

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

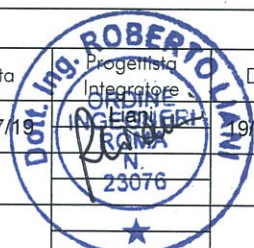
PROGETTO ESECUTIVO

GA27 - GALLERIA ARTIFICIALE BRESCIA EST
DA PK 105+814 A PK 106+304
RELAZIONE GENERALE

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: <u>29 MAG 2020</u>	 Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	R O	G A 2 7 0 0	0 0 1	A

PROGETTAZIONE					
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data
A	Emissione	Maffani	19/07/19	C. Bellami	19/07/19
B					
C					



CIG. 751447334A File: INOR12EE2ROGA2700001A 10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA s.r.l.

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO GA 270 0 001

Rev.
A

Foglio
2 di 17

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	ELABORATI DI RIFERIMENTO	4
3.	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO	6
3.1.	NORMATIVE	6
3.2.	SPECIFICHE TECNICHE	6
3.3.	ISTRUTTORIE DI RIFERIMENTO	6
4.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
4.1.	INQUADRAMENTO GENERALE	7
4.2.	SEZIONE TIPO CORRENTE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE	7
4.3.	SEZIONE TIPO CORRENTE DEI MURI DI IMBOCCO/SBOCCO	10
5.	GEOLOGIA E GEOTECNICA	12
5.1.	STRATIGRAFIA	12
5.2.	FALDA	12
5.3.	LOESS	12
5.4.	DEPOSITI GLACIALI ETEROMETRICI (SABBIE E GHIAIE)	13
5.5.	DEPOSITI FLUVIOGLACIALI (CONGLOMERATI)	13
5.6.	SABBIE E LIMI PROFONDI	14
5.7.	SINTESI DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
6.	PARAMETRI SISMICI	15
7.	IDRAULICA DI PIATTAFORMA	16
8.	OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI	17

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riporta la descrizione dell'opera denominata Galleria artificiale Brescia Est – GA27, posta nel Comune Mazzano (BS), che si sviluppa dalla progressiva Pk 105+814 alla progressiva Pk 106+304.

L'intervento è complessivamente suddiviso in tre diverse tratte:

- da pk 105+814.000 a pk 105+984.000: muro di controripa di lunghezza 170m;
- da pk 105+984.000 a pk 106+100.000: galleria artificiale a singola canna di lunghezza 116m;
- pk 106+100.000: cavalcaferrovia IV40;
- da pk 106+100.000 a pk 106+234.000: galleria artificiale a singola canna di lunghezza 134m;
- da pk 106+234.000 a pk 106+304.000: muro di controripa di lunghezza 70m.

L'opera è corrispondente alla WBS GA27. La progettazione del cavalcaferrovia IV40 viene trattata nella relativa WBS. Nel tratto in oggetto corre l'Interconnessione BS Est, con velocità di progetto $160 \text{ Km/h} \leq V < 200 \text{ Km/h}$ e interasse binari di 4.00m.

La galleria artificiale è del tipo finestrata ed è collocata in adiacenza alla ferrovia esistente. È a sezione scatolare a singola canna, di larghezza 10.20 e altezza 8.35, con finestatura lato linea storica.

È prevista una nicchia al km 105+989 per remotizzatore, lato B.P., il cui asse è posto a 5m dall'inizio della GA27.

Nei capitoli successivi, vengono fornite le descrizioni delle parti d'opera costituenti la galleria, oltre ad un inquadramento generale delle problematiche geotecniche e delle modalità di scavo previste, rimandando alle singole relazioni specialistiche per i dettagli di calcolo.

2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GA27, di cui la presente relazione generale costituisce parte integrante.

CODICE										DESCRIZIONE	
INOR	12	E	E2	R	O	GA	27	0	0	001	Relazione generale
INOR	12	E	E2	R	B	GA	27	0	0	001	Relazione geotecnica
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	001	Galleria artificiale - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	002	Galleria artificiale - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	R	O	GA	27	0	0	003	Relazione di verifica di resistenza al fuoco Galleria artificiale
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	003	Muri di imbocco - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	004	Muri di imbocco - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	1	001	Opere di sostegno degli scavi - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	1	002	Opere di sostegno degli scavi - Tabulati di calcolo
INOR	12	E	E2	R	I	GA	27	0	6	001	Relazione di smaltimento acque di piattaforma
INOR	12	E	E2	4	T	GA	27	0	0	001	Tabella materiali
INOR	12	E	E2	P	8	GA	27	0	0	001	Planimetria di individuazione dell'opera
INOR	12	E	E2	F	6	GA	27	0	0	001	Profilo longitudinale generale dell'opera
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	001	Pianta e sezione longitudinale tav.1/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	002	Pianta e sezione longitudinale tav.2/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	003	Pianta e sezione longitudinale tav.3/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	004	Pianta e sezione longitudinale tav.4/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	005	Pianta e sezione longitudinale tav.5/6
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	0	006	Pianta e sezione longitudinale tav.6/6
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	0	001	Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche
INOR	12	E	E2	F	6	GA	27	0	0	002	Profilo geotecnico in asse galleria
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	001	Pianta scavi Tav. 1/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	002	Pianta scavi Tav. 2/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	003	Pianta scavi Tav. 3/3
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	005	Sezioni tipo galleria
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	002	Sezioni tipo muri di linea
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	0	002	Planimetria sistemazione definitiva
INOR	12	E	E2	W	A	GA	27	0	0	001	Sistemazione finale - Sezioni trasversali Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	W	A	GA	27	0	0	002	Sistemazione finale - Sezioni trasversali Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	001	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Ovest Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	002	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Ovest Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	003	Carpenteria - Pianta, profilo e sezioni - Muri lato Est
INOR	12	E	E2	W	9	GA	27	0	1	001	Opere di sostegno e scavi - Sezioni trasversali Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	W	9	GA	27	0	1	002	Opere di sostegno e scavi - Sezioni trasversali Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	004	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 1/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	005	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 2/3
INOR	12	E	E2	P	A	GA	27	0	1	006	Planimetria di tracciamento opere di sostegno 3/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	001	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 1/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	002	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 2/3

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 RO GA 2700 001Rev.
AFoglio
5 di 17

INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	003	Profilo longitudinale opere di sostegno - micropali Tav. 3/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	004	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 1/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	005	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 2/3
INOR	12	E	E2	F	A	GA	27	0	1	006	Profilo longitudinale opere di sostegno - paratia di pali 3/3
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	001	Concio 1 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	002	Concio 1 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	003	Conci 2-3-4-5-8-9-10-11 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	004	Conci 2-3-4-5-8-9-10-11 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	001	Concio 6 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	004	Concio 6 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	007	Concio 7 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	008	Concio 7 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	009	Concio 12 - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	010	Concio 12 - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	001	Palo tipo 1 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	002	Palo tipo 2 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	003	Palo tipo 3 - Armatura
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	004	Paratia di pali e micropali - Sezione tipo e dettagli
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	1	005	Paratie di pali e micropali - Armatura cordolo sommitale
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	6	001	Pianta drenaggi di piattaforma
INOR	12	E	E2	P	Z	GA	27	0	6	002	Opere di drenaggio di superficie
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	9	001	Dettagli opere di impermeabilizzazione, barriere e recinzioni
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	019	Muri di imbocco lato Ovest - Concio A - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	006	Muri di imbocco lato Ovest - Concio A - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	012	Muri di imbocco lato Ovest - Concio B - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	006	Muri di imbocco lato Ovest - Concio B - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	013	Muri di imbocco lato Ovest - Conci C/D/E/F - Armatura Tav.1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	008	Muri di imbocco lato Ovest - Conci C/D/E/F - Armatura Tav.2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	014	Muri di imbocco lato Ovest - Concio G - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	005	Muri di imbocco lato Ovest - Concio G - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	015	Muri di imbocco lato Est - Concio H - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	007	Muri di imbocco lato Est - Concio H - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	5	001	Muri di imbocco lato Ovest ed Est - Conci G/H - Armatura banchina e magrone
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	016	Muri di imbocco lato Est - Concio I - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	B	GA	27	0	0	003	Muri di imbocco lato Est - Concio I - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	017	Muri di imbocco lato Est - Concio L - Armatura Tav. 1/2
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	018	Muri di imbocco lato Est - Concio L - Armatura Tav. 2/2
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	1	001	Schema fasi costruttive
INOR	12	E	E2	P	6	GA	27	0	8	001	Interferenze con i sottoservizi
INOR	12	E	E2	C	L	GA	27	0	0	005	Vasca drenante ovest - Muro a L - Relazione di calcolo
INOR	12	E	E2	B	A	GA	27	0	0	004	Vasca drenante ovest - Muro a L - Pianta scavi e carpenteria muro
INOR	12	E	E2	B	Z	GA	27	0	0	011	Vasca drenante ovest - Muro a L - Armatura

3. NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

3.1. Normative

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **D.P.R. n. 380/2001** e s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1992-1-2 aprile 2005 (EC2 "Progettazione strutturale contro l'incendio")** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)
- **AICAP-AGI (2012). Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.** Raccomandazioni

3.2. Specifiche Tecniche

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- "Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M. 2008" rev. 01 del 26.01.2017 – ITALFERR U.O. Gallerie

3.3. Istruttorie di riferimento

- IN0500D09ISGAXX00001A_IN05-RV-0000000565
- IN0500D11ISGA0000201B_IN05-RV-0000000779
- IN0500D11ISGA2700107B_IN05-RV-0000000773
- IN0500D11ISID0000004A_IN05_RV_000000626
- IN0500D11ISGA000X101A_IN05-RV-0000000570

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1. Inquadramento generale

L'opera in progetto, posta tra le progressive 105+814.000 e 106+304.000, attraversa la collina di Ciliverghe, incidendola a Sud della ferrovia esistente che le corre in affiancamento.

La galleria artificiale è stata inserita come opera di mitigazione ambientale richiesta in Conferenza dei Servizi dal Comune di Mazzano (BS): per garantire un miglior inserimento ambientale nei pressi della collina in zona Lazzareto, si prevede un ripristino morfologico in continuità con la collina esistente mediante ritombamento di circa 1m di spessore al di sopra della galleria.

Per ridurre lo sbancamento durante la fase realizzativa, sono state previste opere di sostegno provvisori.

Alla luce del profilo geotecnico, al fine di migliorare le prestazioni meccaniche del terreno, si prevede una bonifica di spessore pari a circa 2,50m dalla base dello strato di magrone su cui appoggiano le fondazioni dei manufatti. La quota di intradosso della bonifica dovrà essere verificata ed eventualmente definita in dettaglio localmente alla luce delle effettive condizioni del terreno riscontrate durante lo scavo. Per eventuali sovrascavi, le opere provvisorie degli scavi andranno riverificate di conseguenza.

4.2. Sezione tipo corrente della Galleria Artificiale

La galleria artificiale è a sezione scatolare a singola canna, di larghezza 10.20 e altezza 8.35. La distanza tra P.F. e soletta superiore è 6.80m, mentre la distanza tra P.F. e fondazione è pari a 1.55m: tale distanza è superiore a quella prevista dal Manuale di Progettazione (scheda n°88 dell'Allegato 2 RFI DTC SI GA MA IFS 001 A), pari a 1.40m, per consentire l'approfondimento della quota della canaletta idraulica centrale e garantire lo smaltimento delle acque meteoriche, dal momento che la livelletta ha quota costante ed ha pendenza pressoché nulla; il piano del ferro è pari a 144.27m s.l.m.

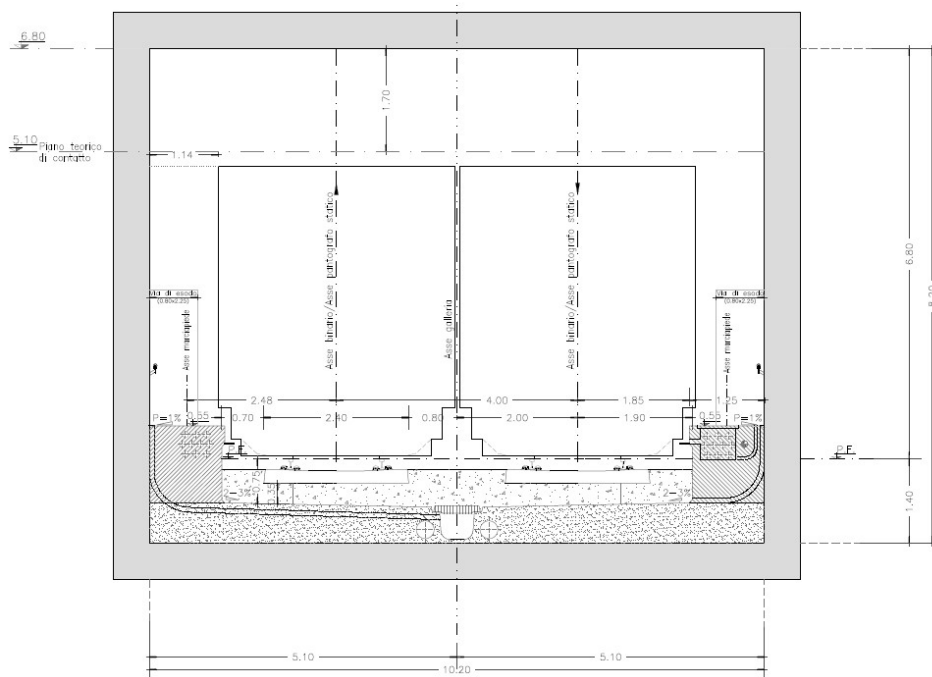


Figura 1. Sezione in rettilo da Manuale di Progettazione (scheda n°88 dell'Allegato 2 RFI DTC SI GA MA IFS 001 A)

I piedritti e la copertura hanno spessore pari a 1.20m, mentre la fondazione ha spessore pari a 1.60m e appoggia su uno strato di magrone di 15cm, necessario per la regolarizzazione del fondo scavo e la protezione dell'impermeabilizzazione.

Per garantire la stabilità dell'opera è presente un taglione in c.a. lato monte, di dimensioni $b \times h = 1.60\text{m} \times 1.60\text{m}$.

La galleria è suddivisa in dodici conci, di cui dieci di lunghezza pari a 22,5m, uno di lunghezza pari a 7m in corrispondenza dell'IV40 e uno da 18m, in adiacenza ad esso; inoltre, il primo concio ospita la nicchia per il remotizzatore.

I conci sono separati da giunti di 2cm con waterstop lungo tutto il perimetro, mentre in corrispondenza delle riprese di getto si prevedono cordoni bentonitici.

Alla base della fondazione e lungo il piedritto lato terra, l'impermeabilizzazione è realizzata con singolo strato di guaina bituminosa con spessore pari a 4mm, mentre in copertura sono presenti due strati da 3+4mm di spessore.

Il terreno di ricoprimento corrente ha un'altezza minima di un metro e risulta rettilineo per una larghezza di circa 13.10m, per poi raccordarsi con il terreno naturale con scarpate di pendenza di 30°.

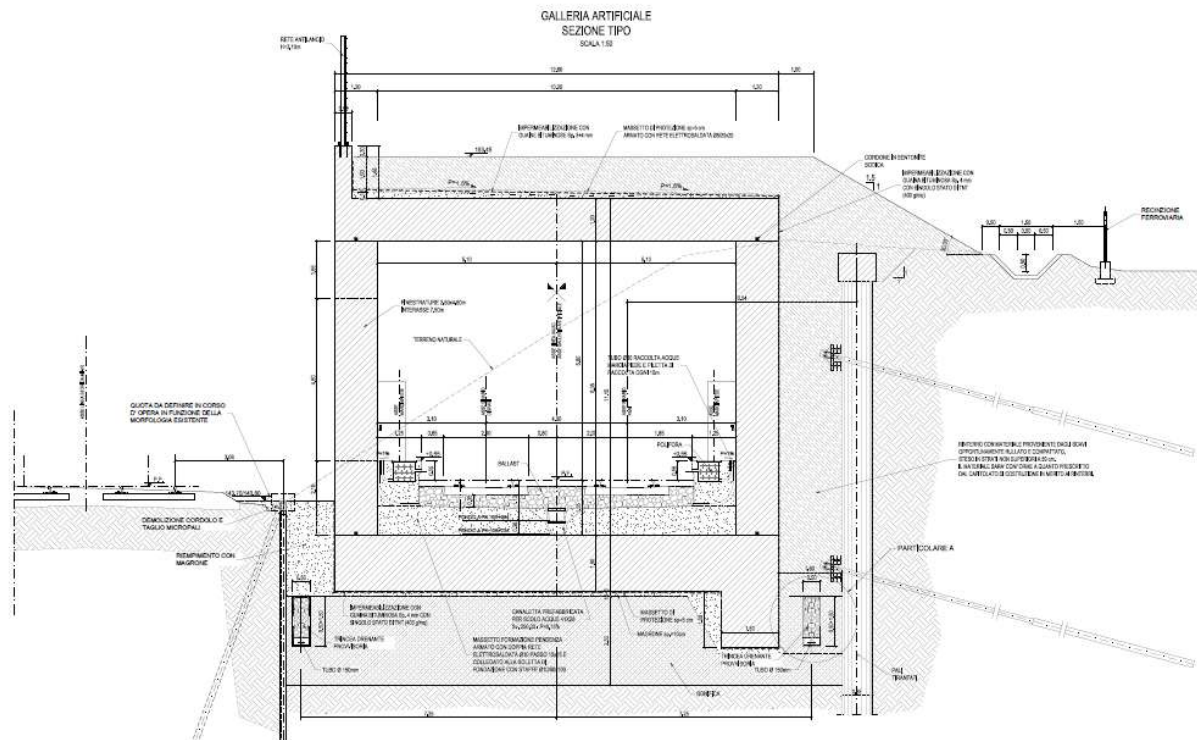


Figura 2. GA27-sezione tipo

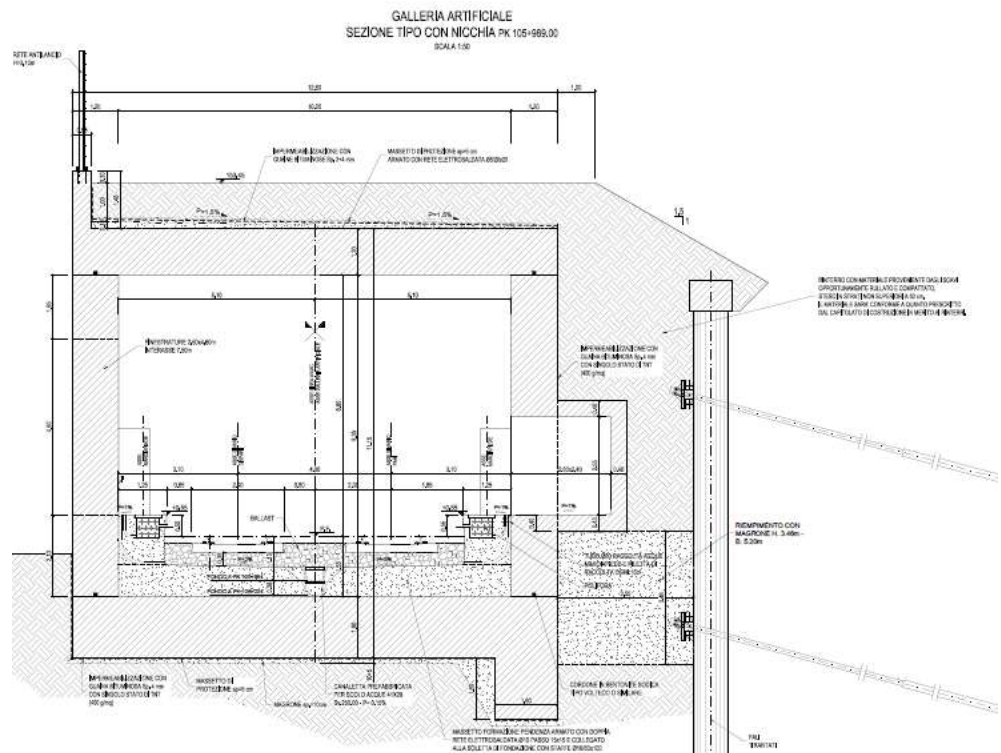


Figura 3. GA27-sezione tipo in corrispondenza della nicchia

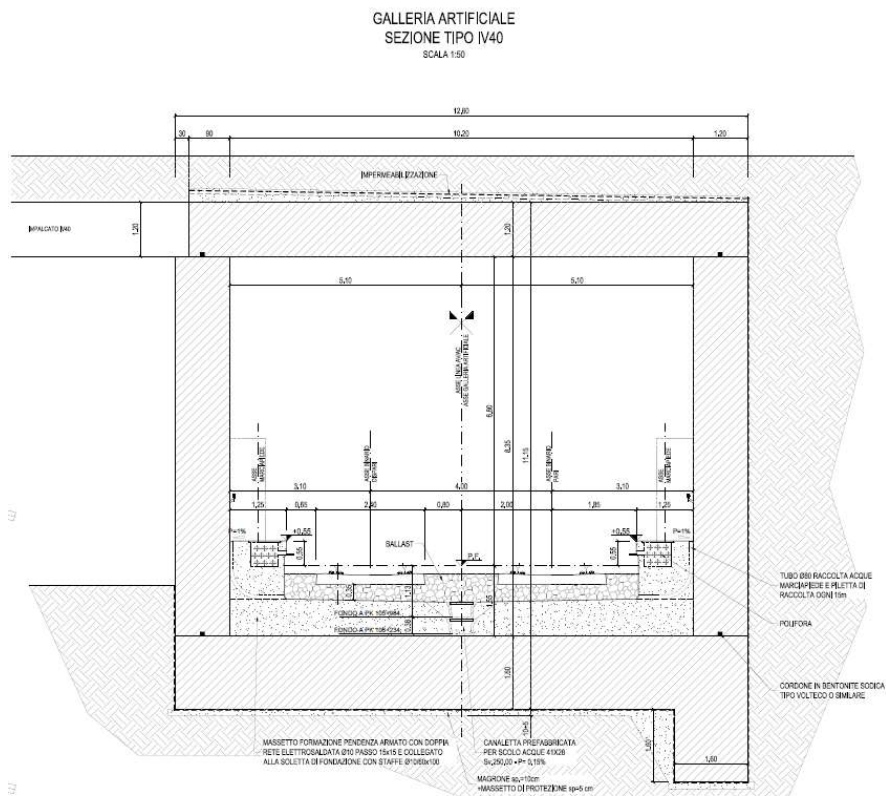


Figura 4. GA27-sezione tipo in corrispondenza del cavalcaferrovia IV40

4.3. Sezione tipo corrente dei Muri di Imbocco/Sbocco

I muri di controripa hanno un'altezza variabile da 2.40m a 11.10m e sono in c.a. gettato in opera.

La fondazione è posizionata al di sotto della piattaforma ferroviaria ed ha uno spessore variabile da 90 a 130cm.

Dove la fondazione ha spessore pari a 90cm, i piedritti hanno spessore pari a 70cm, mentre dove la fondazione ha spessore pari a 130cm, i piedritti hanno spessore pari a 130cm.

Negli ultimi 2.30m, i piedritti hanno spessore inferiore e pari a 50cm. Sulla loro sommità vengono ancorate le reti antilancio.

Entrambe le facce dei piedritti sono verticali.

La distanza fra piano del ferro ed estradosso fondazione è pari a 1.67m ed è impostata in modo tale da consentire l'approfondimento delle quote delle canalette idrauliche e garantire lo smaltimento delle acque meteoriche, dal momento che la livelletta ha quota pressoché costante.

La quota del P.F. è pari a 144.27 m s.l.m. nella tratta di imbocco, mentre è variabile da 144.27m s.l.m. a 144.20m s.l.m. nella tratta in uscita in direzione Verona.

Nella tratta di imbocco, lato Ovest, sono presenti sette conci di cui il primo ha lunghezza pari a 20m (concio A), mentre i rimanenti sei (conci B, C, D, E, F, G) hanno lunghezza pari a 25.0m.

Nella tratta di sbocco, lato Est, sono presenti tre conci, di cui due da 25m (conci H e I) e di uno da 20m (concio L).

Poiché la quota del calpestio della banchina all'interno dei muri è inferiore rispetto alla quota del calpestio all'interno della galleria, sono presenti rampe di raccordo sia in corrispondenza dei muri di imbocco, sia in corrispondenza dei muri di sbocco. Le rampe hanno pendenza pari al 10%.

I vari conci sono separati da giunti strutturali da 2cm di ampiezza con waterstop.

L'impermeabilizzazione è presente solo in fondazione; a tergo del paramento i barbacani scaricano nella canaletta a lato della piattaforma l'acqua di infiltrazione dal terreno.

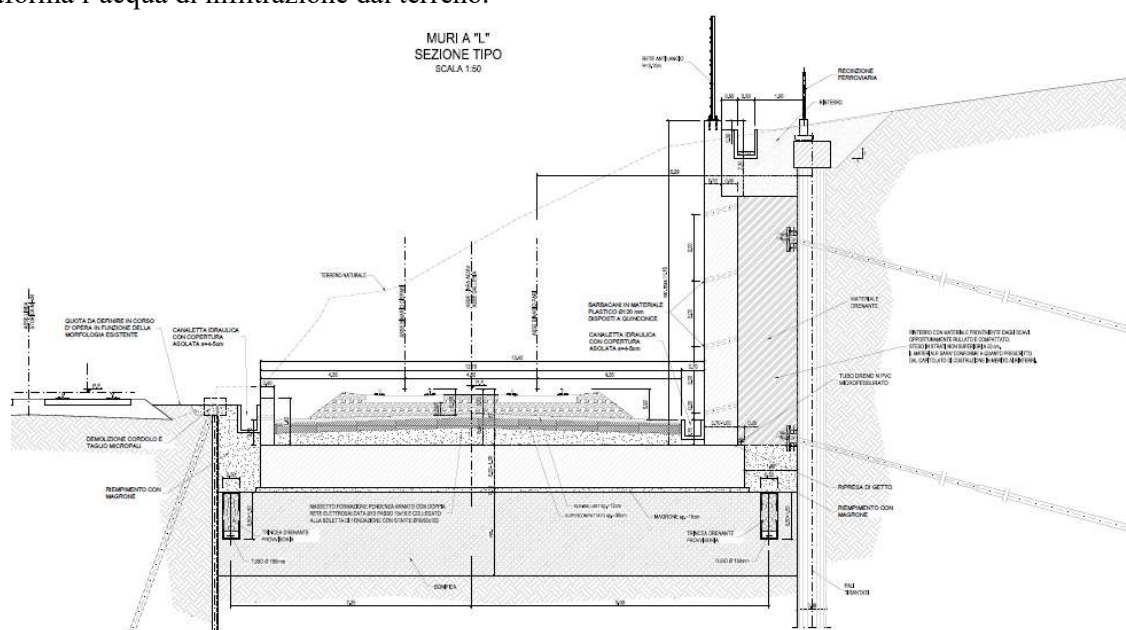


Figura 5. Sezione tipo muro ad L

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 RO GA 2700 001

Rev.
A

Foglio
11 di 17

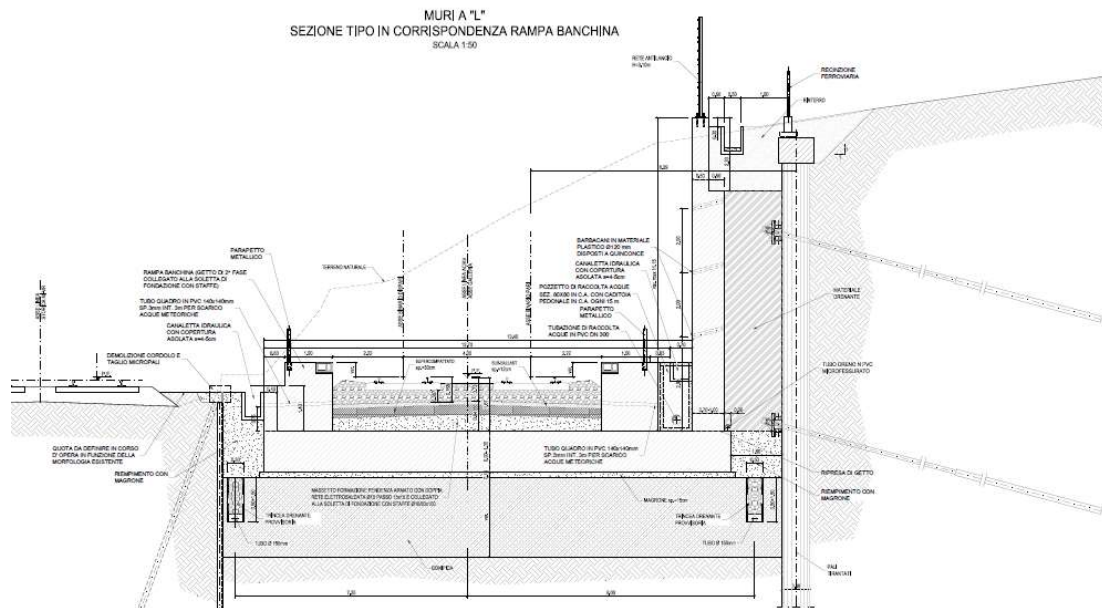


Figura 6. Sezione tipo muro ad L con rampa

5. GEOLOGIA E GEOTECNICA

5.1. Stratigrafia

I sondaggi disponibili hanno evidenziato come la collina di Ciliverghe, incisa dalla GA27, sia costituita dai seguenti terreni (procedendo dalla sommità in profondità):

- una coltre superficiale di loess, rappresentata da sabbie limose poco addensate e limi sabbiosi, con locale e irregolare prevalenza della frazione più francamente grossolana o di quella più fine, fino ad avere lenti di argilla;
- alla base del loess, depositi glaciali di granulometria eterometrica, da argilla con ghiaia a ciottoli subangolosi e sabbia ghiaiosa;
- alla base, e fino alle profondità di interesse, depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaia eterometrica subangolosa, con livelli conglomeratici a bancate anche plurimetriche e trovanti;
- un'alternanza di sabbie e limi, nei quali tuttavia si ha di rado una frazione nettamente prevalente sulle altre: nei terreni fini è sempre presente una percentuale, anche rilevante, di terreni granulari, e viceversa.

Le unità sopra definite non sono comunque correlabili in modo sempre chiaro e regolare (a luoghi prevale la frazione granulare, a luoghi e con un limite non netto la frazione fine), e soprattutto non presentano una stratificazione regolare e orizzontale, così che risulta difficile definire una successione stratigrafica di riferimento.

Ai fini delle verifiche della galleria artificiale, si potrà considerare la seguente stratigrafia:

- da p.c. a 141 m s.l.m. (\cong quota intradosso GA): loess
- 141 m s.l.m. ÷ 138.5m s.l.m.: ghiaie e sabbie (depositi glaciali)
- 138.5 m s.l.m. ÷ 126.5m s.l.m.: conglomerati (depositi fluvioglaciali)
- <126.5m s.l.m.: sabbie e limi

5.2. Falda

Le letture piezometriche antecedenti il 2018, condotte nei piezometri installati durante le campagne di indagine realizzate nelle fasi progettuali precedenti, avevano individuato una falda profonda rispetto alle opere in progetto e non interferente con le stesse. In particolare, nel piezometro al foro S06 (2002) era stata registrata una soggiacenza media di 20.43m, corrispondente a una falda nell'intorno di quota 124m s.l.m., con un'escursione di 1.15m, mentre il piezometro stesso era risultato asciutto nelle letture degli anni successivi (cfr. la "Relazione idrogeologica" del Progetto Definitivo IN0500DE2RGGE0002001-1).

A prescindere dall'interpretazione delle letture e delle cause che portano ai segnalati picchi isolati, si osserva che la quota dell'acqua rilevata nei piezometri rimane comunque sempre largamente inferiore alle quote di interesse per le opere in progetto, anche considerando i picchi suddetti, e in genere inferiore (con l'eccezione di una singola lettura in un solo piezometro, senza riscontro in quelli adiacenti) alla quota di falda di progetto assunta nel Progetto Definitivo (127.5m s.l.m.), che risultava cautelativa già in quella fase.

Per quanto osservato si è confermata anche per la presente fase progettuale la medesima assunzione:

quota di falda: 127.5m s.l.m.

La superficie di falda è assunta orizzontale nell'ambito dello sviluppo della GA e delle principali opere adiacenti (muri e all'uscita della GA e cavalcaferrovia IV40).

5.3. Loess

L'unità è costituita in prevalenza da limi sabbiosi e argillosi e sabbie limose, ma contiene anche lenti e livelli granulari a luoghi anche grossolani. In via cautelativa, ai fini della caratterizzazione, si è considerata l'unità come interamente formata da terreni fini.



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 RO GA 2700 001Rev.
AFoglio
13 di 17

Le tabelle seguenti riportano i risultati delle prove di laboratorio condotte su campioni limosi o argillosi attribuiti al loess superficiale.

Sondaggio	Campione Profondità Da A.G.			w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica				
	-	m	-				%	kN/m ³	kN/m ³	WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M
S06	SPT4	24	L,A				27	19	8	0	5.0	3.0	58.2	33.8	-	-	kPa	°	kpa	[MPa]	[MPa]	m2/sec	m/sec
3S5407	01C	3.25	A(L)(S)(G)				60.1	42.5	17.6	0	15.0	24.3	21.1	39.6	A7-5	11							

Tabella 1 Loess: prove di laboratorio 2002 (campioni di terreni fini)

Sondaggio	Campione Profondità Da A.G.			w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica					
	-	m	-				%	kN/m ³	kN/m ³	WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M _{ur}
GA27_TA_001_2018	CR1	2.75	A(L)(S)(G)	18.6	20.28	26.48	61	26	35	0	12.71	15.73	21.62	49.94	A7-6	17								
	CR1	2.75	A(L)(S)	32.6	17.76	26.79	98	42	56	0	0.8	11.45	18.45	69.3	A7-5	20								
GA27_TA_002_2018	CR2	6.55	A(L)(S)	26.2	19.58	26.62	44	25	19	0	0.47	8.19	33.26	58.08	A7-6	9								
	CR3	8.75	A(L)(S)	30.6	19.1	26.27	63	32	31	0	2.35	17.45	22.23	57.97	A7-5	16								
	CR4	14.25	A,L	23.6	20.47	26.41	42	23	19	0	0	0.97	41.11	57.92	A7-6	8								
GA27_TA_003_2018	CR1	2.75	A(L)(S)	30.6	18.85	26.04	105	40	65	0	2.44	9.51	23.38	64.67	A7-5	20								

Tabella 2 Loess: prove di laboratorio 2018 (campioni di terreni fini)

5.4. Depositi glaciali eterometrici (sabbie e ghiaie)

Le seguenti Tabella 3 e Tabella 4 riportano i risultati delle prove di laboratorio condotte su campioni attribuibili all'unità geotecnica in oggetto.

Sondaggio	Campione Profondità Da A.G.			w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica					
	-	m	-				%	kN/m ³	kN/m ³	WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M _{ur}
XA202R084	CR4	26.35	G(S)(L)							0	42.2	32.9	20.7	4.2	A1-b	-								
S06	SPT1	6	S(G)(L)							0	23.1	47.6	25.0	4.3										
3S5407	10C	30.25	L(S)(G)							0	17.4	38.1	44.5		A4	2								
	11C	33.25	L(S)(G)							0	22.9	34.9	42.3		A4	1								
3S5408	01C	3.1	S,L(A)				41	26	15	0	15.5	39.8	31.9	12.8	A7-6	4								
	08C	24.1	S,G,L							0	35.7	36.3	27.9		A2-4	0								

Tabella 3 Sabbie e ghiaie (depositi glaciali): prove di laboratorio precedenti il PE

Sondaggio	Campione Profondità Da A.G.			w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica					
	-	m	-				%	kN/m ³	kN/m ³	WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M _{ur}
GA27_TA_003_2018	CR2	6.45	G,S(A)	4.1	19.86	27.28				0	41.76	37.03	21.21											
	CR4	15.25	S,L(A)	15.1	20.28	26.64	22	17	5	0	1.53	43.03	37.77	17.67	A4	4								

Tabella 4 Sabbie e ghiaie (depositi glaciali): prove di laboratorio 2018

È possibile osservare che sebbene la frazione sabbiosa sia in generale prevalente e quella ghiaiosa molto rilevante quando non essa stessa prevalente, in tutti i campioni si ha comunque una percentuale di terreno fine, soprattutto limoso, non trascurabile.

5.5. Depositi fluvio-glaciali (conglomerati)

Per la caratterizzazione di questa unità, oltre ai risultati delle prove di laboratorio e delle indagini geofisiche, si è fatto ricorso alle prove SPT; tuttavia, poiché le prove SPT condotte entro fori di sondaggio ubicati lungo la GA o in stretta prossimità di essa sono state nella grandissima maggioranza dei casi interrotte a rifiuto, com'è tipico di questi materiali, si è scelto di utilizzare anche le prove condotte nei fori di sondaggio SS406-406A-406B, posti a una certa distanza lungo l'asse e che hanno riscontrato, alle profondità corrispondenti, materiali con una cementazione molto meno diffusa e un grado di cementazione minore. Ciò ha consentito di disporre di un numero maggiore di dati, che ovviamente ha portato a una stima cautelativa dei parametri interessati, secondo quanto indicato anche nel seguito.

Le seguenti Tabella 5 - Tabella 7 riportano i risultati delle prove di laboratorio condotte su campioni attribuiti alla unità geotecnica considerata.



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 RO GA 2700 001Rev.
AFoglio
14 di 17

Sondaggio	Campione	Profondità	Da A.G.	w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica				
							WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M_{ur}	C_v	k_{ED}
	-	m	-	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	%	%	%	%	%	%	-	-	kPa	°	kpa	[MPa]	[MPa]	m ² /sec	m/sec
XA202R084	CR2	15.25	G(S)(L)								0	60.5	25.0	12.6	1.9								
S06	SPT1	6	S(G)(L)								0	23.1	47.6	25.0	4.3								
35S407	06C	18.25	G(S)(L)								0	40.0	41.0	19.0			A1-b	0					
35S408	03C	9.1	G,S(L)								0	51.5	26.4	22.1			A1-b	0					
	04C	12.1	G,S(L)								0	44.8	35.6	13.0			A1-b	0					
	06C	18.1	S,G(L)								0	38.7	40.3	21.0			A1-b	0					

Tabella 5 Conglomerati (depositi fluvio-glaciali): prove di laboratorio precedenti il PE

Sondaggio	Campione	Profondità	Da A.G.	w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica				
							WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M_{ur}	C_v	k_{ED}
	-	m	-	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	%	%	%	%	%	%	-	-	kPa	°	kpa	[MPa]	[MPa]	m ² /s	m/s
GA27_TA_001_2018	CR4	16.25	G,S(L)	2	18.4	27.22	19	13	6	0	55.15	23.84	14.11	6.90	A1-b	0							
	CR5	19.25	G,L(S)	1.2	18.26	26.98				5.11	72.96	10.27	11.65										
	CR6	22.25	G,S(L)	7.3	19.14	26.93	18	15	3	4.36	66.37	16.99	9.29	2.99	A1-a	0							
GA27_TA_002_2018	CR5	17.75	G(S)(L)	6.5	20.7	27.07				0	55.30	25.97	14.70	4.03	A1-b	0							
	CR6	20.75	G(S)(L)	4.2	19.4	27.14				0	57.31	25.46	14.35	2.88	A1-b	0							
GA27_TA_003_2018	CR5	21.75	G,C(S)(L)	5.5	18.39	26.59				11.79	73.52	7.22	7.48										

Tabella 6 Conglomerati (depositi fluvio-glaciali): prove di laboratorio del 2018

Sondaggio	Campione	Profondità	Point load test	
			I_{50}	σ_c
	-	m		[MPa]
GA27_TA_001_2018	CL1	14.15	2.28	50.16
GA27_TA_002_2018	CL1	25.0	2.05	45.1
GA27_TA_003_2018	CL1	17.25	2.91	64.02
	CL2	19.5	2.57	56.54

Tabella 7 Conglomerati (depositi fluvio-glaciali): prove di point load test (2018)

Si osserva che le prove sono condotte per lo più su campioni di terreno sciolto, ciò che può essere tuttavia dovuto a un'azione di disgregazione del conglomerato da parte del carotiere, come avviene spesso in materiali consimili.

Su alcune carote recuperate mantenendone la consistenza litoide sono state eseguite prove di resistenza a compressione monoassiale che hanno restituito valori di σ_c elevati (45-65 MPa).

5.6. Sabbie e limi profondi

La tabella sottostante riporta i risultati delle prove di laboratorio su campioni di questa unità.

Sondaggio	Campione	Profondità	Da A.G.	w	γ_n	Gs	Limiti Atterberg			Analisi Granulometrica					UNI 1153-1		Taglio diretto		Prova edometrica				
							WL	Wp	IP	ciottoli	ghiaia	sabbia	limo	argilla	classe	lg	c'	ϕ	σ	M	M_{ur}	C_v	k_{ED}
	-	m	-	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	%	%	%	%	%	%	-	-	kPa	°	kpa	[MPa]	[MPa]	m ² /sec	m/sec
S06	SPT4	24	L,A				27	19	8	0	5.0	3.0	58.2	33.8									
	SPT5	26.8	S(A)							0	1.1	65.5	24.2	9.2									
35S407	16C	48.25	S,L							0	0.0	53.9	46.1			A4	2						
	10C	30.1	S(G)(L)							0	19.7	52.3	28.0			A2-4	0						
35S408	11C	33.1	A(L)				46.6	18.5	28.1	0	4.9	2.0	46.5			A7-6	17						
	12C	36.1	L(A)(S)				48.5	26.7	21.8	0	0.0	37.0	63.0			A7-6	12						

Tabella 8

Come si vede, si tratta di sabbie e limi, sabbie limose e limi sabbiosi mediamente plastici; in un caso si hanno limi argillosi.

5.7. Sintesi della caratterizzazione geotecnica

Ai fini dei calcoli e delle verifiche oggetto del presente documento, di seguito si riportano i dati e i parametri geotecnici di progetto.

		Loess	Sabbie e ghiaie	Conglomerati	Sabbie e limi	
γ	[kN/m^3]	18-19	19.5	19-20	19	peso di volume
ϕ'	[°]	28-30	38	38	35	angolo di resistenza a taglio
c'	[kPa]	0-5	0	35-50	0	coesione intercetta
E_0	[MPa]	20+2.9z	200+18z	450+26.7z	450	modulo elastico iniziale
ν	[-]	0.3	0.3	0.25	0.3	coefficiente di Poisson

Tabella 9 Caratteristiche geotecniche del terreno

6. PARAMETRI SISMICI

La normativa tecnica vigente (DM 14/01/2008) ha definito i valori dell'accelerazione orizzontale di picco a_g e dei principali parametri spettrali in presenza di suoli rigidi di tipo A (ammassi rocciosi affioranti, o terreni molto rigidi, con velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/sec, eventualmente sovrastati da uno strato di alterazione superficiale di non più di 3 m di spessore), in forma puntuale, in funzione cioè delle coordinate geografiche del sito in esame. I valori dell'accelerazione a_g e dei parametri spettrali di riferimento possono essere determinati mediante un apposito foglio di calcolo fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici, in funzione delle coordinate di qualsiasi sito sul territorio nazionale, che vengono "allacciate" a un reticolo di punti di riferimento in cui tali parametri sono già stati determinati (sono anche allegati in formato tabellare alle NTC 2008 stesse). Qualora, come spesso capita, il sito di interesse non ricada esattamente su un nodo del reticolo di riferimento, i parametri spettrali e l'accelerazione di picco su suolo rigido sono determinati per interpolazione fra i valori dei 4 nodi del reticolo più vicini.

Per l'opera in oggetto, i parametri sismici di base e i conseguenti parametri spettrali sono stati calcolati in corrispondenza delle seguenti coordinate:

- 45.4853 , 10.3518

Classe d'uso	[-]	III
Vita nominale	[anni]	100
Coefficiente d'uso	[-]	1.5
Categoria sismica	[-]	B
Categoria topograf.	[-]	T1
Fattore di struttura q	[-]	1
Longitudine	[°]	10.3518
Latitudine	[°]	45.4853
Stato limite	[-]	SLV
$a_{g,0}$	[g]	0.232
S_s	[-]	1.172
S_t	[-]	1
$S = S_s * S_t$	[-]	1.172

Tabella 10. Parametri sismici

7. IDRAULICA DI PIATTAFORMA

L'infrastruttura ferroviaria in progetto, nel tratto interessato dell'opera, presenta un profilo longitudinale caratterizzato da una pendenza unidirezionale nulla.

Per tale motivo, si rende necessario conferire alle canalette idrauliche una pendenza longitudinale.

Nello specifico:

- 1) Nel tratto di muri da pk 105+814 a pk 105+984, dove la pendenza trasversale della piattaforma è a schiena d'asino, alle canalette laterali viene assegnata una pendenza longitudinale pari allo 0,05% con verso di scorrimento in direzione Brescia, per cui non vengono convogliate le acque meteoriche all'interno della GA27.
- 2) Nel tratto da pk 105+984 a pk 106+234, corrispondente alla galleria, viene assegnata una pendenza longitudinale pari allo 0,05% alla canaletta centrale rettangolare con verso di scorrimento verso Verona; l'alimentazione della canaletta è consentita da una batteria di griglie metalliche, aventi dimensioni 0,50mx0,50m, posizionate con un interasse di 15m. In corrispondenza ad ogni griglia, inoltre, confluiscono nella canaletta centrale, mediante tubazioni $\phi 80\text{mm}$, anche le acque provenienti dalle pilette di raccolta ubicate sul marciapiede.
- 3) Nel tratto di muri da pk 106+234 a pk 106+304, dove la pendenza trasversale della piattaforma torna a schiena d'asino, le acque provenienti dalla canaletta centrale della galleria proseguono in direzione Verona nelle due canalette rettangolari laterali, con pendenza longitudinale pari allo 0,1%.

Il recapito finale delle acque di piattaforma è rappresentato dalle due vasche di laminazione esterne, ma in adiacenza, alle opere in progetto.

8. OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

L'ubicazione dell'opera richiede, durante la fase costruttiva, la realizzazione delle due tipologie di opere di sostegno di seguito introdotte.

- La prima consiste in una paratia multitirantata di pali in c.a., con diametro $\phi 88\text{cm}$ e interasse 1,1m, a sostegno del terreno naturale esistente; in fase definitiva si ipotizza che tale opera non sia più efficace, pertanto la spinta del terrapieno sarà sostenuta dai manufatti in progetto. L'opera ha la funzione di limitare l'impatto dello scavo sulla collina.
- La seconda consiste in una berlinese di micropali a sostegno del rilevato ferroviario esistente durante lo scavo. Il micropalo a cavalletto è necessario per limitare gli spostamenti sommitali, data l'entità dell'altezza di scavo. Al fine di non sottoscavare le fondazioni dei pali della trazione elettrica a servizio della ferrovia esistente, la quota dell'estradosso cordolo della berlinese coincide con la quota di estradosso della fondazione dei pali della Trazione Elettrica.

La paratia multitirantata si sviluppa lato Sud (IC BP) per tutta la tratta è caratterizzata da tre tipologie di pali, con uno o due ordini di tiranti ad interasse pari a 2,2m o 3,3m, a seconda dell'altezza di scavo.

L'altezza di scavo è determinata anche dall'altezza della bonifica prevista in progetto.