangibili solo nel futuro e pertanto di difficile quantificazione.
- Ciononostante, noi progettisti dobbiamo raccogliere la sfida e guardare verso **soluzioni sempre più efficienti** dal punto di vista della tecnica e della sostenibilità, nell'ottica di un **miglioramento continuo** e di un **impegno globale**.

#movingtothefuture

SINA
ASTM GROUP