

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  
GALLERIA ARTIFICIALE  
COLLI STORICI  
RELAZIONE GENERALE**



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa  
Tommaso Taranta  
Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'albo  
degli Ingegneri della Provincia di Milano  
al n. A23498 - Sez. A Settori:  
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02.52020557 - 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 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR |          |                   |          |          |            |          |           |          | Autorizzato/Data   |
|----------------------------------|----------|-------------------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|--|
| Rev.                             | Data     | Descrizione       | Redatto  | Data     | Verificato | Data     | Approvato | Data     | Consorzio<br><b>Cepav due</b><br>Project Director<br>(Ing. F. Lombardi)<br><br>Data: _____ |
| 0                                | 31.03.14 | Emissione per CdS | BONADIES | 31.03.14 | DI LORO    | 31.03.14 | LIZZARI   | 31.03.14 |  |
|                                  |          |                   |          |          |            |          |           |          |  |
|                                  |          |                   |          |          |            |          |           |          |  |

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 30897\_06.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RO-GA0800-001

Rev.  
0

Foglio  
2 di 21

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA .....</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>ELABORATI DI RIFERIMENTO .....</b>               | <b>11</b> |
| <b>4</b> | <b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>          | <b>12</b> |
| <b>5</b> | <b>ASPETTI GEOTECNICI .....</b>                     | <b>13</b> |
| <b>6</b> | <b>TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE .....</b> | <b>15</b> |
| <b>7</b> | <b>DEVIAZIONE VIA DEI COLLI STORICI.....</b>        | <b>16</b> |
| <b>8</b> | <b>ASPETTI IDRAULICI.....</b>                       | <b>17</b> |
| 8.1      | METODOLOGIE DI CALCOLO E RISULTATI.....             | 17        |

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RO-GA0800-001

Rev.  
0

Foglio  
3 di 21

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

## **1 PREMESSA**

Nella presente relazione si riporta la descrizione della galleria artificiale "Colli Storicì" prevista tra le prg. 116+948.50 e 116+998.50 della tratta A/C Milano – Verona.

La galleria, di lunghezza pari a 50.00 m, costituisce il sottopasso alla via Colli Storicì.

La galleria è preceduta e seguita da due tratti in trincea tra muri ad U della lunghezza rispettivamente di 374.50 m e 201.50 m.

L'area in cui ricade l'opera è classificata come sismica di III categoria.



## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria si compone di quattro tratti:

- tratto in trincea di approccio con sezione ad U di lunghezza 110.0 m tra le prog. 116+574 e 116+684. Altezza del muro 4,50m eseguito con scavo a cielo aperto
- tratto in trincea di approccio con sezione ad U di lunghezza 105.0 m, tra le progr. 116+684 e 116+789. Altezza del muro 6,00 m eseguito con scavo a cielo aperto
- tratto in trincea di approccio con sezione ad U di lunghezza 35.0 m + 124.50 m, tra le progr. 116+789 e 116.948.50. Altezza del muro rispettivamente da 7,00 m e 8,00 m eseguito tra paratie di diaframmi
- tratto con sezione scatolare (sezione tipo S1), realizzata previo scavo tra pannelli di paratia dello spessore di cm 100, della lunghezza 50.00 m tra le prg. 116+948.50 e 116+998.50;

Nel seguito si riportano le caratteristiche principali delle opere previste lungo i vari tratti.

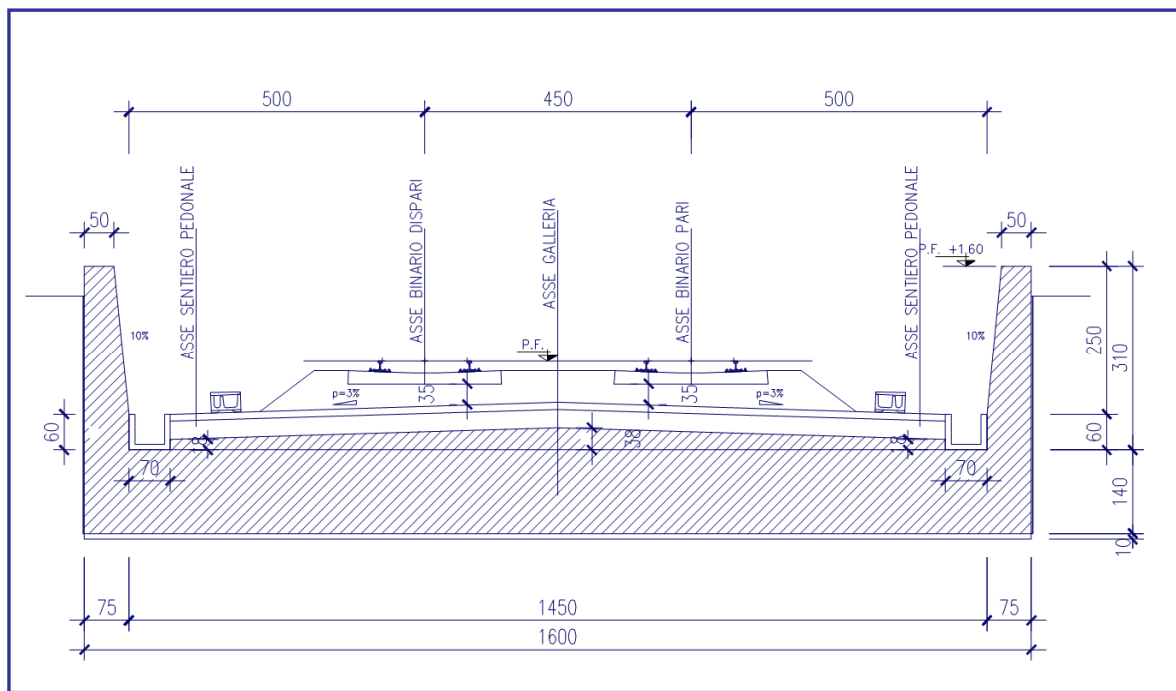
### SEZIONE CON MURI AD U TRA LA PROGR. 116+574 E LA PROGR. 116+684

Tra la progr. 116+574 e la progr. 116+684 è prevista la realizzazione di una sezione ad U le cui caratteristiche sono le seguenti :

- spessore solettone di fondo S = 140 cm;
- altezza pareti H= 310 cm
- spessore pareti in testa 50 cm
- spessore pareti alla base 75 cm

La sezione verrà realizzata previo scavo a cielo aperto ed aggettamento dell'acqua di falda.

Per gli ulteriori particolari si rimanda alla figura seguente e alle tavole di progetto alle gate alla presente relazione.



### SEZIONE CON MURI AD U TRA LA PROGR. 116+684 E LA PROGR. 116+789

Tra la progr. 116+684 e la progr. 116+789 è prevista la realizzazione di una sezione ad U le cui caratteristiche sono le seguenti :

- spessore solettone di fondo  $S = 140$  cm;
- altezza pareti  $H = 460$  cm
- spessore pareti in testa 50 cm
- spessore pareti alla base 90 cm

A differenza del PD del 2006 in cui il tratto interessato era realizzato mediante scavo tra diaframmi di spessore 1 m, nella presente revisione del PD la sezione verrà realizzata previo scavo a cielo aperto ed aggettamento dell'acqua di falda

Al fine di contrastare il "galleggiamento" in fase definitiva, si predispongono "ancoraggi" della platea di fondazione costituiti da pali  $\Phi 600$ .

Gli scavi a cielo aperto sono possibili in quanto l'occupazione temporanea delle aree di scavo non incide su elementi preesistenti o tutelati, né su antropizzazioni da preservare. Lo scavo viene eseguito così come previsto per il tratto precedente, con pendenza 2/3 e banche orizzontali ogni 6,00 m di altezza.

Per gli ulteriori particolari si rimanda alle tavole di progetto allegata alla presente relazione.



### **GALLERIA SCATOLARE TRA LA PROGR. 116+948,50 E LA PROGR. 116+998,50 (SEZIONE TIPO S1)**

La galleria prevista è del tipo scatolare, avente dimensione netta interna pari a 9.20x14.50 m. La soletta di fondo ha uno spessore di 120 cm. Le pareti verticali, realizzate con l'ausilio di pannelli prefabbricati, con funzione di cassero a perdere, hanno uno spessore complessivo di 120 cm, la soletta di copertura, realizzata anch'essa con l'ausilio di predalle prefabbricate ha uno spessore complessivo di 115 cm. Lungo tutto il perimetro esterno dello scatolare è prevista la realizzazione di una impermeabilizzazione in polietilene interposta ad un doppio strato di TNT.

In corrispondenza delle riprese di getto, al fine di garantirne l'impermeabilità, è previsto l'utilizzo di un cordoncino bentonitico.

Si osserva inoltre che al fine migliorare il terreno di fondazione e limitare pertanto i cedimenti, si effettua un trattamento colonnare caratterizzato da pali trivellati ad elica  $\phi 500$  (L=25,00m) disposti su una maglia quadrata 2,00mx2,00m.

La sezione scatolare verrà realizzata previa esecuzione di una doppia fila di pannelli di paratia, dello spessore di 100 cm e della lunghezza di 15 metri, realizzati sui due lati dello scavo.

Superiormente ai pannelli è prevista la realizzazione di un cordolo delle dimensioni 120x100 cm in corrispondenza del quale verranno posizionati dei puntelli provvisori costituiti da tubi  $\Phi 800$  dello spessore di 10 mm posti ad interasse  $i = 5.0$  metri.

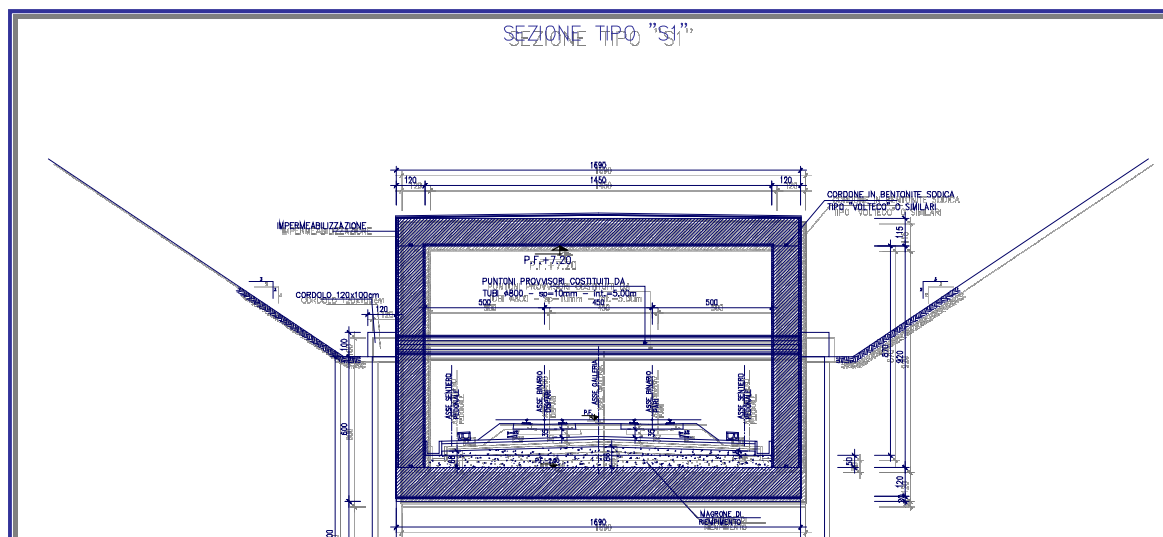
Le fasi esecutive dell'opera sono le seguenti :

- deviazione provvisoria della viabilità esistente (lateralmente all'area interessata dalla galleria);
- realizzazione di un prescavo fino a quota testa paratia;
- realizzazione dei pannelli di paratia sui due lati della galleria e posizionamento dei puntoni provvisori superiori;
- esecuzione dello scavo all'interno dei pannelli di paratia;
- realizzazione del solettone inferiore;
- rimozione dei puntelli provvisori;
- realizzazione delle pareti verticali e della soletta di copertura;
- ripristino della viabilità di via Colli Storici;
- realizzazione della piattaforma ferroviaria all'interno della galleria.

Rispetto al PD del 2006, in tale revisione del PD è stata prevista la deviazione della strada ad una quota più bassa. In questo modo si hanno anche meno problematiche con le quote del PC esistenti. Il vantaggio che si ha sulle opere di scavo è che si ha solamente la sezione con una sola fila di puntoni per tutta l'estensione della galleria.

I casseri prefabbricati (bilastre per i piedritti e predalle per la copertura) previsti nell'revisione del PD 2006 sono stati sostituiti da casseri tradizionali

Per gli ulteriori particolari si rimanda alla figura seguente e alle tavole di progetto allegate alla presente relazione.

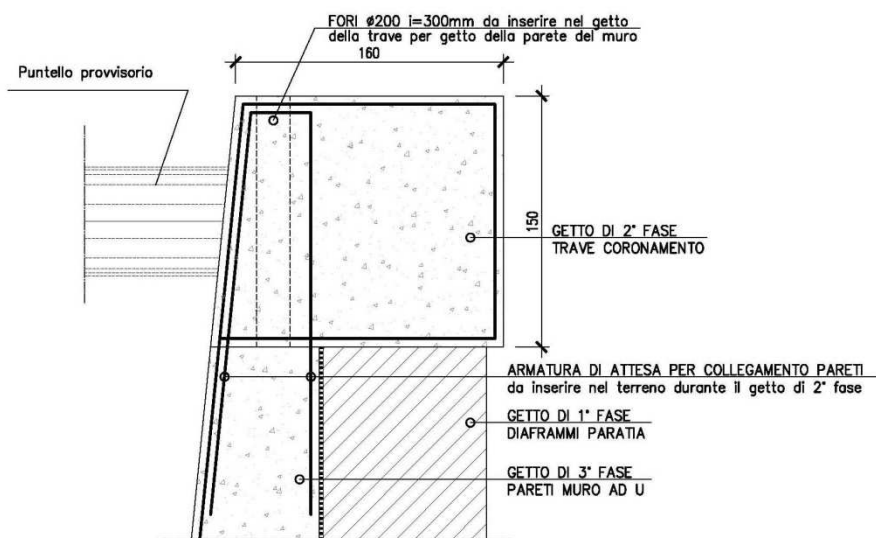


### SEZIONE CON MURI AD U TRA PANNELLI DI PARATIA TRA LA PROGR. 116+789 E LA PROGR.

**116+948,50**

Tra la progr. 116+789 e la progr. 116+948,50 è prevista la realizzazione di una sezione ad U tra pannelli di paratia.

Al fine di contrastare la sottospinta idraulica dovuta alla presenza della falda con quoto pressoché coincidente con il piano campagna, la sezione ad U viene resa solidale con i pannelli di paratia in corrispondenza del cordolo superiore come in figura, secondo un sistema modificato rispetto a quanto previsto rispetto al PD del 2006.



Nella successiva tabella si riporta un riepilogo delle principali grandezze geometriche delle sezioni ad U:

| da progr. | a progr.   | Lunghezza | Spessore soletta di fondo | Altezza pareti | Spessore testa muro | Spessore base muro |
|-----------|------------|-----------|---------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| 116+574   | 116+684    | 110 m     | 140 cm                    | 310 cm         | 50 cm               | 75 cm              |
| 116+684   | 116+789    | 105 m     | 140 cm                    | 460 cm         | 50 cm               | 90 cm              |
| 116+789   | 116+824    | 35 m      | 140 cm                    | 560 cm         | 50 cm               | 100 cm             |
| 116+824   | 116+948.50 | 124.5 m   | 140 cm                    | 660 cm         | 50 cm               | 110 cm             |

Le fasi esecutive dell'opera sono le seguenti :

- realizzazione di un prescavo fino a quota testa paratia;
- realizzazione dei pannelli di paratia sui due lati della sezione ad U, dei cordoli superiori e posizionamento dei puntoni provvisori superiori, costituiti da tubi  $\Phi$  650 dello spessore di 10 mm posti ad interasse  $i = 5.0$  metri ;
- esecuzione dello scavo all'interno dei pannelli di paratia;
- realizzazione del solettone inferiore;
- rimozione dei puntelli provvisori;
- realizzazione delle pareti verticali e solidarizzazione delle stesse con i cordoli testa paratia;
- realizzazione della piattaforma ferroviaria all'interno della sezione.

In particolare per la realizzazione del cordolo si prevedono le seguenti fasi:





- a) Getto del cordolo della paratia di dimensioni tali da coprire la paratia e lo spessore del muro in testa da gettare successivamente
- b) Nel getto della trave sono da prevedersi canotti in pvc  $\Phi$  200 al passo di circa 3,00 m al fine di permettere il getto successivo della parete del muro. Dovrà inoltre essere prevista una armatura di collegamento con il futuro getto.
- c) Messa in opera delle strutture provvisorie di contrasto delle paratie (punteri)
- d) Scavo e getto della platea del muro
- e) Casseratura della parete interna del muro, messa in opera delle barre di armatura della parete verticale provvedendo a sovrapporla con l'armatura già prevista sulla trave.
- f) Getto della parete fino al completamento sulla trave.

In fase di esercizio si ha il contrasto meccanico tra la sommità del muro e la trave.

Per gli ulteriori particolari si rimanda alla figura seguente e alle tavole di progetto allegata alla presente relazione.



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0800-001

Rev.

0

Foglio

11 di  
21

### 3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di riferimento sono i seguenti:

|  |                       |
|--|-----------------------|
| GA08 04 COLLI STORICI-Planimetria                              | A20200DE2P7GA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Profilo longitudinale                    | A20200DE2F7GA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Sezioni trasversali                      | A20200DE2W9GA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long. | A20200DE2P9GA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Sezioni tipo - Carpenteria e particolari | A20200DE2BZGA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Pianta scavi                             | A20200DE2P7GA08020010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Fasi costruttive                         | A20200DE2P7GA08000020 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Relazione di calcolo galleria            | A20200DE2CLGA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Sezioni caratteristiche                  | A20200DE2BBGA08000010 |
| GA08 04 COLLI STORICI-Relazione sul monitoraggio               | A20200DE2CLGA08000020 |



## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere oggetto della presente relazione sono da impiegare i materiali di seguito elencati:

### parti in cls:

- calcestruzzo di classe 35 MPa
  - modulo elastico  $E_c = 33722 \text{ MPa}$
  - tensione normale ammissibile  $\sigma_c = 11.00 \text{ MPa}$
  - tensione tangenziale  $\tau_{co} = 0.67 \text{ MPa}$
  - tensione tangenziale  $\tau_{c1} = 1.97 \text{ MPa}$
- acciaio per armature Feb 44 K
  - modulo elastico  $F_f = 210000 \text{ MPa}$
  - tensione ammissibile  $\sigma_f = 255.0 \text{ MPa}$



## 5 ASPETTI GEOTECNICI

La galleria artificiale in oggetto ricade nel territorio collinare che delimita verso sud il bacino del Lago di Garda ove si trovano i terreni prevalentemente argilloso-limosi dei depositi morenici del Garda.

I depositi glacio-lacustri del Garda si presentano prevalentemente limoso-argillosi fittamente stratificati con presenza anche di strati sabbioso-ghiaiosi con caratteristiche di resistenza e deformabilità molto variabili (come tipicamente osservabile per depositi di questo tipo).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito sono disponibili numerosi sondaggi e prove penetrometriche. Nel corso dei sondaggi sono state effettuate analisi di laboratorio per la determinazione sia delle caratteristiche fisiche sia delle caratteristiche meccaniche. Nel seguito vengono sinteticamente richiamati i principali parametri di progetto. I risultati delle indagini disponibili sono dettagliatamente esposti ed elaborati nell'apposita Relazione Geotecnica di riferimento, alla quale si rimanda per gli approfondimenti.

Dalle indagini disponibili è possibile distinguere tre unità geotecniche di rilevanza progettuale.

### **A/L 1 – dal p.c. fino a 4÷6 m di profondità.**

E' prevalentemente costituito da limi e argille, sovraconsolidate per effetto di oscillazioni della falda, essiccamento e ossidazione. Le resistenze di punta misurate con il penetrometro statico sono generalmente superiori a 1.0÷1.5 MPa. Tale unità risulta localmente intervallata da strati di sabbia e ghiaia dove sono state misurate resistenza alla punta maggiori di 10 MPa.

### **A/L 2 – da 4÷6 m fino alle massime profondità di interesse progettuale.**

E' prevalentemente costituito da limi sabbioso-argillosi e argille limose con una percentuale di fine variabile tra il 30 e 80%. Si tratta di terreni generalmente soffici, da compressibili a molto compressibili, poco resistenti. Le resistenze di punta misurate con il penetrometro statico risultano 0.7÷1.0 MPa. Tale unità risulta localmente intervallata da strati di sabbia e ghiaia ne sono state misurate resistenza alla punta maggiori di 10 MPa. Localmente si possono rinvenire lenti di estensione limitata, in direzione sia verticale sia orizzontale, di ghiaie e sabbie in matrice limosa.

Il livello della falda è stato rilevato mediante quattro verticali piezometriche; tali livelli risultano variabili tra il p.c. e 4.5 m di profondità. Solo su una verticale sono stati misurati livelli di falda intorno a 17 m dal p.c.. Ai fini progettuali si considera cautelativamente un livello di falda al p.c..

Nel seguito si riportano in sintesi i principali parametri geotecnici di progetto.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RO-GA0800-001

Rev.  
0

Foglio  
14 di  
21

### Unità A/L 1 – Limi e argille sovraconsolidate (“crosta” superficiale)

$\gamma = 20 \div 21$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume;

$c' = 5 \div 10$  kPa coesione efficace;

$\phi' = 25^\circ \div 28^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$E' = 15 \div 30$  MPa modulo elastico nell'ambito delle profondità di interesse progettuale;

$c_u = 60 \div 150$  MPa coesione non drenata.

### Unità A/L 2 – Limi argillosi e argille limose “tenere”

$\gamma = 19.5 \div 21$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume;

$c' = 0 \div 5$  kPa coesione efficace;

$\phi' = 25^\circ \div 28^\circ$  angolo di resistenza al taglio;

$E' = 10 \div 20$  MPa modulo elastico nell'ambito delle profondità di interesse progettuale;

$c_u = 30 \div 50$  MPa coesione non drenata (crescente con la profondità).

Nelle analisi per il dimensionamento, i parametri geotecnici operativi sono stati scelti in conformità con gli indirizzi della Relazione Geotecnica sopra richiamati. Ci si è orientati su valori sufficientemente cautelativi al fine di massimizzare le sollecitazioni sulle strutture.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici si osserva che l'opera in esame ricade all'interno di un'unica livelletta discendente secondo il crescere delle progressive. Le due cabalette presenti ai lati della sezione ferroviaria nei tratti con sezione ad U e nei tratti in galleria ricevono l'acqua dai tratti precedenti e la recapitano al tratto successivo con l'aggiunta di quella piovuta sulle trincee della galleria.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
D-E2-RO-GA0800-001

Rev.  
0

Foglio  
15 di  
21

## 6 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E FASI ESECUTIVE

La sezione tipo tra paratie adottata è risultata necessaria per limitare gli scavi e per agevolare le fasi esecutive che presentano come prioritaria esigenza quella di non interrompere la circolazione veicolare sullo svincolo. Le operazioni di cantiere prevedono un prescavo di altezza mediamente pari a  $2 \div 3$  m e successivamente la realizzazione di diaframmi di spessore pari a 1,00m. Si prosegue pertanto con la realizzazione dei cordoli ed allo scavo. Le paratie, durante tale fase, risulteranno punzonate alla sommità. Si procede inoltre alla realizzazione del rivestimento interno costituito dalla prosecuzione della sezione a C prevista nelle trincee adiacenti.

All'esterno del rivestimento ad U viene disposta idonea impermeabilizzazione.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 30897-06

Progetto

IN05

Lotto

00

Codifica Documento

D-E2-RO-GA0800-001

Rev.

0

Foglio

16 di  
21

## 7 DEVIAZIONE VIA DEI COLLI STORICI

Allo scopo di garantire l'esercizio del traffico su Via "dei Colli Storici" durante le fasi costruttive connesse alla realizzazione della galleria, nell'ambito del progetto è stata prevista una deviazione provvisoria della viabilità, avente carattere temporaneo in funzione dei tempi di realizzazione, di sviluppo pari a circa 200 m.

Tale deviazione, a causa degli spazi ridotti in cui si inserisce, nonché per la presenza di vincoli rappresentati dalle strutture esistenti, presenta un tracciato caratterizzato da velocità contenute, nel limite massimo di 30 km/h, e pendenze massime, longitudinali e trasversali dell'ordine rispettivamente del 6% e del 2,5%. Tuttavia, i raggi di curvatura presentano valori pari a circa 27 m, sufficienti a garantire il transito dei mezzi pesanti di cantiere.

Al fine di mitigare le pendenze della deviazione, si prevede di impostare la quota della strada deviata ad una altezza intermedia tra la quota attuale e il pc esistente.





## 8 ASPETTI IDRAULICI

### 8.1 Metodologie di calcolo e risultati

Nella presente sezione si presentano i risultati dei calcoli relativi al sistema di drenaggio e di allontanamento delle acque meteoriche pertinenti al tratto di linea ferroviaria compreso tra le progressive 116+574 e 117+800.

Il tratto drenato ha una lunghezza complessiva di circa 1226 m, cui compete una superficie scolante complessivamente di circa 30000 m<sup>2</sup>, da cui vanno tuttavia decurate le superfici coperte comprese corrispondenti alla gallerie di Colli Storici (L=50 m) e di Casello Sirmione (L=180).

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma prevede due canalette laterali di dimensioni 60x55.

Per il calcolo delle portate meteoriche, pertinenti alla piattaforma ferroviaria si è fatto riferimento al metodo del volume d'invaso, in base al quale il coefficiente udometrico può essere calcolato a mezzo della seguente espressione:

$$u = 2520n \frac{(Ka)^{1/n}}{W^{(1/n)-1}} \quad (1)$$

nella quale si è indicato con:

- ✓ u il coefficiente udometrico (l/s/ha);
- ✓ K il coefficiente di deflusso (assunto pari a 0,9);
- ✓  $W=W^1+W^2$  il volume specifico d'invaso (m);
- ✓  $W^1=0,005$  il volume specifico di invaso della piattaforma (m);
- ✓  $W^2$  il volume specifico di invaso della canaletta (m);
- ✓ a (m/h<sup>n</sup>) e n i parametri della legge di possibilità pluviometrica.

Il volume specifico  $W^2$  è funzione implicita della portata defluente nei sistemi di drenaggio. Esso è stato valutato ipotizzando che la corrente defluisca in condizioni di moto uniforme, assumendo come legame tra la portata defluente ed il tirante la relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = \sigma K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

in cui, con gli usuali simboli dell'Idraulica, si è indicato con  $\sigma$  la sezione idrica, R il raggio idraulico, i la pendenza motrice, Ks coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler. Nel caso delle canalette in oggetto, tutte di sezione rettangolare, indicando con b la larghezza delle canalette, risulta:



$$\sigma = bh$$

$$R = \frac{bh}{2h + b}$$

avendo indicato con h il tirante.

La dipendenza implicita non lineare di  $W^2$  dal coefficiente udometrico rende necessaria una procedura iterativa per la soluzione della (1) e la conseguente determinazione della portata di pioggia.

I dati idrologici utilizzati per valutazione delle portate di progetto sono stati dedotti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in cui sono riportati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica (leggi di potenze) per i periodi di ritorno 20, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il tratto in oggetto ricade nelle celle PAI FG84 e FH84. Nelle tabelle che seguono si riportano, per ciascuna delle innanzi citate celle i parametri caratteristici della legge di possibilità pluviometrica, validi per piogge di durate superiori all'ora, per i diversi periodi di ritorno:

Periodo di ritorno 20 anni

| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 46,75 | 0,230 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 46,33 | 0,224 |

Periodo di ritorno 25 anni

| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 48,40 | 0,229 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 47,95 | 0,223 |

Periodo di ritorno 50 anni

| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 53,90 | 0,225 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 53,36 | 0,219 |

Periodo di ritorno 100 anni



| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 60,02 | 0,221 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 59,37 | 0,216 |

Periodo di ritorno 200 anni

| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 65,68 | 0,219 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 64,93 | 0,214 |

Periodo di ritorno 500 anni

| Intervallo (Km) | Cella PAI | a(mm) | n     |
|-----------------|-----------|-------|-------|
| 115+219-117+249 | FG84      | 73,15 | 0,216 |
| 117+249-119+250 | FH84      | 72,28 | 0,211 |

Per quanto attiene le piogge di durata inferiore all'ora (scrosci), a cui si è fatto riferimento a causa della modesta estensione delle piattaforme ferroviarie, la curva di possibilità pluviometrica a due parametri presenta il valore dell'esponente  $n'$  variabile in dipendenza dalla durata dell'evento ( $T_p$ ) (indipendente dal periodo di ritorno e dalla cella PAI). Nella tabella che segue se ne forniscono i valori (vedi Relazione Idrologica):

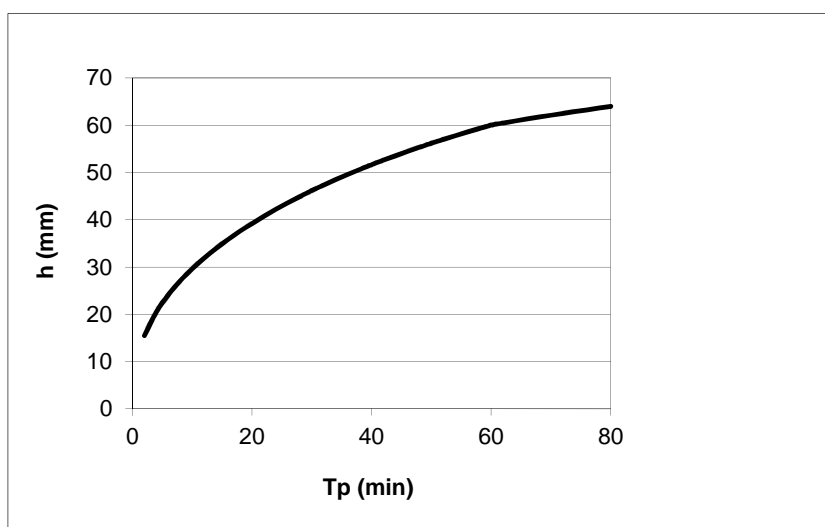
| $T_p$ (minuti) | 20    | 30    | 40    | 50    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| $n'$           | 0.403 | 0.388 | 0.378 | 0.363 |

Il valore coefficiente "a" della relazione AD è stato determinato, a partire dal valore assunto per piogge di durata superiori all'ora, in maniera tale da assicurare nei punti di discontinuità del valore degli esponenti il medesimo valore dell'altezza di pioggia (continuità delle altezze di pioggia).

Con riferimento alla cella PAI FG84, per la quale si determinano le condizioni più gravose e per un periodo di ritorno di 100 anni, i valori dedotti sono riportati nella seguente tabella:

| Tp(min) | n'    | a(mm/hn) |
|---------|-------|----------|
| 60-50   | 0,363 | 60,02    |
| 50-40   | 0,378 | 60,18    |
| 40-30   | 0,388 | 60,44    |
| 30-20   | 0,403 | 61,08    |
| 20-0    | 0,403 | 61,08    |

Nel seguente grafico si riporta la corrispondente curva AD:



La dipendenza del valore dell'esponente  $n'$  dalla durata dello scroscio ha imposto una valutazione preventiva del tempo caratteristico (tempo di corrivazione) dei due bacini scolanti. A tal proposito, trascurando i tempi di percorrenza in canaletta, si è assunto come tempo caratteristico delle superfici scolanti il tempo di corrivazione delle piattaforme ferroviarie, valutato tramite la seguente espressione (Da Deppo e Tadei, Le opere Idrauliche nelle costruzioni stradali, BIOS, 1994)

$$t_c = 26,3 \frac{(L/K_s)^{0,6}}{j^{0,4} i^{0,3}} \quad (2)$$

nella quale

$t_c$  tempo di corrivazione (s)

L Larghezza superficie scolante (m)

$K_s$  coefficiente di resistenza di Gauckler-Strckler ( $m^{1/3}/s$ )

j intensità della precipitazione (m/ora)



i pendenza media della superficie scolante.

E' da rilevare che il tempo di correlazione ( $t_c$ ) interviene sia a primo che a secondo membro nell'intensità di pioggia  $j$ . In virtù della espressione funzionale della legge di possibilità pluviometrica adottata ( $j=at(n-1)$ ) è possibile eliminare la dipendenza implicita del secondo membro della (2) da  $t_c$ , ottenendo:

$$t_c = \left( \frac{26,3 (L/K_s)^{0,6}}{3600 a^{0,4} t^{0,3}} \right)^{\frac{1}{0,4n+0,6}} \quad (3)$$

L'applicazione della (3) ha condotto ad una stima del tempo caratteristico di circa 20 minuti. Pertanto nelle elaborazioni è stato assunto  $n'=0,403$  ed  $a=61,08$  mm/hn.

L'applicazione della (1) con riferimento ad una superficie scolante pari a metà piattaforma ferroviaria, conduce ai seguenti risultati

|             |                      |         |
|-------------|----------------------|---------|
|             | Pendenza             | 0,001   |
|             | Ks                   | 66      |
|             | Grado di riempimento | 0,69    |
| Canaletta   | Larghezza            | 0,6     |
|             | Altezza              | 0,55    |
| Piattaforma | Lunghezza            | 996     |
|             | Larghezza            | 7,5     |
|             | W piccoli invasi (m) | 0,005   |
|             | A/L (m)              | 0,0304  |
|             | W tot                | 0,0354  |
|             | K                    | 0,9     |
|             | a(m/h^n)             | 0,06108 |
|             | n                    | 0,403   |
|             | u (l/s/ha)           | 107     |
|             | Q calcolata (l/s)    | 144     |
|             | Q deflente (l/s)     | 144     |

In conclusione stante l'elevato valore del grado di riempimento (circa 0,7) delle canalette, la ricettività delle suddette ad ulteriori immissioni provenienti da monte risulta piuttosto limitata. Pertanto, nel sistema di drenaggio delle acque di piattaforma, a monte della suddetta progressiva, si dovrà prevedere disconnessione di tipo idraulico.