

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 DEFINITIVO**

**GALLERIE ARTIFICIALI
G. A. CALCINATO II OVEST
RELAZIONE GENERALE**

IL PROGETTISTA
LAND CONSULTING S.r.l.
Il direttore tecnico



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo
degli Ingegneri della Provincia di Milano
al n. A23408 - Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52020357 - Fax 02.52020309
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA	Verificato	Data	Approvato	Data	

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 0 5 0 0 D E 2 R O G A 0 4 0 0 0 0 1 1

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
0	31.03.14	Emissione per CdS	TOSIANI	31.03.14	GALLO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi)
1	01.07.14	Revisione per CdS	TOSIANI	01.07.14	ALLI	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	
									Data: _____

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121 Data: 01.07.14 Doc. IN0500DE2ROGA04000011.doc



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

INDICE

1	PREMESSA	3
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
3	GEOLOGIA E GEOTECNICA	6
4	NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO.....	7
5	IDRAULICA	8
6	OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI.....	8
7	OPERE STRUTTURALI.....	9
7.1	GENERALITA'	9
7.2	MURI AD "U".....	11
7.3	GALLERIA POLICENTRICA ARTIFICIALE	13
8	FASI ESECUTIVE	17
1.	REALIZZAZIONE DELLE PARATIE DI PALI Ø 800 MM	17
2.	REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI	17
3.	REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA NATURALE	17
4.	REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA ARTIFICIALE POLICENTRICA	17
5.	REALIZZAZIONE DEI MURI AD "U"	17
6.	COMPLETAMENTO DELLE OPERE.....	18

1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva della Linea ferroviaria Alta Velocità/Alta Capacità Milano-Verona la Galleria Calcinato II è stata suddivisa in 3 opere distinte (WBS):

- CALCINATO II OVEST (TR03), corrispondente ad una trincea tra muri ad U;
- CALCINATO II OVEST (GA04), corrispondente ad una galleria artificiale a sezione policentrica;
- CALCINATO II (GN01), corrispondente ad una galleria naturale;
- CALCINATO II EST (GA05), corrispondente ad una galleria artificiale a sezione policentrica.

La presente relazione si riferisce alla progettazione dell'intervento denominato CALCINATO II OVEST, corrispondente alla WBS TR03 e compreso tra le progressive di linea km 101+590.00 e km 101+740, per uno sviluppo totale di 150.00 m più la WBS GA04 e compreso tra le progressive di linea km 101+740.00 e km 101+823.50, per uno sviluppo totale di 83.50 m.

In questo tratto la linea ferroviaria, a doppio binario, è caratterizzata da una velocità di progetto di 300 km/h e da un interasse tra i due binari di 4.50 m.

L'intervento si sviluppa completamente nel territorio comunale di Calcinato (BS), in corrispondenza di un rilievo collinare appartenente alla cerchia più esterna dell'anfiteatro morenico gardesano, compresa all'interno di un territorio perlopiù pianeggiante di origine alluvionale e fluvioglaciale.

In questo tratto la linea ferroviaria AV/AC in progetto corre parallelamente all'Autostrada A4 Milano-Venezia, immediatamente a nord di quest'ultima, che, limitatamente alla WBS in oggetto, corre in trincea con una profondità del piano viabile variabile tra 0 e 4 m circa da p.c.

Anche il tracciato ferroviario, il cui asse di progetto, corrispondente all'asse binario pari (direzione Milano), è ad una distanza dall'asse A4 di circa 30 m, corre ben al di sotto della quota terreno, con una profondità del piano del ferro variabile tra circa 3 m a inizio intervento (pk. 101+590.00) e oltre 13 m in corrispondenza dell'imbocco lato Milano della galleria naturale Calcinato II (pk. 101+823.50).

In questo tratto il tracciato ferroviario corre in rettilineo con una pendenza longitudinale costante pari a - 0.301969%.

L'intervento in progetto è così articolato:

- realizzazione di una trincea tra muri ad "U" tra le progressive km 101+590.00 e km 101+740.00, per una lunghezza complessiva di 150 m corrispondente alla WBS TR03;
- realizzazione di una galleria artificiale policentrica tra le progressive km 101+740.00 e km 101+823.50, per una lunghezza totale di 83.50 m corrispondente alla WBS GA04.

La transizione tra la trincea di muri 'ad U' e la galleria artificiale sarà costituita da un timpano di raccordo solidale alla galleria (paramento a tutta altezza dello spessore di 50 cm).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
D-E2-RO-GA0400-001

Rev.
1

Foglio
4 di 18

Il limite est della WBS GA04 è costituito dall'imbocco lato Milano della Galleria naturale Calcinato II (appartenente alla WBS GN01), preceduto da una dima d'attacco di lunghezza pari a 6.00 m.

Data la vicinanza del tracciato ferroviario con la sede della A4 il progetto prevede la realizzazione, sul lato autostrada, di un'opera provvisoria per il sostegno degli scavi, che nella fattispecie sarà costituita da una paratia di pali a grande diametro, provvista di due ordini di tiranti per l'intera lunghezza e a tre ordini di tiranti nella parte finale dalla la prog. 101+816.32 alla prog. 101+823.82.

Le interferenze principali sono costituite da un ossigenodotto (di proprietà Air Liquide) e da una strada poderale della larghezza di circa 2-2.5 m, che si sviluppano parallelamente alla linea ferroviaria in progetto e che verranno intercettate dalle operazioni di scavo sul lato nord, dove il fronte verrà profilato con pendenza 2/3 (33.69°).

Verrà intercettata inoltre, alla progr. km 101+624.07, una piccola roggia di irrigazione, attualmente tombinata sotto l'autostrada A4.

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

TUTTI GLI ELABORATI DI RIFERIMENTO CITATI ALL'INTERNO DEL DOCUMENTO SONO DA INTENDERSI CON CODICE COMMESSA "IN05" IN LUOGO DI "A202".

1.	CALCINATO II OVEST - Planimetria di progetto	A202-00-D-E2	P7	GA04	0	0	001
2.	CALCINATO II OVEST - Profilo longitudinale	A202-00-D-E2	F7	GA04	0	0	001
3.	CALCINATO II OVEST - Sezioni trasversali (Tav. 1/2)	A202-00-D-E2	W9	GA04	0	0	001
4.	CALCINATO II OVEST - Sezioni trasversali (Tav. 2/2)	A202-00-D-E2	W9	GA04	0	0	002
5.	CALCINATO II OVEST - Muri ad "U" - Planimetria e profilo	A202-00-D-E2	L7	TR03	0	0	001
6.	CALCINATO II OVEST - Muri ad "U" - Sezioni trasversali	A202-00-D-E2	W9	TR03	0	0	001
7.	CALCINATO II OVEST - Pianta P.F. - Vista dall'alto e sezione longitudinale	A202-00-D-E2	PZ	GA04	0	0	001
8.	CALCINATO II OVEST - Muri ad U - Pianta e sezione longitudinale	A202-00-D-E2	PX	TR03	0	0	001
9.	CALCINATO II OVEST - Muri ad U - Carpenteria e particolari	A202-00-D-E2	BZ	TR03	0	0	001
10.	CALCINATO II OVEST - Opere di drenaggio	A202-00-D-E2	PZ	GA04	0	0	002
11.	CALCINATO II OVEST - Galleria artificiale policentrica - Sezioni tipo - Carpenteria e particolari	A202-00-D-E2	BZ	GA04	0	0	001
12.	CALCINATO II OVEST - Galleria artificiale policentrica - Nicchie - Planimetria e profilo longitudinale	A202-00-D-E2	PA	GA04	0	0	001
13.	CALCINATO II OVEST - Galleria artificiale policentrica - Nicchie - Carpenteria e particolari	A202-00-D-E2	BZ	GA04	0	0	002
14.	CALCINATO II OVEST - Opere provvisionali - Prospetto	A202-00-D-E2	P9	GA04	0	4	001
15.	CALCINATO II OVEST - Opere provvisionali - Sezioni trasversali e particolari costruttivi	A202-00-D-E2	BZ	GA04	0	4	001
16.	CALCINATO II OVEST - Pianta scavi	A202-00-D-E2	P9	GA04	0	2	001
17.	CALCINATO II OVEST - Fasi costruttive	A202-00-D-E2	P8	GA04	0	0	001
18.	CALCINATO II OVEST - Planimetria ed interventi opere interferite	A202-00-D-E2	P7	GA04	0	8	001
19.	CALCINATO II OVEST - Relazione generale	A202-00-D-E2	RO	GA04	0	0	001
20.	CALCINATO II OVEST - Relazione di calcolo galleria artificiale policentrica e muri ad U	A202-00-D-E2	CL	GA04	0	0	001
21.	CALCINATO II OVEST - Relazione di calcolo opere provvisionali	A202-00-D-E2	CL	GA04	0	0	002
22.	CALCINATO II OVEST - Relazione idraulica	A202-00-D-E2	RI	GA04	0	0	001
23.	CALCINATO II OVEST - Relazione sul monitoraggio	A202-00-D-E2	CL	GA04	0	0	003

3 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Il tratto di ferrovia in progetto si situa in corrispondenza di un cordone morenico orientato grosso modo N-S appartenente alla cerchia più esterna dell'arco morenico del Garda, costituito da depositi quaternari di origine glaciale e fluvioglaciale, riconducibili all'unità geologica nota come *Allogruppo di Calcinato* [Pleistocene inferiore- medio]. Tale unità, recentemente istituita, corrisponde al sistema Mindeliano dell'anfiteatro morenico del Garda dei vecchi autori (Venzo, 1965).

All'interno dell'unità, generalmente caratterizzata da un profilo di alterazione alto con la presenza di un suolo di colore rossastro spesso al massimo 4.5 m, si possono distinguere in essa diverse facies deposizionali, tuttavia non sempre presenti:

- deposito eolici (loess) costituiti da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro chiaro, in placche isolate e di spessore variabile alla sommità dei cordoni morenici;
- depositi glaciali, costituiti da diamicton massivo a supporto di abbondante matrice limoso-argillosa, cementata in sommità, con clasti eterometrici di dimensioni massime sino a 6 m (massi erratici), da angolosi a subangolosi, poligenici, generalmente alterati;
- depositi fluvioglaciali, costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa, clasti generalmente alterati, arrotondati e poligenici.

L'idrogeologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di una falda freatica continua presente ad una quota di circa 115-116 m s.l.m. (soggiacenza di oltre 30 m da p.c.) e di una falda sospesa, presente ad una quota di circa 128-130 m s.l.m. Quest'ultima, dovuta più alla presenza di porzioni di depositi glaciali e fluvioglaciali con una maggiore percentuale di matrice limoso-argillosa che non a vere e proprie intercalazioni di terreni impermeabili, è da considerarsi di carattere discontinuo e temporaneo, risultando sensibile a ricariche dovute a periodi di maggiori precipitazioni.

I parametri geotecnici dei terreni che sono stati utilizzati sia per il dimensionamento delle opere di sostegno provvisoria degli scavi, sia per il dimensionamento dei muri ad "U" e della galleria artificiale policentrica, sono stati desunti dalla "Relazione Geotecnica" allegata al Progetto.

Di seguito si riportano i principali parametri geotecnici del terreno di fondazione utilizzati nei calcoli.

Unità	Spessore (m)	Descrizione	Peso di volume naturale γ (kN/m ³)	Peso di volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	Coefficiente di spinta a riposo k_0 (-)	OCR	Angolo d'attrito φ (°)	Modulo di elasticità E (MPa)
1	4	Limo sabbioso	18.5	-	0.5	1	28	20
2	-	Sabbia e ghiaia	19	21	0.5-1	1-4	35-37	50

Dai dati piezometrici a disposizione si ricava un livello massimo della falda pari a +130 m s.l.m.: tale quota risulta più bassa del fondo scavo e, di conseguenza, non si determinano

spinte idrostatiche sulle opere di sostegno provvisionali (paratia), definitive (muri ad U) e sulla galleria artificiale policentrica.

4 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

In base alla nuova normativa sismica (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003) il Comune di Calcinato (BS), nel quale sono ubicate tutte le opere in progetto, è classificato in zona 3.

Nelle analisi è stato applicato un evento sismico in base alla classificazione riportata nella nuova normativa, considerando, però, un'accelerazione sismica di calcolo pari a quella desumibile applicando la precedente normativa sismica (D.M. 16 gennaio 1996) ed attribuendo alle zone sismiche della nuova normativa i valori del parametro S riportati nella seguente tabella, secondo quanto riportato nel documento TAV "Treno Alta Velocità S.p.A.: Progetto Definitivo Linea A.V./A.C. Torino-Venezia Tratta Milano-Verona - Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno" (tabella 4 a pag. 40/54).

Zona	S (-)
1	12
2	9
3	6
4	6

Alla zona sismica 3 si associa quindi un valore del parametro S pari a 6.

Si ha quindi:

$$C = \frac{S-2}{100} = 0.04 \equiv k_h$$

In base a quanto suggerito dal suddetto documento TAV per il dimensionamento di strutture "poco flessibili" (scatolari e muri con fondazioni su pali), si applica un coefficiente maggiorativo (k_s) pari a 2 al coefficiente sismico suddetto. Si ha quindi:

$$k_h = k_s \cdot C = 2 \cdot 0.04 = 0.08$$

Quest'ultimo valore di k_h è riferito ad un periodo di ritorno (t_{ro}) pari a 475 anni.

Nel caso delle opere di sostegno provvisionali e nella fase provvisoria delle strutture, la vita media risulta molto inferiore rispetto a quella prevista nel calcolo e, quindi, il valore di 0.08 è stato ridotto in base alla seguente espressione.

$$k_h' = k_h \cdot \left(\frac{t_c}{p \cdot t_{ro}} \right)^k = 0.08 \cdot \left(\frac{5 \text{anni}}{0.05 \cdot 475 \text{anni}} \right)^{0.30 \div 0.45} = 0.05 \div 0.04$$

dove: t_c = vita media dell'opera, assunta nel calcolo in oggetto pari a 5 anni
 p = probabilità di superamento dell'evento sismico di progetto, assunta pari a 0.05.

Nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo relative alla situazione finale (opera completata) dei muri ad "U" e della galleria artificiale policentrica sono state introdotte le azioni sulla struttura valutate con il coefficiente sismico k_h pari a 0.08 per le spinte sismiche orizzontali

delle terre e con k_h pari a 0.04 per le azioni sismiche orizzontali relative agli effetti sui carichi da peso proprio, da permanenti e da sovraccarichi accidentali relativi ai convogli ferroviari.

5 IDRAULICA

L'infrastruttura ferroviaria in progetto, nel tratto relativo alla WBS GA04 e alla WBS TR03 (L=233.50 m), presenta un profilo longitudinale caratterizzato da una pendenza unidirezionale pari allo 0.3% in direzione Verona.

Nel tratto in esame sono presenti due differenti sezioni tipo:

- sezione in trincea tra muri ad "U" tra le progr. km 101+590.00 e km 101+740.00 (WBS TR03);
- sezione in galleria artificiale policentrica tra le progr. km 101+740.00 e km 101+823.50 (WBS GA04).

In corrispondenza della sezione in trincea tra muri ad "U", data la pendenza trasversale della sezione ferroviaria del tipo "a capanna", la raccolta delle acque meteoriche viene realizzata mediante due canalette in calcestruzzo, aventi sezione quadrata con dimensione interna pari a 0.50 m, posizionate a margine della piattaforma ferroviaria.

Vista l'assenza di recapiti idonei in corrispondenza della sezione di passaggio tra la situazione "fra muri" e quella in galleria artificiale policentrica, nonché l'incompatibilità altimetrica fra la canaletta e l'arco rovescio della galleria, le acque di piattaforma vengono convogliate in contropendenza rispetto alla livelletta ferroviaria, fino al recapito finale.

Per la captazione delle acque di drenaggio superficiale in testa ai muri, viene prevista una canaletta longitudinale in calcestruzzo, avente sezione quadrata con dimensione interna pari a 0.50 m.

All'interno della galleria artificiale si prevede l'alloggiamento di una canaletta in calcestruzzo, avente dimensioni interne pari a 0.41 m × 0.27 m, posizionata nella zona centrale della sezione, dedicata alla raccolta delle acque e di eventuali sostanze sversate. L'alimentazione della canaletta è consentita da una batteria di griglie metalliche, aventi dimensioni 0.50 × 0.50 m, posizionate con un interasse di 30 m. In corrispondenza ad ogni griglia, inoltre, confluiscono nella canaletta centrale, mediante tubazioni Ø 80 mm, anche le acque provenienti dalle pilette di raccolta ubicate sul marciapiede.

6 OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI

Per il sostegno dello scavo sul lato A4, vista la vicinanza con la carreggiata autostradale, è prevista la realizzazione di una paratia di pali a grande diametro con uno sviluppo totale di 237 m. Tale opera di sostegno avrà carattere di opera provvisoria, dato che in via definitiva le spinte delle terre verranno sostenute dai muri ad U e dalla galleria artificiale policentrica.

La profondità di scavo e quindi l'altezza dell'opera provvisoria, pari alla differenza di quota tra il ciglio dell'autostrada a monte e l'imposta delle opere di fondazione, risulterà variabile tra 6 e 16 m circa. L'opera in oggetto è composta da pali di grande diametro (Ø 800 mm) con interasse di 1.0 m, di lunghezza variabile tra 9.2 m e 22.5 m, e da due e tre ordini di tiranti attivi pretensionati, con un numero di trefoli variabile da 5 a 6. In sommità ai pali è prevista la

realizzazione di un cordolo di dimensioni 1.0m x 0.8 La presenza dei tiranti attivi suddetti permette di contenere, durante le operazioni di scavo, gli spostamenti in testa alla paratia entro valori accettabili per l'autostrada esistente. I tiranti saranno di tipo IRS (ad iniezioni ripetute e selettive) con un numero di valvole previsto di una al metro lineare. La forza di tesatura massima assunta nei calcoli di progetto risulta pari al 90% del tasso di lavoro dell'acciaio previsto dalla normativa vigente, in accordo con le Raccomandazioni A.I.C.A.P. Per poter distribuire le forze dei tiranti lungo lo sviluppo della paratia si adotteranno travi di contrasto in acciaio continue.

Le operazioni di scavo procederanno per step intermedi, necessari per l'esecuzione dei tiranti. Generalmente è stato previsto un approfondimento medio di 0.5 m rispetto alla quota di esecuzione di ciascun tirante; laddove occorranno maggiori altezze per l'esecuzione dei tiranti, si prevederanno localmente approfondimenti maggiori nei punti di perforazione, senza interessare zone più estese.

Il sistema di monitoraggio previsto per la paratia provvisoria, costituito da capisaldi e mire ottiche e da celle di carico per tiranti, dovrà consentire di misurare, durante la vita dell'opera, eventuali spostamenti atipici della paratia o perdite di carico dei tiranti, con la finalità di poter apportare in corso d'opera interventi correttivi conseguenti all'entità delle eventuali anomalie riscontrate.

Si prevede l'installazione in testa alla paratia di capisaldi in acciaio punzonati inghisati nel cordolo di sommità e da punti a mira ottica, o target, posizionati sulla parete della paratia, in modo da avere a disposizione un punto di misura ogni 25 m di sviluppo longitudinale dell'opera: tali elementi andranno installati e monitorati almeno una volta prima degli scavi per poter avere una posizione registrata ad un tempo zero non influenzata dalle operazioni di cantiere.

Le celle di carico dei tiranti hanno la funzione di misurare nel tempo il tiro effettivo a cui sono soggetti i tiranti: le testate dove si prevederanno tali celle di misura dovranno essere accuratamente protette e sigillate per evitare il degrado dovuto agli agenti atmosferici.

In fase di lettura si dovrà verificare l'assenza di spostamenti significativi dei punti di misura topografici e la tenuta dei tiri dei tiranti monitorati attraverso le celle di carico. Inizialmente si prevede una lettura giornaliera degli spostamenti e degli strumenti di misura suddetti, mentre successivamente, in assenza di spostamenti anomali, si potrà diradare la frequenza delle letture in accordo con la Direzione Lavori.

7 OPERE STRUTTURALI

7.1 GENERALITA'

Le opere principali presenti nella Galleria Calcinato Ovest WBS GA04 e WBS TR03 sono costituite da:

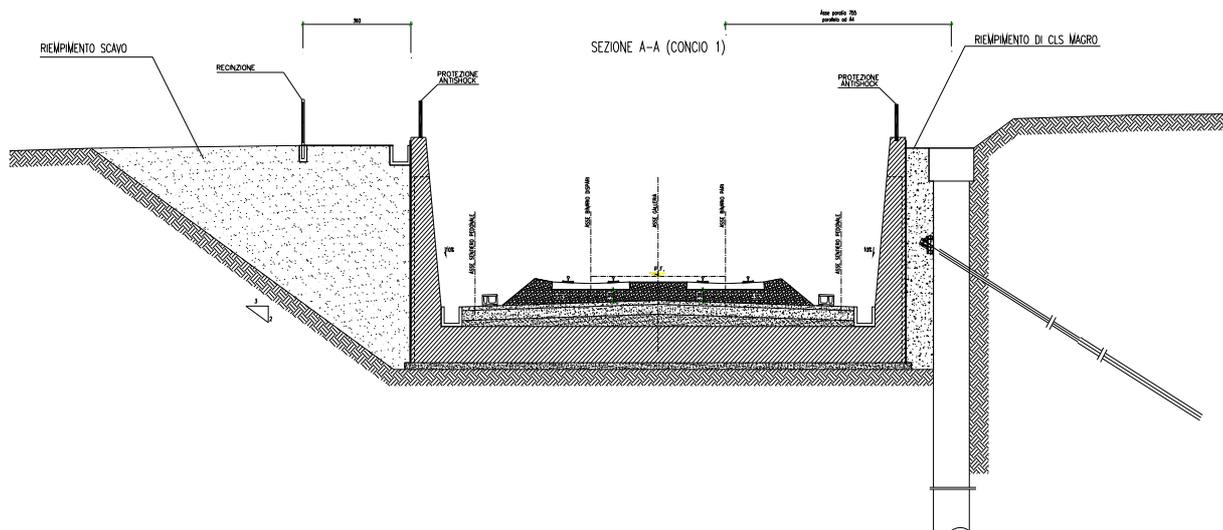
- muri ad "U", da realizzare fra le progressive Km. 101+590.00 e 101+740.00 per una lunghezza complessiva di 150 m;
- galleria artificiale policentrica, da realizzare fra le progressive 101+740.00 e 101+823.50 per un totale di 83.50 m di sviluppo, che termina sul lato Verona con l'imbocco lato Milano della galleria naturale Calcinato II.

La transizione tra la galleria artificiale e la trincea di muri 'ad U' è costituita da un timpano di raccordo solidale alla galleria e costituito da un paramento a tutta altezza dello spessore di 50 cm.

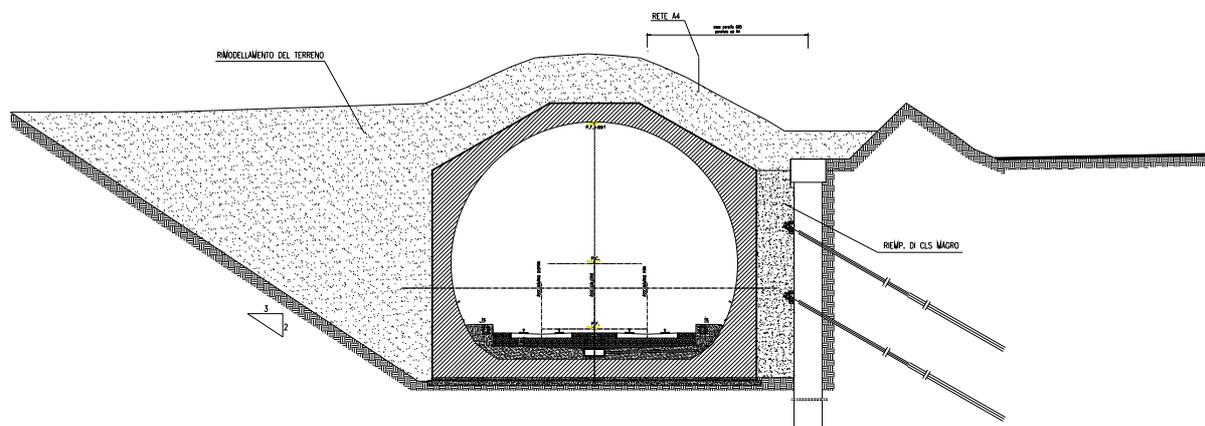
Le opere verranno realizzate eseguendo, nell'ordine:

- una paratia di pali a grande diametro tirantata per il contenimento del terreno verso il lato dell'autostrada A4;
- lo sbancamento del terreno fino alla quota di imposta delle fondazioni;
- la realizzazione delle strutture in cemento armato;
- l'impermeabilizzazione delle opere;
- il ritombamento a strati da entrambi i lati delle manufatti;
- il ricoprimento della calotta della galleria artificiale con uno spessore di terreno variabile tra 1 m e 2 m circa.

Nelle figure seguenti sono mostrate le sezioni tipologiche delle strutture in esame:



Muri ad "U" - Sezione tipologica



Galleria artificiale policentrica - Sezione tipologica

Lo schema di calcolo adottato per le analisi statiche relative alla policentrica artificiale prevede lo studio e la verifica di un concio completo di galleria, nella sua configurazione caratteristica, che prevede le nicchie di salvamento: il modello di calcolo adottato, a partire dalle geometrie reali della struttura, è a elementi shell su suolo elastico (alla Winkler).

Nella relazione di calcolo allegata al progetto è contenuta la verifica della resistenza e il dimensionamento delle armature delle membrature principali delle strutture.

Tutte le verifiche di resistenza sono condotte agli stati limite di servizio e agli stati limite ultimi, seguendo gli schemi di carico della normativa ferroviaria sia in termini di condizioni che in termini di combinazioni dei carichi.

La scelta dei parametri costitutivi dei terreni che interessano le opere di sostegno agli scavi, utilizzati nelle analisi svolte sono stati desunti dalla “Relazione Geotecnica” allegata al Progetto.

La falda di progetto è stata fissata a quota +130 m s.l.m. (lato Milano): dato che la quota di imposta delle fondazioni delle opere in progetto è a quota variabile tra 135.00 e 136.12 m per la trincea di muri ad “U” e tra 136.70 e 136.47 m circa per la galleria policentrica, nelle elaborazioni non si è tenuto conto del regime di spinte dovute alla presenza di acqua.

7.2 MURI AD “U”

I muri ad “U” fungono da imbocco dal lato Milano alla galleria policentrica: l’intero sviluppo della struttura è stato suddiviso in 5 conci da 30 m ciascuno, con altezze di elevazione comprese tra 5.13 m (minima elevazione concio n° 1) e 11.15 m circa (massima elevazione concio n° 5).

Lo schema di calcolo adottato per le analisi statiche è stato condotto con riferimento alla sagoma di carpenteria di due sezioni significative: la sezione con altezza massima per il concio di attacco alla galleria (concio n° 5 avente $H_{elev} = 11.15$ m circa) e quella con altezza massima per il concio d’inizio della trincea (concio n° 1 avente $H_{elev} = 6.25$ m circa).

La linea d’asse dei ritti è stata posta ad un terzo dello spessore della sezione di base verso il bordo esterno: la superficie interna delle elevazioni è abbattuta al 10%.

La larghezza interna netta alla base delle elevazioni rimane costante fra i vari conci, mentre la larghezza della fondazione si riduce al diminuire dell’altezza dei ritti avendo questi ultimi il paramento verticale lato controterra.

Il Comune di Calcinato è classificato secondo la nuova normativa sismica in zona 3. L’analisi sismica è condotta nello spirito del metodo pseudo-statico.

Tutte le verifiche di resistenza sono condotte agli stati limite di servizio e agli stati limite ultimi, seguendo gli schemi di carico della normativa ferroviaria sia in termini di condizioni che in termini di combinazioni dei carichi.

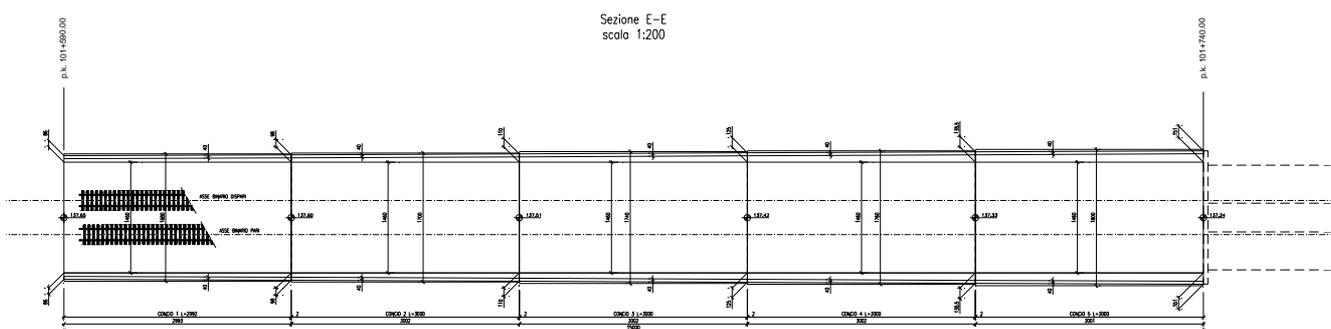
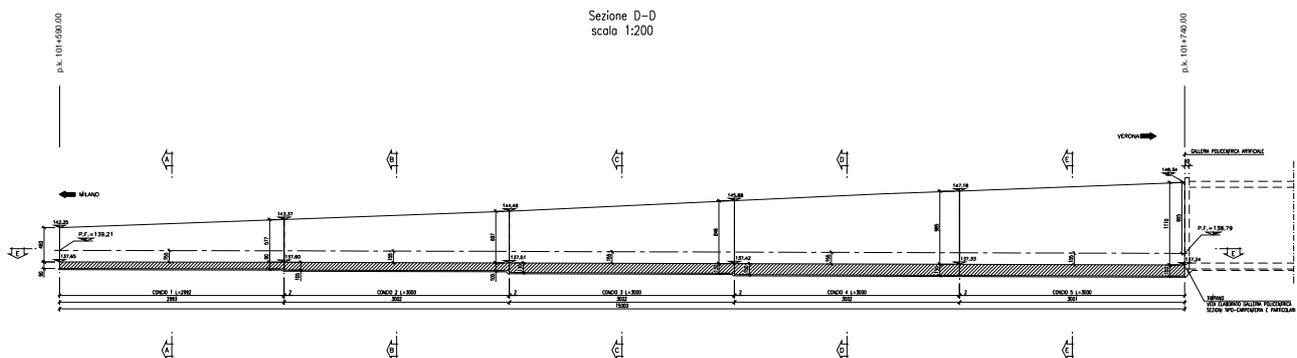
Si descrivono di seguito le fasi costruttive previste per la realizzazione delle strutture:

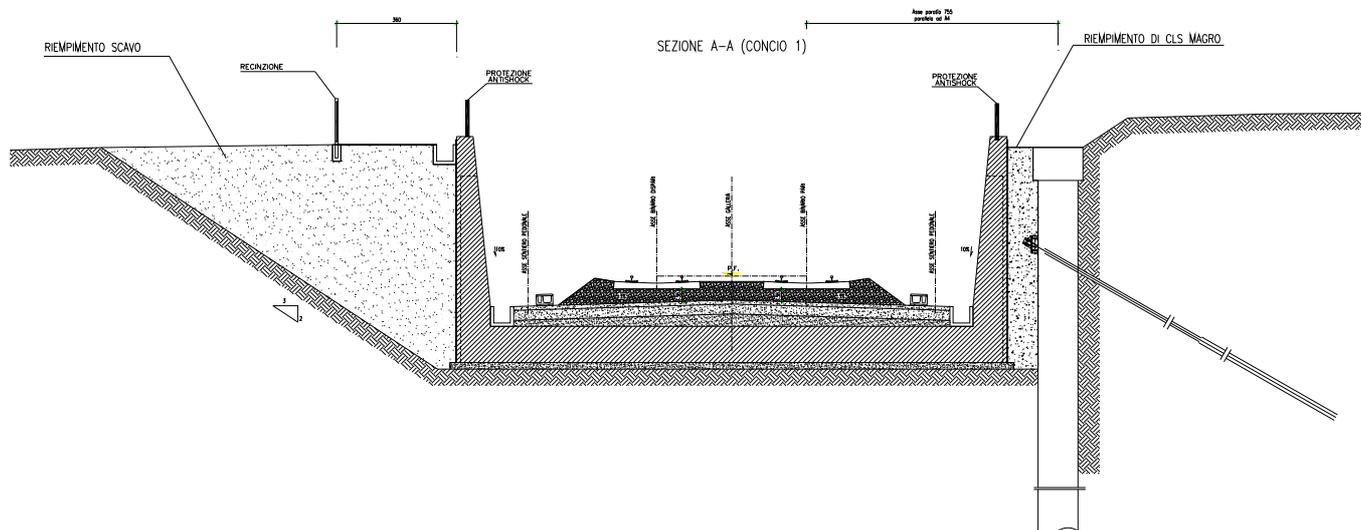
- scavo per imposta manufatto e getto del magrone di sottofondazione;

- posa dei teli di impermeabilizzazione e di tessuto non tessuto;
- getto della cappa di protezione dell'impermeabilizzazione in cls magro armato con rete e.s.;
- getto delle solette di fondazione;
- realizzazione delle elevazioni;
- completamento opere di impermeabilizzazione – Reinterri;
- realizzazione delle finiture e arredi tecnologici.

Il dimensionamento delle membrature principali della struttura ad “U” è stato eseguito nei punti della struttura che risultano maggiormente sollecitati (tipicamente i nodi di spigolo e la mezzeria degli orizzontamenti).

Si riportano di seguito alcuni dettagli grafici che illustrano le geometrie principali; per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.





Sezione tipica

Il comportamento della struttura risulta essere quello delle strutture di sostegno, ove il terreno, riportato in fasi successive sulla struttura già realizzata e completa, agisce con le sue componenti gravitazionali (peso proprio e spinta orizzontale conseguente). Si è quindi simulato il terreno di fondazione con la teoria di Winkler.

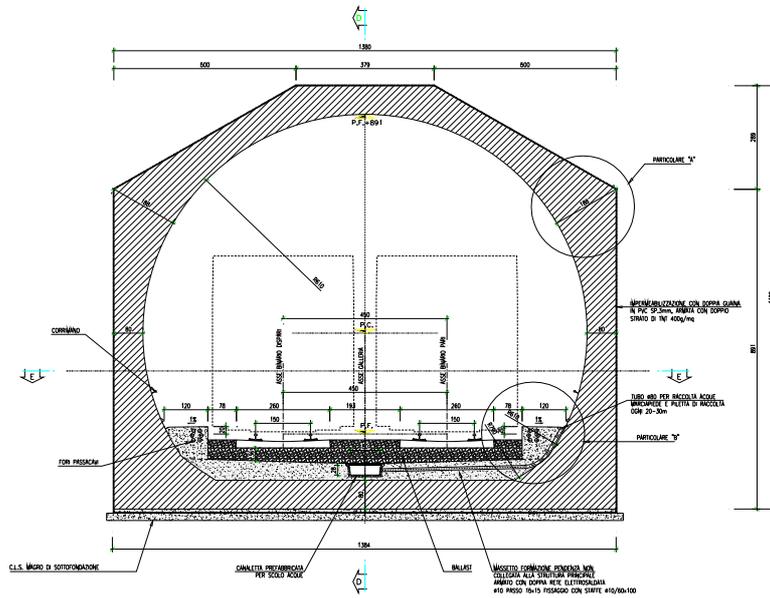
7.3 GALLERIA POLICENTRICA ARTIFICIALE

La galleria è costituita da una sezione policentrica con raggio interno di calotta pari a 6.10 m. Lo spessore del rivestimento, sia per la calotta che per la controsoletta, è pari a 80 cm minimi. L'interbinario è di 4.50 m. Sono previste nicchie di salvamento (oltre al nicchione tecnologico) con interasse longitudinale di 15 m.

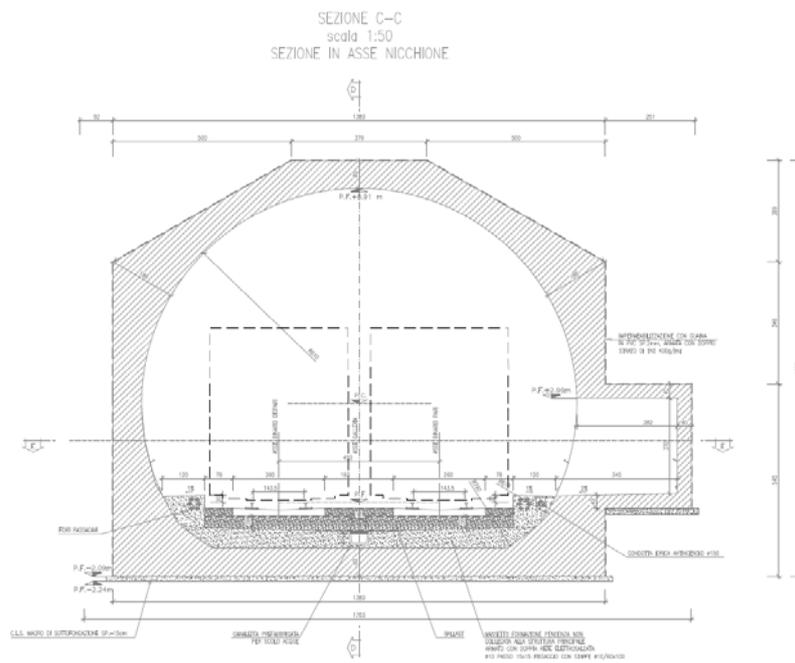
Le fasi costruttive possono essere così schematizzate:

1. Esecuzione degli scavi e aggotamento dell'acqua eventualmente raccoltasi a fondo scavo
2. Posa del magrone, posa dell'impermeabilizzazione, getto dello strato di protezione della guaina in PVC.
3. Casseratura, armatura e getto della platea
4. Armatura e getto delle murette laterali
5. Armatura e getto della calotta
6. Realizzazione delle nicchie
7. Posa dell'impermeabilizzazione della calotta
8. Ritombamento a strati da entrambi i lati della galleria

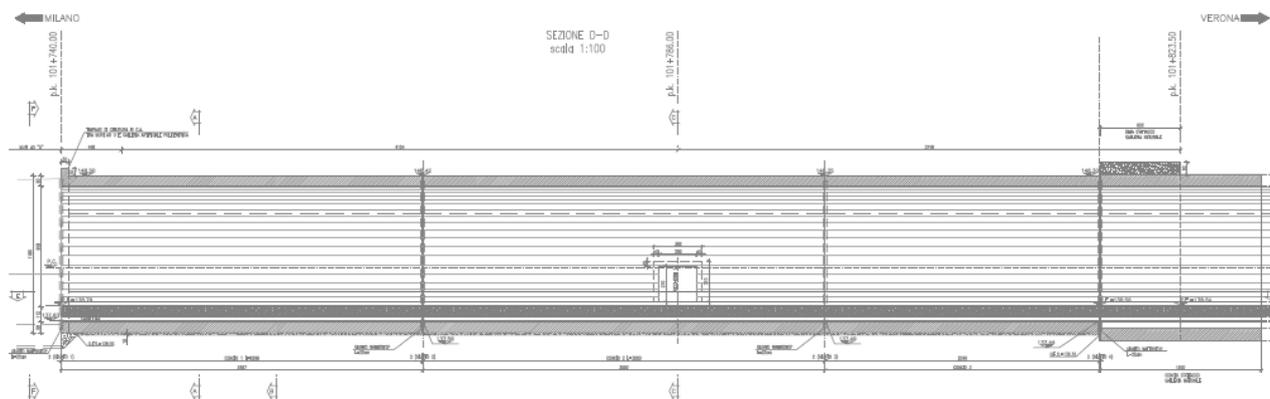
Le caratteristiche geometriche delle sezioni caratteristiche della struttura sono riportate nelle figure che seguono:



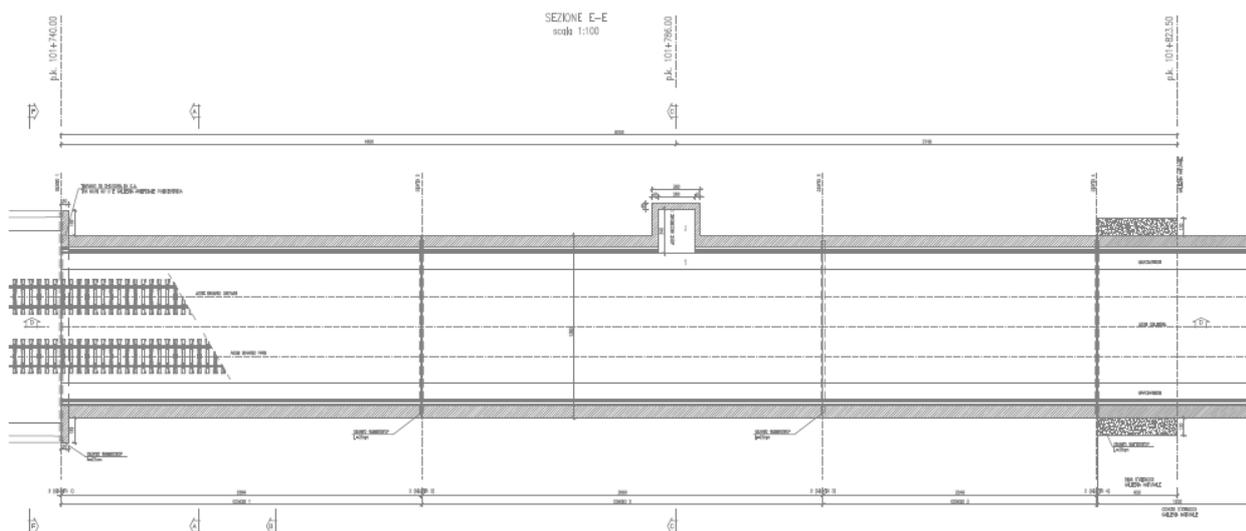
Sezione corrente A-A



Sezione in corrispondenza nicchione C-C



Sezione longitudinale D-D



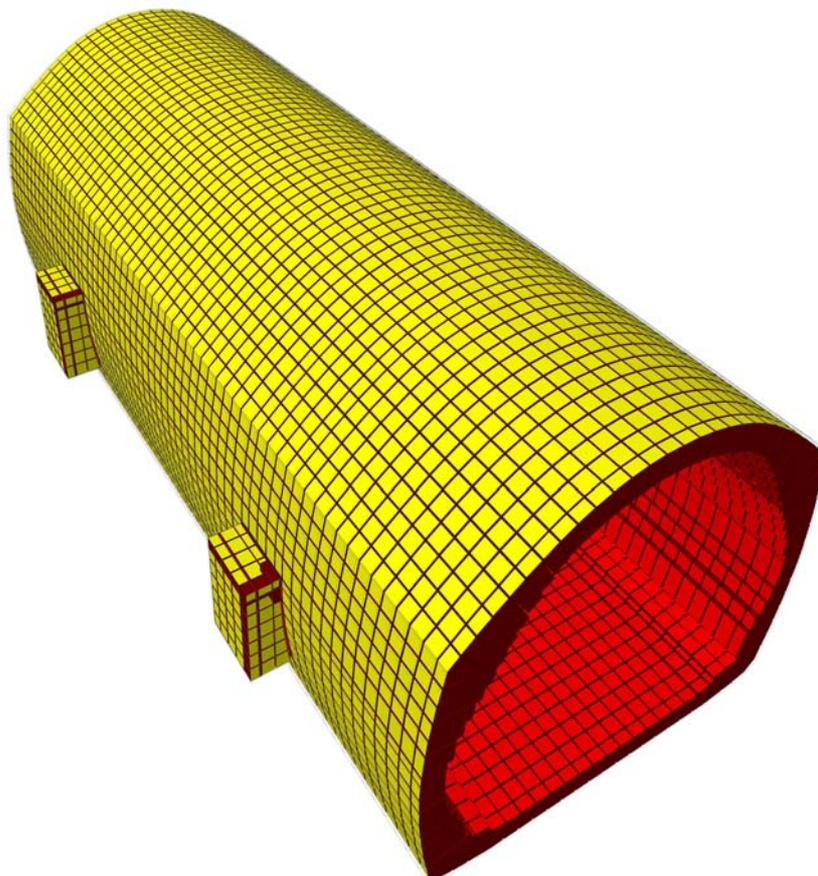
Sezione longitudinale E-E

Il calcolo è stato effettuato con opportuno programma di calcolo (SAP 2000P) ad elementi finiti tipo “shell”, assumendo uno schema statico tridimensionale composto da elementi shell di dimensioni 50x50 cm, disposti nella linea d’asse strutturale a cui si è assegnata rigidità variabile a seconda dello spessore della struttura pertinente l’elemento.

Il sistema di vincolo adottato è congruente con la tipologia del manufatto, che viene costruito a cielo aperto e successivamente interrato. Ciò esclude a priori un comportamento del terreno circostante tipico delle gallerie realizzate a foro cieco, ovvero l’instaurarsi di meccanismi resistenti “ad arco” ed in generale la modifica dello stato tensionale interno del terreno circostante il foro.

Si ha invece un comportamento della struttura più simile a quello assunto dalle strutture di sostegno, ove il terreno, riportato in fasi successive sulla struttura già realizzata e completa, agisce con le sue componenti gravitazionali (peso proprio e spinta orizzontale conseguente). Si è quindi simulato il terreno di fondazione con la teoria di Winkler.

Si riporta qui di seguito la vista 3D del modello adottato.



Modello utilizzato per l'analisi strutturale (visualizzazione 3D)

8 FASI ESECUTIVE

Di seguito si descrivono le principali fasi esecutive per la realizzazione delle opere previste dal progetto.

1. Realizzazione delle paratie di pali Ø 800 mm

Perforazione e getto dei pali in c.a. sul lato A4 e sull'imbocco lato Milano della galleria naturale (WBS GN01). I pali avranno interasse pari a 1.00 m per uno sviluppo totale di 237 m sul lato A4 e di 42 m in corrispondenza dell'imbocco lato Milano della galleria naturale. La lunghezza dei pali sul lato A4 risulterà variabile tra 9.20 e 22.50 m.
Scavo e getto del cordolo in sommità alla paratia.

2. Realizzazione degli scavi

Lo scavo procederà contestualmente alla WBS GN01, dove è prevista la tirantatura con 5 ordini di tiranti della paratia di pali in corrispondenza dell'imbocco lato Milano della galleria naturale.

Lo scavo procederà per fasi successive raggiungendo volta per volta le quote di lavoro delle attrezzature di perforazione per la realizzazione dei tiranti.

Sul lato nord il fronte di scavo verrà profilato con una pendenza 2/3 (33.69°), mentre sul lato A4 lo scavo avverrà a ridosso della paratia; su questo lato verrà quindi realizzato il primo ordine di tiranti, che verranno tesati previa posa di travi di contrasto UPN e avendo cura di regolarizzare la superficie finale con uno spessore di betoncino proiettato non inferiore a 10 cm.

Lo scavo verrà completato una volta raggiunta la quota di imposta delle fondazioni dei muri e della galleria artificiale.

3. Realizzazione della galleria naturale

Realizzazione della dima e del concio di attacco della galleria naturale Calcinato II (WBS GN01), scavo e rivestimento, di prima fase e definitivo, della galleria naturale.

4. Realizzazione della galleria artificiale policentrica

Le prime operazioni consisteranno nel getto del calcestruzzo magro di livellamento, nella posa del geotessile, della doppia guaina di impermeabilizzazione e ancora del geotessile, nell'esecuzione del getto di protezione dell'impermeabilizzazione.

La platea di fondazione verrà quindi realizzata a conci, inclusi i ferri di attesa per il getto dei piedritti; seguirà il getto dei piedritti, incluse le armature di attesa per il getto della calotta e delle nicchie.

Una volta realizzate nicchie e nicchione seguirà il completamento della sezione con getto della calotta.

Completata l'impermeabilizzazione e la relativa protezione, nell'intercapedine tra galleria artificiale e paratia potrà essere eseguito un getto non strutturale con calcestruzzo magro.

5. Realizzazione dei muri ad "U"

Getto del calcestruzzo magro di livellamento, posa del geotessile, della doppia guaina di impermeabilizzazione e ancora del geotessile, esecuzione del getto di protezione dell'impermeabilizzazione.

Realizzazione a conci della platea di fondazione, inclusi i ferri di attesa per il getto dei piedritti; getto dei piedritti, incluse le armature di attesa per il getto delle elevazioni.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0400-001

Rev.

1

Foglio

18 di

18

Getto delle elevazioni; nel concio adiacente alla galleria artificiale policentrica verrà gettato contemporaneamente anche il timpano di raccordo.

Completamento dell'impermeabilizzazione e riempimento con calcestruzzo magro dell'intercapedine tra muro e paratia.

6. Completamento delle opere

Formazione della sede ferroviaria, inclusa la posa delle canale prefabbricate per la raccolta delle acque di piattaforma.

Realizzazione delle opere di finitura.

Esecuzione del ritombamento con terreno proveniente dagli scavi, rimodellamento del terreno sopra la calotta della galleria artificiale e realizzazione delle opere di drenaggio esterne.