

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



Galleria naturale Lonato Tratta AV Milano-Verona

Lonato - Brescia, Italy

Iniezioni



Cliente :
Owner :

RETE FERROVIARIA ITALIANA (RFI)

Contrattista principale :
Main Contractor :

CEPAV DUE (Consorzio Saipem-Impresa Pizzarotti- Gruppo ICM)

Durata dei lavori :
Duration of works:

2020 - in corso

Introduzione

La linea ferroviaria Alta Velocità/Alta Capacità Brescia-Verona è un'importante tappa nella realizzazione del collegamento ferroviario Milano-Verona che appartiene ad un più esteso sistema che collega la Spagna al confine ucraino e che in Italia si estende da Torino a Trieste.

La realizzazione della linea Milano-Verona è stata suddivisa in due lotti funzionali:

- **Treviglio-Brescia**, già in esercizio,
- **Brescia Est-Verona**, contrattualizzata nel Giugno 2018 attualmente in corso di realizzazione.

L'opera, la cui realizzazione è stata affidata al consorzio CEP-PAV DUE, è stata commissionata da RFI, Rete Ferroviaria

- cui seguono **due gallerie artificiali**,

- quindi le singole canne delle **gallerie naturali**, realizzate in scavo meccanizzato tramite una fresa meccanica denominata "Martina", per una lunghezza complessiva di circa 7.9 km.

La soluzione costruttiva adottata nel tratto naturale prevede lo scavo meccanizzato mediante l'impiego di una TBM-EPB scudata del diametro di circa 10 m con un rivestimento in conci prefabbricati dello spessore di 45 cm.

L'adozione di una EPB permette di operare in terreni sciolti sottofalda, evitandone di fatto il drenaggio, grazie al mantenimento della camera di scavo in pressione con cui si controbilanciano sia le spinte esterne del terreno sia la pressione dell'acqua interstiziale.

Terminato lo scavo della prima canna, all'imbocco Est, la fre-



Italiana, mentre l'Alta Sorveglianza e la Direzione Lavori sono state affidate a ITALFERR., entrambe queste due Società appartengono al Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane.

La nuova linea ferroviaria Brescia Est-Verona **si sviluppa per circa 48 km, attraversando due regioni, 11 comuni** e si sviluppa per lo più in affiancamento alle infrastrutture esistenti nel territorio:

- 30 km circa in parallelo all'Autostrada A4 e
- 8 km circa in allineamento alla linea ferroviaria convenzionale.

Tra le opere principali la galleria Lonato con una lunghezza di 7.9 km rappresenta l'opera più complessa e articolata del progetto.

Il sistema galleria di Lonato del Garda

Il sistema galleria di Lonato del Garda si sviluppa:

- con **trincee di approccio e di uscita**,

sa verrà smontata e trasportata all'imbocco Ovest della galleria Lonato ove, una volta riasssemblata, realizzerà lo scavo della seconda canna.

Ubicazione e geometria

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud della cittadina di Lonato in adiacenza ad una zona industriale.

Il tracciato ferroviario interferisce, nella tratta iniziale con l'Autostrada A4 Milano-Venezia e successivamente con importanti edifici, per estensione e dimensione, della zona industriale.

Le due canne, monobinario sono disposte, nel tratto in naturale, ad un interasse costante di 30 m.

La sezione interna della galleria prevede un raggio di 4.40 m; la sezione libera interna della galleria risulta di circa 60 m²; con una sezione di scavo di circa 78 m².

L'estradosso della galleria si trova ad una profondità media, rispetto al piano campagna, compresa tra i 10 m e i 60 m.

L'esiguo ricoprimento, in particolare riscontrato lungo i sotto-attraversamenti della A4 e degli edifici industriali, ha condotto alla scelta di realizzare dei consolidamenti preliminari allo scavo meccanizzato, con lo scopo di minimizzare fenomeni di subsidenza.

I consolidamenti hanno lo scopo di migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni a tergo della sezione di scavo – piedritti e calotta – per uno spessore pari a 3 m

verso perforazioni guidate di lunghezza anche superiore ai 100 m e l'impiego di sole miscele cementizie.

La caratteristica principale di questi interventi di progetto è quella di attaccare la sezione al contorno della galleria da consolidare, con **due differenti approcci**:

- **trasversalmente**, attraverso raggiere di fori ortogonali all'asse della galleria

- **longitudinalmente**, attraverso perforazioni curvilinee che inviluppano la galleria stessa per l'intera tratta da consolidare

Entrambe queste soluzioni prevedono di operare da aree esterne, spesso molto distanti, dalle opere da sottopassare.

La difficile geologia e in particolare la scarsa capacità del terreno ad essere penetrato dalle miscele ipotizzate nel progetto, assieme alla complessa geometria delle perforazio-



Geologia

Da un punto di vista geologico e geomorfologico la galleria è situata nell'anfiteatro morenico del Garda, costituito principalmente da cordoni morenici a cui si interpongono piane fluvioglaciali originarie dai corsi d'acqua che uscivano dai ghiacciai.

La granulometria dei depositi è variabile, piuttosto grossolana per i depositi morenici di cordone e più fine (limoso-sabbiose) per i depositi morenici di fondo.

Lavori Trevi

Attualmente Trevi è impegnata nella realizzazione dei pre-consolidamenti realizzati attraverso interventi di iniezioni. Il progetto iniziale prevedeva consolidamenti realizzati attra-

ni, hanno forzato ad una attenta indagine e revisione delle ipotesi progettuali. È stato quindi realizzato un campo prova allo scopo di selezionare la combinazione più efficace tra le miscele di iniezione impiegate e la geometria della maglia adottate (*distanza mutua tra i fori*).

I risultati ottenuti da un campo prova hanno dato indicazioni precise su quali fossero le migliorie da apportare al progetto.

Queste migliorie sono rappresentate, in particolare, da:

- una combinazione di **miscele cementizie e chimiche a base silicatica**

- utilizzo di **miscele cementizie a basso contenuto di cemento**, adeguatamente stabilizzate ed additivate, per ottenere le migliori caratteristiche reologiche che ne massimizassero la penetrabilità all'interno del terreno

- una **riduzione della distanza mutua tra i fori** (*adeguamento della maglia di progetto*) e un incremento del passo tra le

valvole

- un aumento della pressione di iniezione nella zona di calotta, uniformandola a quella dei piedritti
- l'adozione di attrezzature di iniezioni (*pompe*) capaci di gestire e controllare portate minime estremamente basse
- tipologia di interventi con perforazioni subverticali, realizzati prevalentemente al di sopra della testa della galleria

Queste e altre migliorie insieme hanno contribuito a rendere l'intervento significativamente più efficace, massimizzando gli assorbimenti di miscela e aumentando il raggio di influenza nell'intorno di ogni singola valvola.

Allo stesso tempo tutti questi accorgimenti hanno garantito un minore impatto sulla superficie, in particolare:

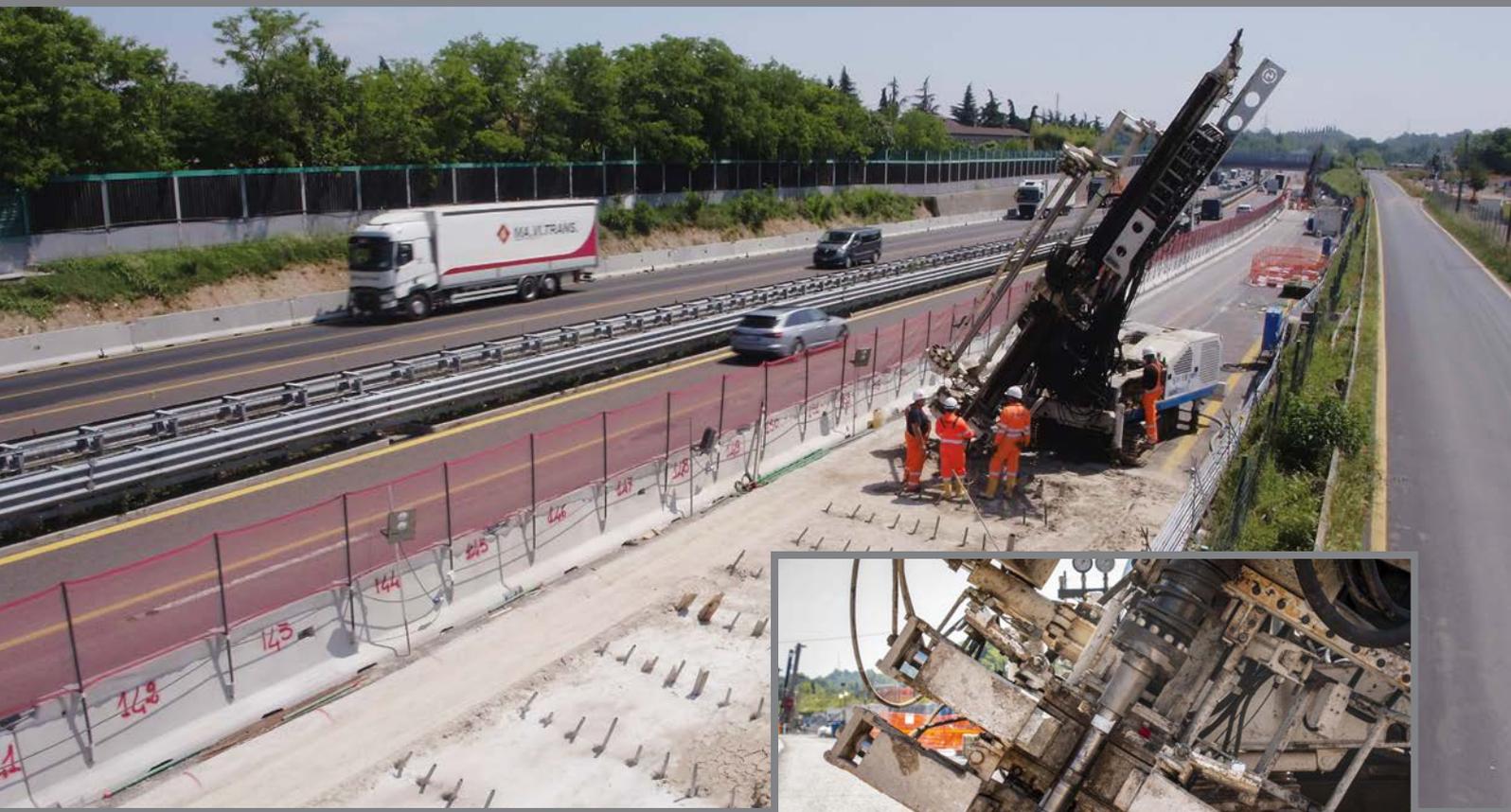
zione

- **iniettati più di 10 milioni di litri di miscela per trattare un volume di terreno pari a 54 000 m³**

parte dei trattamenti sono stati realizzati prima e dopo il sottoattraversamento della A4 realizzati da aree esterne alla piattaforma stradale.

Ad oggi è stata eseguita la prima fase di intervento la cui parte più complessa e delicata è quella che riguarda il sottoattraversamento della A4

La disponibilità concessa da A4 Autostrade SpA ha permesso di realizzare gli interventi in tempi celeri, recuperando tutti i ritardi accumulatisi a causa delle indagini supplementari e della revisione del progetto.



- l'iniezione attraverso perforazioni subverticale,
- la maggiore distribuzione delle valvole, che ha significato un minore volume iniettato attraverso ogni singola valvola,
- ma soprattutto l'applicazione di portate estremamente basse anche inferiori ai 3 l/min

Affinché questo nuovo approccio potesse essere applicato e messo in opera, è stato chiesto ad Autostrade SpA l'opportunità di operare da una area riservata all'interno della piattaforma autostradale, garantendo nel contempo di mantenere pressoché invariato l'esercizio del traffico autostradale.

Dall'interno di un'area estremamente ristretta (*non più di 7 m*) confinata tra barriera antirumore e barriera new-jersey di separazione con il traffico autostradale, a lavoro completato, saranno realizzati

- **circa 4200 fori per un totale di circa 90 000 m di perfora-**



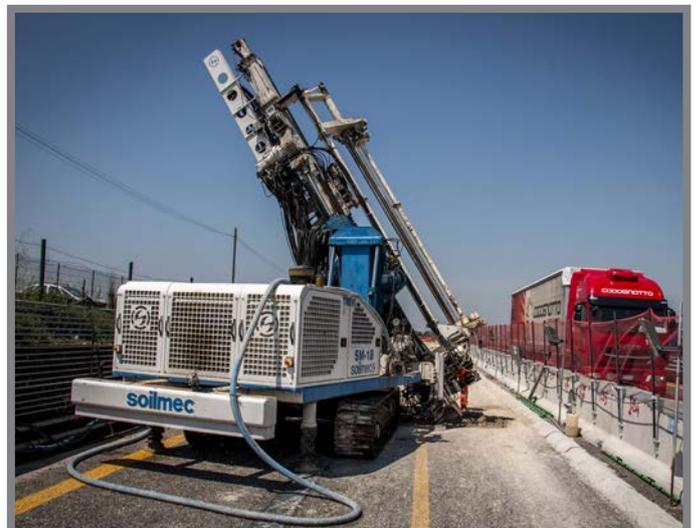


Inoltre, i risultati ottenuti a seguito della realizzazione della prima fase di intervento, realizzata dalla carreggiata Nord, hanno evidenziato che le migliori applicate hanno effettivamente contribuito ad incrementare in modo significativo le percentuali di assorbimento rispetto al volume di terreno di competenza del consolidamento.

La sequenza di iniezione adottata, attraverso fori primari e secondari, ha permesso di valutare la mutua interazione della iniezione realizzata da fori distinti e di stimare i raggi di influenza della miscela iniettata.

Prove di controllo realizzate post trattamento hanno, infine, fornito informazioni confortanti riguardo il grado di miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dai consolidamenti.

Il proseguo degli interventi sarà oggetto di ulteriori indagini che hanno lo scopo di valutare l'efficacia dei trattamenti di iniezioni.



**I numeri
del progetto**

4200 fori

**10.000.000 litri
di miscela iniettata**

**54.000 m³
di terreno trattato**

90.000 metri
di perforazione





5819, via Dismano - 47522 Cesena (FC) - Italy

Tel. +39.0547.319311

Fax +39.0547.318542

e-mail: intdept@trevispa.com

www.trevispa.com