

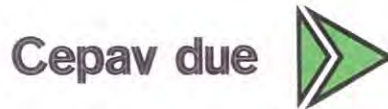
COMMITTENTE:



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

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02)

Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00

Modalità di esecuzione degli interventi di consolidamento

| | |
|---|---------------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE LAVORI |
| Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: <u>06 OTT 2018</u> | Valido per costruzione Data: _____ |

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPODOC | OPERA/DISCIPLINA | PROGR | REV |
|----------|-------|------|------|---------|------------------|-------|-----|
| I N O R | 1 1 | E | E 2 | R O | G N 0 2 A 0 | 0 0 1 | A |

| PROGETTAZIONE | | | | | | IL PROGETTISTA | |
|---------------|-------------|---------|----------|------------|----------|----------------|--------------------|
| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Data | |
| A | Emissione | REGE | 16/07/18 | MERLINI | 16/07/18 | 16/07/18 | Data: 16/07/18 |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |

CIG. 751447334A

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

File: INDR1EE2ROGN02A0001A.doc



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 | SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2 | ELABORATI DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 3 | NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 3.1 | NORMATIVE..... | 8 |
| 3.2 | SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 3.3 | DOCUMENTI CORRELATI..... | 8 |
| 4 | GENERALITÀ DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO | 9 |
| 4.1 | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO | 9 |
| 4.2 | DESCRIZIONE UNITÀ LITOLOGICHE..... | 9 |
| 4.3 | INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO..... | 11 |
| 5 | SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INIEZIONI | 12 |
| 5.1 | DESCRIZIONE DEL TRATTAMENTO E TOLLERANZE..... | 12 |
| 5.2 | MISCELE CEMENTIZIE PER LE INIEZIONI..... | 12 |
| 5.2.1 | Miscela di guaina | 12 |
| 5.2.2 | Miscela di iniezione di trattamento/consolidamento | 13 |
| 5.3 | MODALITÀ ESECUTIVE..... | 14 |
| 5.3.1 | Perforazione | 14 |
| 5.3.2 | Allestimento dei fori di iniezione | 16 |
| 5.3.3 | Successione delle operazioni | 16 |
| 5.3.4 | Preparazione delle miscele..... | 17 |
| 5.3.5 | Iniezione | 17 |
| 5.3.6 | Esecuzione delle iniezioni..... | 17 |
| 5.3.7 | Controlli e documentazione..... | 19 |
| 5.3.8 | Ulteriori prescrizioni tecniche..... | 19 |



1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona la galleria LONATO, costituisce il sistema tunnel più lungo della tratta, con una lunghezza complessiva di oltre 7 km. L'opera è suddivisa a sua volta in tre parti d'opera distinte (WBS):

- LONATO OVEST (GA06), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare.
- LONATO (GN02), corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m (binario pari) e 4751.02 m (binario dispari).
- LONATO EST (GA07), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356.35 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare.

Il presente documento riguarda la galleria naturale Lonato, corrispondente alla WBS GN02. In questo tratto la linea ferroviaria, a doppio binario, è caratterizzata da una velocità di progetto di 300 km/h.

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato di Lonato in adiacenza ad una zona industriale; il tracciato ferroviario interferisce dopo circa 1000 m dal suo primo inizio (nel verso delle progressive crescenti) con l'Autostrada A4 Milano – Venezia, portandosi da una situazione di adiacente parallelismo in lato Nord, ad una posizione più staccata sul lato Nord.

Le due canne, monobinario saranno disposte nel tratto in naturale, ad un interasse costante di 30 m, con lunghezza pari a $L=4782$ m per il binario pari ed $L=4751.02$ m per il binario dispari. Tali lunghezze risultano leggermente superiori rispetto a quanto previsto in fase di progettazione definitiva 2014-2015 causa dell'ottemperanza alle richieste della conferenza dei servizi (Varianti "Feralpi" e "Serraglio")

La sezione libera interna risulta di circa $60,8 \text{ m}^2$; la sezione di scavo, ad esclusione dei fuori scavo, risulta pari a $78,5 \text{ m}^2$.

La sezione interna di galleria prevede un raggio in calotta 4.40 m con scavo meccanizzato circolare; in calotta si prevede un piano teorico di contatto pari a +5.30. L'asse binario è posto a 1.4 m dal filo marciapiede, con distanza traversina-marciapiede maggiore di 0.85 m.

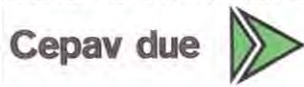
Dal punto di vista geologico il territorio interessato dalla galleria è situato nella porzione occidentale dell'anfiteatro morenico gardesano, la sua posizione risulta esterna rispetto a più giovani depositi wurmiani localizzati tra Desenzano e Peschiera e in posizione più interna rispetto ai più antichi depositi morenici mindeliani. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai depositi fluvio-glaciali che fanno transizione, senza brusche interruzioni di facies, ai cordoni morenici Rissiani, che conservano con rilievo decametrico, ancora una buona evidenza morfologica.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, ci sono depositi glacio-lacustri di estensione reale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose. Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi fluvio-glaciali essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, entrando successivamente nei depositi glaciali del cordone morenico rissiano. Il corpo morenico risulta articolato in più cordoni con andamento N-S o NO-SE, intervallati da depositi fluvio-glaciali e in condizioni particolari da depositi glaciolacustri.

1.1 Scopo e contenuti del documento

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione delle specifiche tecniche relative agli interventi di consolidamento previsti preliminarmente allo scavo della galleria naturale LONATO, in relazione agli effetti indotti sia sulla piattaforma autostradale sia sugli edifici esistenti. Gli effetti indotti e le relative classi di danno sugli edifici sono descritti e documentati nella specifica relazione "Relazione di calcolo degli effetti indotti".

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 02A 0 001Rev.
AFoglio
4 di 19

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

GN02 - GALLERIA NATURALE LONATO - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00

GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria indagini geognostiche (Tav. 1/2)

GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Planimetria indagini geognostiche (Tav. 2/2)

GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione geotecnica

GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione di smaltimento acque di piattaforma ed esterne

GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione idraulica

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 1/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 2/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria (Tav. 3/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale (Tav. 1/2)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale (Tav. 2/2)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 1 di 4)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 2 di 4)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 3 di 4)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali (Tav. 4 di 4)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezione trasversale tipologica della galleria

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Sezioni trasversali tipologiche delle nicchie

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Opere di drenaggio delle acque di piattaforma (Tav. 1/2)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Opere di drenaggio delle acque di piattaforma (Tav. 2/2)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Tabella materiali

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di confronto PD/PE

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione generale

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo - allegati numerici

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Specifiche Tecniche Macchina di scavo

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione tecnica sui parametri operativi della macchina EPB

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di monitoraggio

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Valutazione statistica dei trovanti presenti nei terreni interessati dallo scavo della galleria Lonato

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Modalità di esecuzione degli interventi di consolidamento

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Analisi di rischio estesa

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio - Tav. 1/2

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Profilo longitudinale geotecnico di previsione e di monitoraggio - Tav. 2/2

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Relazione di calcolo degli effetti indotti in superficie

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 1/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 2/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria bacino di subsidenza con individuazione degli edifici (tav 3/3)

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 1 di 3

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 2 di 3

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Planimetria Monitoraggio esterno. Tav 3 di 3

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Sede autostradale

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 02A 0 001Rev.
AFoglio
5 di 19**GN02 - GALLERIA NATURALE LONATO - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00**

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Esterno - Sezioni con strumentazione.

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Monitoraggio Interno - Sezioni

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 1 - planimetria e sezioni Tav. 1/2

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 1 - planimetria e sezioni Tav. 2/2

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 2 e 3 - Planimetria e sezioni

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 4 e 5 - Planimetria e sezioni

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 6 e 7 - Planimetria e sezioni

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Consolidamenti intervento 8 - Planimetria e sezioni

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Anello in conci prefabbricati - Sezioni e schema planimetrico anello

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NLF + HP + FG - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NLF + HP + FG - carpenteria e armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Schema anello coordinate punti di riferimento

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TE - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TE - carpenteria e armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia ST - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie ST - carpenteria e armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TT - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie TT - carpenteria e armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchione BTS - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchione BTS - carpenteria e armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie tecnologiche - armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - carpenteria

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - scavi e consolidamenti

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Anello in conci prefabbricati - Andamento conci in rettilo e in curva

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Anello in conci prefabbricati - Viste frontali e posizione conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - carpenteria

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - armatura

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo A

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo B

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo C

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo D

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo E

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Carpenteria concio tipo F

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo A

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo B

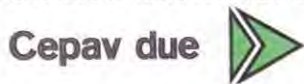
GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo C

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo D

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo E

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Armatura concio tipo F

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 02A 0 001Rev.
AFoglio
6 di 19**GN02 - GALLERIA NATURALE LONATO - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00**

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Anello in conci prefabbricati - Viste frontali e posizioni concio di chiave

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Conci prefabbricati - Particolari costruttivi

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NLF + HP + FG - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchie NLF + HP + FG - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TE - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TE - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia ST - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia ST - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TT - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchia TT - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchione BTS - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Nicchione BTS - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass di sicurezza - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - sistema di sostegno in fase di demolizione dei conci

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - By pass MT - carpenteria centine

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Elenco elaborati

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Relazione tecnica e di calcolo

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Specifiche tecniche dei materiali

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Schema planimetrico generale di impianto

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Schema idraulico accumulo e pressurizzazione

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Planimetria generale distribuzione impianto antincendio lato Milano

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Planimetria generale distribuzione impianto antincendio lato Verona

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Vasca e centrale di pompaggio - layout e distribuzione

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto idrico antincendio - Posa cassette idranti e attacchi

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Relazione tecnica e di calcolo della ventilazione in galleria

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Relazione tecnica e di calcolo impianto di pressurizzazione by-pass

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Specifiche tecniche dei materiali

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Schema regolazione impianto di pressurizzazione

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Schema planimetrico generale impianto di ventilazione

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione - planimetria di inquadramento

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione binario pari - layout centrale

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Locali ventilazione binario dispari - layout centrale

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Bypass tipo 1 - piante e sezioni con layout apparecchiature

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Bypass tipo 2 - piante e sezioni con layout apparecchiature

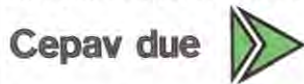
GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti meccanici - Bypass tipo 3 - piante e sezioni con layout apparecchiature

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici a servizio degli impianti meccanici - Relazione tecnica e di calcolo Bypass e Centrali di pompaggio

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici a servizio degli impianti meccanici - Relazione tecnica e di calcolo Centrali di Ventilazione

GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici a servizio degli impianti meccanici - Specifiche tecniche dei materiali

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 RO GN 02A 0 001Rev.
AFoglio
7 di 19**GN02 - GALLERIA NATURALE LONATO - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00**

| |
|---|
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schemi di assieme, unifilare e funzionale quadri elettrici centrale di pompaggio |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schemi di assieme, unifilare e funzionale quadri elettrici locali ventilazione binario pari |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schemi di assieme, unifilare e funzionale quadri elettrici locali ventilazione binario dispari |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schema di assieme, unifilare e funzionale quadro elettrico bypass tipo 1 |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schema di assieme, unifilare e funzionale quadro elettrico bypass tipo 2 |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schema di assieme, unifilare e funzionale quadro elettrico bypass tipo 3 |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Schema planimetrico generale impianto di inquadramento |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Centrale di pompaggio - Distribuzione passerelle e vie cavi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Centrale di pompaggio - Distribuzione impianti luce/fm |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Centrale di pompaggio - Distribuzione impianti di messa a terra e collegamenti equipotenziali |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Locali ventilazione binario pari - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Locali ventilazione binario dispari - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Bypass tipo 1 - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Bypass tipo 2 - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti elettrici - Bypass tipo 3 - Allacciamenti elettrici a servizio degli impianti meccanici |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti speciali - Relazione tecnica generale Centrali di Ventilazione |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti speciali - Locali ventilazione binario pari - Distribuzione impianti speciali |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianti speciali - Locali ventilazione binario dispari - Distribuzione impianti speciali |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Relazione tecnica Bypass e Centrali di pompaggio |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Relazione tecnica Centrali di Ventilazione |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Specifiche tecniche dei materiali |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Elenco punti sistema di supervisione |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Centrale di pompaggio - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Locali ventilazione binario pari - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Locali ventilazione binario pari - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Bypass tipo 1 - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Bypass tipo 2 - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Impianto di supervisione impianti di sicurezza - Bypass tipo 3 - Distribuzione I/O e schema a blocchi |
| GALLERIA NATURALE LONATO (GN02) - Da Pk 115+990.00 a Pk 120+772.00 - Analisi termofluidodinamica - Modellazione e simulazione termofluidodinamiche per la verifica della disconnessione fumi |

3 NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

3.1 Normative

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

- **Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** : "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **Raccomandazioni A.I.C.A.P. del Maggio 1993** : "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce".
- **Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- **Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 28 ottobre 2005**. Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie.

3.2 Specifiche Tecniche di Riferimento

La presente revisione progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- **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;
- **Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie** (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008;

3.3 Documenti Correlati

- Rif. [1] Peck R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. SOA Report 7th Int. Conf. SMFE Mexico City, State of the Art Volume.
- Rif. [2] Burland J.B., Wroth C.P. (1974). Settlements of buildings and associated damage. SOA Review Conf. Settlement of Structures, Cambridge, Pentech Press, London.
- Rif. [3] C. Cestelli Guidi: Geotecnica e tecnica delle fondazioni – Ulrico Hoepli Editore, 1987
- Rif. [4] Bowles J.E.: Foundations Analysis and Design 4th edition – McGraw-Hill – New York, 1988
- Rif. [5] M. Bustamante, B. Doix: Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés -Bull. Liaison Laboratoire central des Ponts et Chaussées - nov.-dec. 1985
- Rif. [6] Malcolm Puller – Deep excavations: a practical manual – Thomas Telford ed., 1996



4 GENERALITÀ DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

4.1 Inquadramento geografico e geologico

La realizzazione interventi di consolidamento oggetto della presente relazione, deve essere compiuta sotto falda e in terreni sia a comportamento prevalentemente coesivo che in strati di terreno caratterizzati da comportamento granulare.

La ricostruzione geologica viene ripresa dagli elaborati: "Studio geologico-idrogeologico di dettaglio Galleria Lonato" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di Lonato" basati sull' analisi dagli approfondimenti condotti mediante la campagna geognostica integrativa eseguita durante la redazione del Progetto Esecutivo.

La zona di Lonato dal punto di vista geologico è situata nella porzione occidentale dell'anfiteatro morenico gardesano, la sua posizione risulta esterna rispetto a più giovani depositi wurmiani localizzati tra Desenzano e Peschiera e in posizione più interna rispetto ai più antichi depositi morenici mindeliani. Il territorio è caratterizzato da un graduale passaggio dai depositi fluvio-glaciali che fanno transizione, senza brusche interruzioni di facies, ai cordoni morenici Rissiani, che conservano con rilievo decametrico, ancora una buona evidenza morfologica.

Delimitati dai cordoni morenici relativamente impermeabili, si sono depositi dei depositi glacio-lacustri di estensione reale limitata; in questi depositi risultano prevalenti le frazioni limose ed argillose.

Il tracciato ferroviario, in questa zona, interseca dapprima depositi fluvio-glaciali essenzialmente ghiaioso-sabbiosi, entrando successivamente nei depositi glaciali del cordone morenico rissiano. Il corpo morenico risulta articolato in più cordoni con andamento N-S o NO-SE, intervallati da depositi fluvio-glaciali e in condizioni particolari da depositi glaciolacustri.

Dal punto di vista litologico i depositi morenici, al di sotto terreni coltivati o rimaneggiati di spessore metrico sono costituiti da: ghiaie e ciottoli a supporto di matrice limoso-argillosa, limi, limi sabbioso ghiaiosi e limi argillosi con ghiaie. Il corpo centrale del cordone morenico presenta generalmente una permeabilità ridotta; localmente specie nelle zone più superficiali al passaggio con i depositi fluvio-glaciali possono essere presenti delle lenti ghiaioso sabbiose con possibilità di circolazione idrica. In generale dal punto di vista idraulico i depositi attraversati sono caratterizzati da una marcata partizione dovuta al brusco contatto tra corpi a differente permeabilità con geometrie spesso articolate.

4.2 Descrizione unità litologiche

La ricostruzione geologica e le progressive sono riprese dagli elaborati: "Studio geologico- idrogeologico di dettaglio Galleria Lonato" e "Sezione geologica e idrogeologica Galleria di Lonato". Nell'area in esame sono state riconosciute le seguenti unità, appartenenti ai depositi di copertura:

- **Depositi fluvio-glaciali:** Questi depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie limoso argillose. Sono presenti in corrispondenza dell'imbocco lato Milano fino alla progressiva 108+600 circa e come depositi intramorenici nella parte centrale del tracciato presso lo svincolo di Desenzano;
- **Depositi glaciali - morene:** Questi depositi eterometrici sono costituiti da sabbie e ghiaie limoso argillose con blocchi litici da decimetrici a metrici, ghiaie sabbioso limose e limi con ghiaietto. I depositi si presentano compatti. Sono caratterizzati da un evidenza morfologica superficiale e sono presenti nella parte centrale del tracciato, fino all' imbocco lato Verona. Nelle depressioni tra questi depositi morenici sono contenuti depositi fluvio-glaciali o glaciolacustri.



- **Depositi glaciolacustri:** I depositi glaciolacustri sono riconosciuti lungo il tracciato come depositi lentiformi caratterizzati da limitata persistenza laterale. Questi depositi sono costituiti prevalentemente da limi, limi sabbioso argillosi. Questi depositi appoggiano sulla morena e sembrano non interessare lo scavo.

La morfologia risulta costituita da rilievi poco marcati altimetricamente costituiti da cordoni morenici, le quote del piano campagna variano tra 125 m s.l.m. in corrispondenza dell'imbocco lato Verona e un massimo di circa 205 m s.l.m. in corrispondenza della progressiva 108+250. I cordoni morenici presentano un'evidenza morfologica e un rilievo molto maggiore rispetto alla Galleria S. Giorgio in Salici.

In genere i depositi glaciali, in funzione dell'elevata presenza di materiale fine, nonostante l'eterogeneità e la presenza di materiale grossolano, presentano permeabilità ridotte. I depositi glaciofluviali riconosciuti presentano una presenza di materiale fine nettamente superiore rispetto ai depositi alluvionali, che sono soggetti ad una maggior selezione da parte degli agenti di trasporto e deposizionali. In funzione della loro granulometria i depositi fluvioglaciali presentano una permeabilità ridotta rispetto ai depositi alluvionali che costituiscono la circostante pianura. Sono presenti delle zone di circolazione idrica sia nei depositi glaciofluviali sia in orizzonti localizzati all'interno delle morene. In generale gli acquiferi più superficiali, falda freatica e falde sospese presentano forti variazioni stagionali e tendono ad ubicarsi tra i 10 e i 20 m da piano campagna.

La falda profonda è ubicata generalmente a profondità maggiori di 50 m da piano campagna in depositi alluvionali o fluvioglaciali, sottostanti i cordoni morenici, o in orizzonti più grossolani all'interno di questi corpi; questa falda risulta sotto la quota di scavo e si presenta costante come livello.

Le formazioni geologiche presenti nell'area di progetto possono essere distinte, dal punto di vista idrogeologico, in due unità principali caratterizzate da permeabilità per porosità diverse.

Una discreta continuità della falda superficiale può essere attesa all'interno dei depositi fluvioglaciali intramorenici, mentre all'interno delle morene sono attesi corpi idrici localizzati realmente a fasce di maggiore granulometria.

In genere i depositi glaciali, presentano permeabilità ridotte mentre i depositi fluvioglaciali presentano una maggiore permeabilità pur essendo meno permeabili dei depositi alluvionali s.s.

Le falde sono rappresentate da acquiferi freatici a pelo libero ospitati nei depositi fluvioglaciali e delimitati inferiormente dai corpi morenici che costituiscono degli orizzonti impermeabili e separano differenti falde confinate negli intervalli intramorenici

Viene riconosciuta all'interno dei corpi morenici la presenza di orizzonti più permeabili sede di falde sospese superficiali con ricarica diretta e la presenza di falde confinate da livelli argillosi in condizioni semiartesiane.

Nei depositi fluvioglaciali presenti sul lato Milano dall'imbocco della galleria naturale fino alla progressiva 118+600 la falda profonda si posiziona a circa 50 m da piano campagna mentre la falda superficiale viene riconosciuta solo in alcuni dei piezometri e si presenta lateralmente e con oscillazioni stagionali.

Dalla progressiva 118+600 fino alla 119+250 circa lo scavo attraversa dei depositi morenici in eteropia con depositi fluvioglaciali e glaciolacustri con possibile presenza localizzata di acquiferi multistrato sospesi compresi tra 15 e 27 m da piano campagna.

Nel settore tra le progressive 119+250 e 120+235 lo scavo attraversa una depressione nella morena formata dalla presenza di uno scaricatore glaciale e riempita da depositi fluvioglaciali intramorenici che ospitano una falda freatica ubicata a circa 20 m da piano campagna. Questa falda viene intercettata dallo scavo ed riconosciuta come continua lateralmente e alimentata con continuità.



Tra le progressive 120+235 e la fine della galleria naturale lo scavo attraversa depositi glaciali con la possibilità della presenza localizzata di falde sospese a circa 20 m da piano campagna.

4.3 Interventi di consolidamento

In base alle caratteristiche della zona da trattare quale:

- accessibilità;
- classe di danno;
- tipo di intervento;
- granulometria dei terreni di fondazione;
- presenza di acqua.

si sono scelte diverse metodologie di intervento:

- HDD dalla superficie;
- iniezione cementizie sub verticali dalla superficie.



5 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE INIEZIONI

Nel seguito si riportano alcune specifiche tecniche relativamente alle attività da mettere in atto ed ai materiali da impiegare nell'esecuzione delle iniezioni di trattamento dei materiali interessati dall'intervento in oggetto.

Nello specifico verranno trattati alcuni aspetti generali connessi alle prove tecnologiche e operative preliminari, alla definizione delle tolleranze ammissibili, quindi una descrizione generale dei materiali impiegati in termini di miscele e infine una definizione delle modalità esecutive sia con riferimento alle iniezioni di guaina, e alle iniezioni di trattamento/consolidamento.

5.1 Descrizione del trattamento e tolleranze

Il trattamento e le fasi esecutive dello stesso sono genericamente descritte negli elaborati grafici, nel seguito si procederà ad un descrizione più tecnica degli interventi con specifico riferimento agli elaborati grafici di progetto.

Per il trattamento del terreno si procederà con iniezioni di consolidamento su tutto lo strato di terreno, utilizzando tutte le valvole predisposte, allo scopo di interessare il terreno, ed in particolare lo strato interposto tra lo scavo della fresa ed il piano di fondazione dell'edificio o la superficie stessa, per renderlo maggiormente resistente ed attenuarne i cedimenti previsti al passaggio della fresa.

E' previsto dunque un intervento di consolidamento in fase precedente allo scavo delle gallerie; al momento non si prevede la possibilità di lasciare in opera i boccafori di iniezione per eventuali ulteriori iniezioni in fase successiva.

La realizzazione di suddetti interventi prevede la realizzazione di diversi allineamenti di perforazioni, caratterizzate da raggi di curvatura variabili, con lunghezze, e angolo di incidenza iniziale, leggermente diversi, come illustrato nel dettaglio negli elaborati grafici.

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nel rispetto della posizione e delle curvature di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili:

- la distanza massima tra i fori di iniezione sullo stesso allineamento non dovrà superare il valore di 2.80;
- coordinate plano-altimetriche: +/- 5 cm;
- scostamento dall'asse teorico: +/- 1%;
- lunghezza: +/- 15 cm.

In ogni caso non si dovranno verificare deviazioni maggiori di 0.5 m.

5.2 Miscele cementizie per le iniezioni

5.2.1 Miscela di guaina

La miscela di guaina, generalmente realizzata con una miscela ternaria composta da acqua, cemento e bentonite dosati in opportune percentuali, ha lo scopo di sostenere il mezzo d'iniezione (tubo in PVC). La miscela viene generalmente arricchita con della bentonite per conferire a quest'ultima stabilità e plasticità che nel caso di deformazioni limita la formazione di fessure, trattandosi in particolare di tubi posati per la realizzazione di iniezioni ripetute anche dalle medesime valvole.



La miscela di guaina sarà confezionata indicativamente utilizzando un cemento che può essere di tipo I+V e classe di resistenza 42.5 o 52.5 dosato in rapporto a/c pari a 4 ed aggiunta di additivo colloidale (bentonite) con rapporto b/a pari a 5.0 %.

Suddetta composizione dovrebbe restituire una miscela che sarà valutata dalle seguenti caratteristiche reologiche:

- densità [ton/m³];
- viscosità al cono Marsh [s/lit];
- rendimento volumetrico a 4 ore [%] (bleeding [%]).

Le proprietà reologiche dovranno ricadere all'interno di range che dovranno essere specificati sulla base dei risultati di opportuni campi prova.

Le necessarie proprietà reologiche verranno modulate grazie all'uso di opportuni additivi fluidificanti o disperdenti.

La miscela cementizia per la realizzazione della guaina dovrà essere iniettata con apposito tubo di iniezione a fianco della canna valvolata installata all'interno del rivestimento del foro, contestualmente al ritiro del rivestimento stesso, in modo da non lasciare porzioni di foro contemporaneamente non rivestite e non riempite di miscela. La successiva iniezione potrà essere effettuata almeno 24 ore dopo l'iniezione di guaina.

5.2.2 Miscela di iniezione di trattamento/consolidamento

La miscela di iniezione per il trattamento del terreno soggetto al consolidamento, ha il duplice scopo di intasare e creare un sufficiente grado di uniformità del terreno, a tal fine sarà necessario utilizzare una miscela cementizia stabile, di ridotta viscosità e comunque di non eccessiva resistenza e rigidità.

La miscela verrà iniettata utilizzando tutte le valvole predisposte nei tubi.

La miscela sarà confezionata indicativamente utilizzando un cemento che può essere di tipo I+V e classe di resistenza 52.5 ad alta finezza di macinazione (superficie specifica superiore a 5000 cm²/g Blaine) utilizzando eventualmente additivi stabilizzanti.

Il cemento sarà dosato in rapporto a/c pari a 2.00, con l'aggiunta di additivo colloidale (bentonite) con rapporto b/a pari a 2.0% e additivo con rapporto c/a pari a 0.50%.

Suddetta composizione dovrebbe restituire una miscela che sarà valutata dalle seguenti caratteristiche reologiche:

- densità [ton/m³];
- viscosità al cono Marsh [s/lit];
- rendimento volumetrico a 4 ore [%] (bleeding [%]).

Le proprietà reologiche dovranno ricadere all'interno di range che dovranno essere specificati sulla base dei risultati di opportuni campi prova.

Le necessarie proprietà reologiche verranno modulate grazie all'uso di opportuni additivi fluidificanti o disperdenti.

Si consiglia di utilizzare una miscela più ricca di cemento (a/c 1.5) per i primi fori, che costituiranno un test di iniezione.

Altre prescrizioni

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di permeabilità ed alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose alla idratazione dei leganti utilizzati.

E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti. Le schede tecniche dei prodotti commerciali che la impresa si propone di usare dovranno essere preventivamente consegnate al progettista per opportuna informazione.

Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte alle seguenti tipologie di controllo:

- peso specifico
- viscosità Marsh
- decantazione o resa volumetrica
- tempo di presa
- prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 95% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm^3 il peso specifico del cemento. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 5% in volume.

5.3 Modalità esecutive

5.3.1 Perforazione

Per le perforazioni direzionate da trincea, previste per l'installazione dei *tubi à manchettes* alla galleria Lonato, ai fini del miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dallo scavo della galleria in modo particolare nella zona del sotto-attraversamento dell'autostrada A4 da parte delle due TBM, saranno utilizzate sia perforatrici specifiche per HDD sia perforatrici di tipo convenzionale.

Data la natura dei terreni da attraversare, come utensile di perforazione direzionabile potrà essere utilizzata una punta asimmetrica "a becco di flauto".

Il fluido di perforazione è una delle peculiarità di questa applicazione; viene normalmente utilizzata una sospensione di bentonite o una sospensione di bentonite/polimero appositamente messe a punto per lo scopo.

La localizzazione in tempo reale dell'utensile entro il terreno durante l'avanzamento della perforazione, e quindi il tracciamento della posizione e la determinazione della traiettoria percorsa, potranno essere effettuati mediante metodi



magnetici; sono certamente da escludere i metodi *walk over*, richiedendo essi che un operatore si muova in prossimità della verticale del trasmettitore di fondo foro (e quindi anche sull'autostrada) per rilevare le caratteristiche fondamentali del campo elettromagnetico generato dal trasmettitore alloggiato nella *sound housing*.

Nell'ambito dell'applicazione dei metodi magnetici, sembra sia da escludere, per il caso in esame, l'induzione del campo magnetico da parte di una rete di conduttori appoggiati sulla superficie, essendo la superficie per buona parte il piano di scorrimento del traffico autostradale; ciò a meno che non sia possibile prevedere l'interramento della rete di conduttori al di sotto dell'asfalto realizzando per fasi (magari notte tempo) uno scavo in trincea per la posa di tubazioni all'interno delle quali, successivamente, si potranno far passare i conduttori. Molto più probabilmente, sarà necessario ricorrere a campi magnetici prodotti all'interno di un apposito foro sacrificale, realizzato con perforazione convenzionale e con traiettoria effettiva determinata a posteriori mediante misure con sistemi ottici e/o inclinometrici.

Le caratteristiche dei terreni da attraversare lasciano presupporre che per portare a termine l'installazione del tubo di iniezione all'interno della perforazione sia necessario l'impiego del rivestimento provvisorio del foro. Questo potrà essere messo in opera sia alla fine della perforazione, sia man mano che la perforazione procede, con il metodo *washing over* all'esterno della batteria di perforazione e ad essa concentrico.

La sequenza esecutiva, a livello di macro descrizione, da prevedere per l'installazione dei *tubi à manchettes* potrà essere la seguente:

- 1) perforazione direzionata da trincea, ad andamento curvilineo / rettilineo, fino a raggiungere la profondità di progetto;
- 2) installazione del rivestimento con il metodo *washing over*;
- 3) estrazione della batteria di aste teleguidate;
- 4) installazione del *tubo à manchettes* all'interno del rivestimento provvisorio;
- 5) formazione della guaina cementizia nell'intercapedine tra tubo di iniezione e parete del foro;
- 6) estrazione del rivestimento provvisorio;
- 7) rabbocco della miscela cementizia di guaina;

A questo punto, dopo un opportuno periodo di maturazione della miscela di guaina, il *tubo à manchettes* è pronto per essere iniettato con modalità selettiva e ripetuta.

Nel caso specifico, è prevista la presenza di blocchi o trovanti all'interno dei terreni da attraversare con le perforazioni direzionate. Qualora nel corso della perforazione guidata si dovesse incontrare un blocco o un trovante sulla traiettoria, la punta di perforazione direzionabile a becco di flauto prescelta per la perforazione non sarebbe in grado di penetrarlo ed attraversarlo. L'utensile in grado di attraversare trovanti (è utilizzato per le perforazioni guidate in roccia) e simultaneamente in grado di guidare i fori sarebbe il *mud motor*, che però non è adeguato ad attraversare i terreni sciolti, che peraltro, rappresentano la stragrande maggioranza del materiale da attraversare con le perforazioni.

Pertanto, nel caso in cui sia necessario attraversare blocchi o trovanti, la sequenza esecutiva si modificherà come segue:

- a) arresto temporaneo della perforazione;
- b) installazione del rivestimento provvisorio con il metodo *washing over*, fino a raggiungere la superficie esterna del blocco e ad intestarsi con la corona di perforazione all'interno del blocco stesso;

- c) estrazione della batteria di aste teleguidate;
- d) inserimento di un carotiere all'interno del rivestimento e carotaggio del blocco fino ad attraversarlo completamente;
- e) estrazione del carotiere;
- f) re-inserimento della batteria di aste teleguidate e proseguimento della perforazione fino alla profondità di progetto o fino ad incontrare un eventuale successivo blocco, nel qual caso saranno ripetute le fasi da a) a f);
- g) al termine della perforazione verrà avanzato il rivestimento provvisorio fino a fondo foro, procedendo all'alesatura con la corona del(i) carotaggio(i) precedentemente eseguito(i) all'interno del(i) blocco(i);
- h) dopodiché si procederà con le fasi esecutive da 3) a 7) della sequenza principale.

5.3.2 *Allestimento dei fori di iniezione*

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

I fori saranno allestiti con tubazioni adeguate allo scopo in funzione della denominazione dello stesso.

I fori sono realizzati per eseguire le iniezioni di trattamento. Le perforazioni saranno attrezzate con tubi in PVC, di elevata qualità e resistenza, di dimensioni minime pari a $\varnothing \geq 1.50''$, spessore $s \geq 5.0$ mm e pressione di scoppio ≥ 120 bar, munito di valvole di non ritorno del tipo a "manchettes" disposte a passo 50 cm, fino a raggiungere la profondità e la posizione di progetto. I tubi in PVC dovranno essere prolungati fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Non appena completata la messa in opera del tubo di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina"), iniettando come precedentemente indicato un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. L'iniezione dovrà avvenire dalla valvola di fondo foro. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

5.3.3 *Successione delle operazioni*

Si distinguono due fasi sia per l'esecuzione delle perforazioni, che delle iniezioni.

Le attività di perforazione (intese comprensive di installazione delle canne valvolate e della formazione della guaina) si distinguono pertanto in primarie e secondarie; la loro disposizione è riportata nelle tavole di progetto.

Successivamente all'esecuzione delle perforazioni primarie verranno realizzate le iniezioni primarie di prima fase, ultimate le quali si procederà con le iniezioni primarie di seconda fase. Al termine di queste ultime seguiranno nell'ordine le perforazioni secondarie, le iniezioni secondarie di prima fase e infine le iniezioni secondarie di seconda fase.

L'iniezione in fasi successive rende più efficace l'intervento evitando inutili dispersioni di miscela dovute all'intasamenti di aree oltre i limiti teorici di trattamento, drenaggio e dilavamento della miscela stessa ed idrofratturazione.

Durante la prima fase di iniezioni si prescrive di iniettare un volume massimo maggiore del 50% del volume massimo totale e comunque non superiore al 65% del totale.



Si ribadisce che le perforazioni devono essere sempre eseguite ad una distanza di almeno 2.4 m dal foro ancora privo di guaina più vicino; inoltre le iniezioni verranno realizzate procedendo dall'esterno dell'area trattata verso l'interno e iniziando, per ogni corona, dalle perforazioni inferiori spostandosi verso l'alto.

5.3.4 Preparazione delle miscele

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- serbatoio con elettrodi per il dosaggio dei prodotti liquidi;
- coclea per il carico dei prodotti secchi;
- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min;
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

A valle degli impianti di produzione saranno disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati. Gli iniettori saranno costituiti da pompe oleodinamiche a pistoncini aventi le seguenti caratteristiche:

- pressione max. di iniezione: ≥ 10 MPa
- portata max.: $2 \div 4 \text{ m}^3/\text{ora}$
- n°. max. pistonate/minuto: ≥ 60

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevede di utilizzare dovranno essere preventivamente comunicate al progettista, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

5.3.5 Iniezione

Trascorso un periodo di almeno 48 ore dalla formazione della guaina (da confermare a seguito di prove di resistenza su provini di miscela di guaina), si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive, a pressioni e volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto.

5.3.6 Esecuzione delle iniezioni

Le iniezioni di trattamento, consolidamento ed intasamento dovranno essere eseguite in due fasi nel rispetto delle seguenti indicazioni ed utilizzando materiali e miscele conformi a quanto indicato precedentemente al fine di ottenere un trattamento per permeazione.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 120 bar, in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage). L'impresa a questo proposito deve comunicare le caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata per le iniezioni, in modo da stabilire la minima portata possibile (comunque non superiore a 10 l/min) consentita dall'attrezzatura stessa, con cui iniettare le valvole.

Il volume teorico massimo totale da iniettare per ciascuna valvola (somma dei volumi iniettati per ciascuna fase) viene determinato a partire dalla composizione della miscela riporta nel paragrafo 4.3.2. e dalla geometria del volume da trattare.

1° Fase di iniezione



L'iniezione di 1° fase dovrà raggiungere un volume massimo iniettato pari a circa il 50÷65% del volume totale operando nel rispetto dei seguenti parametri d'iniezione:

- Pressione massima d'iniezione compresa tra 0.8÷0.9 MPa;
- Portata d'iniezione 5÷20 l/min;
- Volume massimo: da definire

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 lit/min.

Si sottolinea che i valori poc'anzi riportati sono indicativi e viene comunque demandato alla fase esecutiva una più approfondita analisi per la taratura degli stessi.

L'iniezione si fermerà al raggiungimento dei seguenti valori o comportamenti dei parametri di iniezione:

- volume di miscela iniettato per singola valvola pari a quanto sopra indicato;
- pressione di iniezione pari a $P_{max}=1.1$ MPa (questi valori potranno essere successivamente aumentati se l'incremento di pressione corrisponde ad un aumento regolare di volume iniettato);
- aumento di volume iniettato a pressione di iniezione pressoché costante (claquage);
- aumento della pressione di iniezione a volume di iniezione pressoché costante (rifiuto).

Al termine delle iniezioni si dovrà procedere ad un accurato lavaggio delle canne.

2° Fase di iniezione

L'iniezione di 2° fase dovrà raggiungere un volume massimo iniettato pari al raggiungimento del volume totale previsto, operando nel rispetto dei seguenti parametri d'iniezione:

- Pressione massima d'iniezione compresa tra 1.0÷1.1 MPa;
- Portata d'iniezione 5÷20 l/min;
- Volume massimo: da definire

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 lit/min.

Si sottolinea che i valori poc'anzi riportati sono indicativi e viene comunque demandato alla fase esecutiva una più approfondita analisi per la taratura degli stessi.

L'iniezione si fermerà al raggiungimento dei seguenti valori o comportamenti dei parametri di iniezione:

- volume di miscela iniettato per singola valvola pari a quanto indicato poc'anzi;
- pressione di iniezione pari a $P_{max}=1.3$ MPa (questi valori potranno essere successivamente aumentati se l'incremento di pressione corrisponde ad un aumento regolare di volume iniettato);
- aumento di volume iniettato a pressione di iniezione pressoché costante (claquage);
- aumento della pressione di iniezione a volume di iniezione pressoché costante (rifiuto).

Può essere richiesta la ripresa dell'iniezioni di seconda fase (terza fase integrativa). Pertanto sarà necessario che le canne vengano accuratamente lavate dopo l'esecuzione dell'iniezione da ogni singola valvola. Inoltre è evidente che per la buona riuscita dell'iniezione è necessario un controllo in continuo dei parametri di iniezione (nonché delle caratteristiche delle miscele iniettate): a questo scopo è opportuno un rilievo in tempo reale dei valori di portata, di volume iniettato da ogni valvola e della pressione di iniezione.

Potrà essere eseguita l'iniezione contemporanea di più fori, mantenendo una distanza tra i fori iniettati in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazione tra fori o colonne vicine, non ancora indurite.

Fino a quando le operazioni di iniezioni non saranno concluse, al termine di ogni fase, occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo.



5.3.7 Controlli e documentazione

Per ogni foro eseguito ed iniettato l'impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n°. del foro e data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione:
 - utensile;
 - fluido;
 - rivestimenti;
- caratteristiche della canna di iniezione (n°. passo e posizione delle valvole);
- volume di iniezione della guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 - data;
 - pressioni di apertura;
 - volumi di assorbimento;
- pressioni raggiunte caratteristiche della miscela utilizzata:
 - composizione;
 - peso specifico;
 - viscosità Marsh;
 - rendimento volumetrico o decantazione;
 - dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio.

5.3.8 Ulteriori prescrizioni tecniche

Tutte le perforazioni andranno eseguite nel rispetto delle seguenti prescrizioni:

- l'esecuzione dell'iniezione di guaina deve essere immediatamente successiva all'installazione del tubo nel foro, da effettuare subito dopo l'esecuzione del foro stesso;
- le operazioni di perforazione, esecuzione della guaina e iniezione non possono essere realizzate contemporaneamente in posizioni adiacenti ma mantenendo una sufficiente distanza reciproca;
- la successione di tali operazioni deve avvenire a partire dal foro ubicato a quota inferiore risalendo progressivamente verso la calotta;
- in ogni singola perforazione le iniezioni devono essere eseguite a partire da fondo foro verso boccaforo.