

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3°Lotto
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio
COMPLETAMENTO

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08
PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11
PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17
Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

PROGETTO ESECUTIVO

COD. GE266

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Flavio Capozucca
Ordine Geol. del Lazio n. 1599

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Emiliano Paiella

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIA FELETTINO I
COMPLETAMENTO GALLERIA NATURALE
RELAZIONE DI MONITORAGGIO

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

DPGE0266 E 20

NOME FILE

V03OM05STRRE01A

CODICE ELAB.

T00GN01OSTRE03

REVISIONE

SCALA

A

-

D

C

B

A

Emissione

Giugno 2020

Ing.

Ing.

Ing.

REV.

DESCRIZIONE

DATA

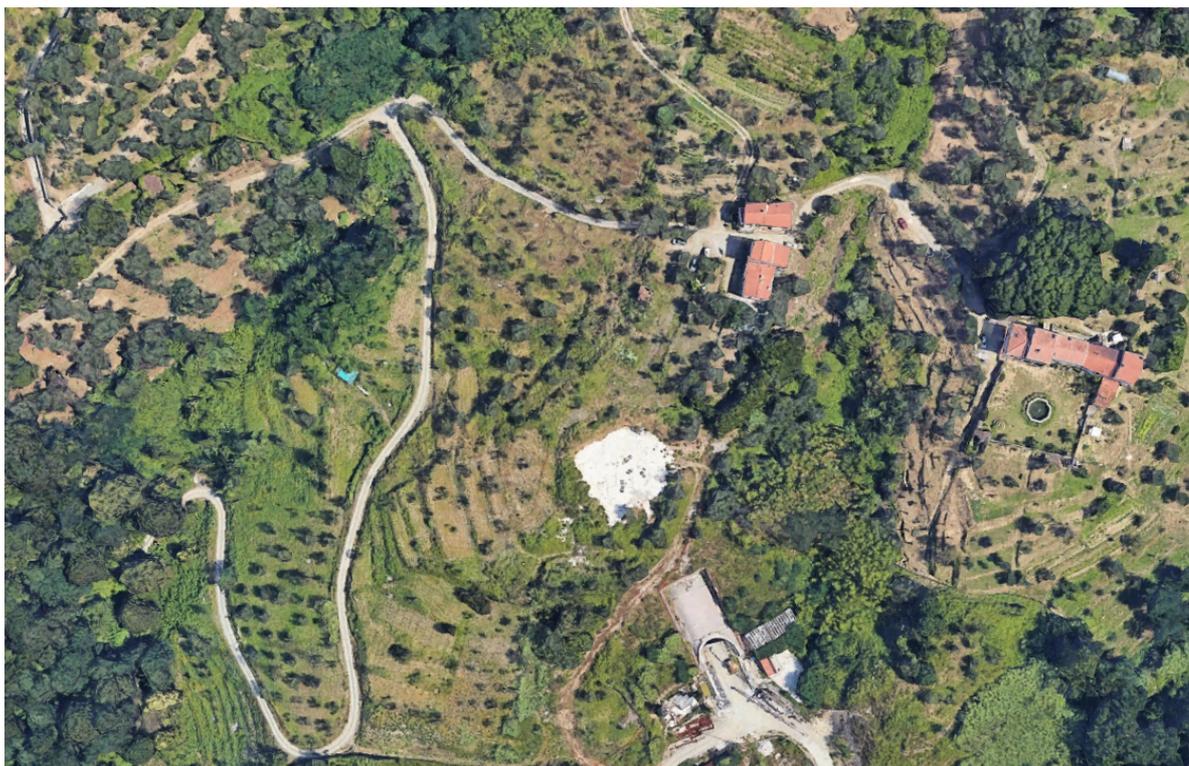
REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA VARIANTE ALLA SS1 AURELIA – 3°
LOTTO TRA FELETTINO ED IL RACCORDO AUTOSTRADALE

OPERE MAGGIORI - GALLERIA NATURALE



GALLERIA NATURALE FELETTINO I

RELAZIONE DI MONITORAGGIO

T00GN01OSTRE03A

-	30.06.2020	Ago	CR
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi Ingegneria S.r.l. – Socio Unico

Via Giotto 36, IT-20145 Milano

Telefono +39 02 583 03 324, Fax +39 02 583 03 190

milano@lombardi.group, www.lombardi.group

Unità locale Torino

Via R. Montecuccoli 9, IT-10121 Torino, Italy

Telefono: +39 011 192 149 20, Fax: +39 02 583 03 190

torino@lombardi.group, www.lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Premessa	1
1.2	Normativa di riferimento	2
1.3	Riferimenti bibliografici	3
1.4	Documenti di progetto	3
2.	DESCRIZIONE DEI CONTROLLI E DELLE MISURE DA ESEGUIRE DURANTE LA REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI IN SOTTERRANEO	4
2.1	Rilievi geomeccanici al fronte	5
2.2	Convergenze	7
2.3	Deformazioni dei rivestimenti di prima fase	9
2.4	Deformazione dell'ammasso	9
2.5	Tensioni tra ammasso e rivestimento	10
2.6	Stato di sollecitazione nei rivestimenti definitivi	12
2.7	Sovrapressioni idrauliche	12
2.8	Cedimenti del piano campagna	13
2.9	Monitoraggio opere di sostegno scavi imbocchi e gallerie artificiali	13
3.	SISTEMA DI MONITORAGGIO DA APPLICARE DURANTE LO SCAVO DELLA GALLERIA FELETTINO I	15

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La presente relazione tratta della galleria "Felettino I", prevista lungo il tracciato del 3° Lotto della variante alla S.S. 1 "Aurelia" a La Spezia, tra la località di Felettino e il raccordo autostradale.

La galleria, della lunghezza totale di 777.28 m, presenta una sezione policentrica con raggio interno in calotta pari 6,18 m, nella quale è alloggiata una piattaforma stradale formata da una corsia per ciascun senso di marcia di larghezza 3,75 m e banchine laterali da 1,50 m, per una larghezza complessiva di 10,50.

Planimetricamente la galleria presenta un andamento rettilineo da Nord-Ovest verso Sud-Est; presso l'imbocco lato Nord della galleria si trovano le rampe dello svincolo di Via di Buonviaggio, mentre presso l'imbocco lato Sud si trova il viadotto S.Venerio I.

Trattandosi di galleria con lunghezza superiore a 500 m, è prevista per un tratto l'adozione di una sezione di scavo all'interno della quale viene ricavato un cunicolo di emergenza per l'evacuazione degli utenti e la realizzazione di uscite di emergenza in galleria verso il cunicolo ogni 300 m.

Allo stato attuale la galleria si presenta realizzata parzialmente, lo scavo è stato effettuato da entrambi gli imbocchi per un totale di 217m così suddivisi:

- Da imbocco Lato Sud : da pk 2497 a 2461 (L=36m)
- Da imbocco Lato Nord: da pk 1805 a 1986 (L=181m)

Il presente documento si propone di fornire indicazioni in merito al monitoraggio geotecnico e strutturale delle opere necessarie per il completamento della galleria. Le indicazioni rimangono valide anche per le tratte già realizzate qualora il completamento dei lavori abbia influenza sulle opere esistenti.



Figura 1: Vista dell'area della galleria Felettino I adiacente all'abitato di Carozzo.

1.2 Normativa di riferimento

- [1] D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988, N. 30483 - Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, N. 218/24/3).
- [2] Legge 5 novembre 1971, N. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale, precompresso ed a struttura metallica".
- [3] D.M. LL. PP. 14 febbraio 1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 giugno 1993, N. 37406/STC).
- [4] D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 15 ottobre 1996, N. 252).
- [5] D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi»" e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 4 luglio 1996, N. 156AA.GG./STC).
- [6] Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

- [7] D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 10 aprile 1997, N. 65/AA.GG.).
- [8] Ordinanza n. 3274 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m.i.
- [9] Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3519 del 28 Aprile 2006 - “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- [10] Decreto Ministero Infrastrutture 14/01/2008 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”.
- [11] Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 Febbraio 2009 - “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008”.

1.3 Riferimenti bibliografici

- [12] Hoek E. [2004]: “Numerical Modelling for Shallow Tunnels in Weak Rock” – Rocscience.
- [13] Lombardi G., Amberg W. A. [1974]: “Une méthode de calcul élasto-plastique de l'état de tension et de déformation autour d'une cavité souterraine”. Congrée Internationale ISRM, Denver.
- [14] Lunardi P. [2000]: “The design and construction of tunnels using the approach based on the analysis of controlled deformation in rocks and soils”. Tunnels & Tunnelling International.
- [15] Oreste P.P. [1999]: “Aspetti Notevoli dell'Analisi e Dimensionamento dei Sostegni di Gallerie attraverso i Metodi di Calcolo Numerici”, Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, Nr. 57, 1999, 39-50.

1.4 Documenti di progetto

- [16] Relazione di calcolo (T00GN01OSTRE04A)
- [17] Nota di caratterizzazione geomeccanica (T00GN01OSTRE01A)
- [18] Linee guida applicazione delle sezioni tipo (T00GN01OSTRE02A)

2. DESCRIZIONE DEI CONTROLLI E DELLE MISURE DA ESEGUIRE DURANTE LA REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI IN SOTTERRANEO

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dai rilievi e dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio ha lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e la risposta tenso-deformativa dell'ammasso all'azione di avanzamento e il comportamento delle strutture di rivestimento di prima fase e definitive, permettendo così di adeguare tempestivamente la tipologia e l'intensità degli interventi previsti, nonché la successione delle lavorazioni;
- assicurare che l'opera espliciti le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste.

In generale le grandezze da monitorare sono le seguenti:

- condizione geomeccanica del fronte di scavo;
- convergenza dell'intradosso della galleria;
- deformazione e stato di sforzo del rivestimento di prima fase;
- deformazione dell'ammasso nell'intorno della galleria;
- tensioni di interazione tra ammasso e rivestimento;
- sovrappressioni idrauliche a tergo del rivestimento;
- stato tensionale del rivestimento definitivo;
- cedimenti del piano campagna;
- controllo delle strutture preesistenti.

Di seguito si riportano sinteticamente le caratteristiche principali di ogni sistema di controllo e misura, ciascuno dei quali viene identificato da una sigla (RG, CO, ...). Nel successivo paragrafo viene riportato il monitoraggio previsto per la galleria da realizzare, espresso in termini di numero di sezioni distribuite lungo le tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo.

2.1 Rilievi geomeccanici al fronte

I rilievi geologico-strutturali (**RG**) saranno eseguiti sistematicamente al fronte di scavo della galleria al fine di riconoscere le condizioni litostratigrafiche del fronte, riconoscere le famiglie di discontinuità nel caso di ammasso roccioso ed i principali lineamenti tettonici, a conferma ed integrazione delle indicazioni degli studi geologici, e valutare gli indici di classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Sulla base del rilievo, considerate le condizioni di copertura ed i risultati del monitoraggio di campi precedenti scavati in condizioni geomeccaniche simili, sarà scelta la sezione tipologica di scavo per il tratto in avanzamento.

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

GALLERIA:
 Imbocco:

Progr. Ass.:
 Sez. applicata:

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

CARATTERISTICHE ROCCIA	COND.	COMPATTA		
		POCO FRATTURATA		
		FRATTURATA		
	STATO	SANA		
		POCO ALTERATA		
		ALTERATA		
		NESSUNO		
	ASSETTO	STRATIFICAZIONE		
		SCIOTOSITA'		
		CLIVAGGIO		
	INCLINAZIONE (°)			
	DIREZIONE (°)			
	SPESSORE (cm)			
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'	TIPO	FAGLIA		
		FRATTURA		
	LOCALIZZ.	PIEDRITTO SX		
		PIEDRITTO DX		
		ENTRAMBI		
	GAC.	ANDAMENTO IPOTETICO		
		INCLINAZIONE (°)		
		DIREZIONE (°)		
	GEOMET.	APERTA		
		CHIUSA		
	SPESSORE (cm)			
	PROGETTO (cm)			
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'	RIEMP.	CEMENTATO		
		PLASTICO		
		SCIOLTO		
		JRC		
		JCS (Mpa)		
	OSSERVAZIONI	ACQUA	ASSENTE	
			STILLICIDIO	
			Q < 1L/sec	
			Q > 1L/sec	
		DISTACCHI		ASSENTI
			PIEDRITTO SX	
			PIEDRITTO DX	
CONSOLIDAMENTI			CALOTTA	
			V < 0,6mc	
			0,6mc < V < 1,0mc	
		V > 1,0mc		
		ASSENTI		
		RETE ELETTROSALDATA		
		CENTINE		
		SPRITZ-BETON		
		CHIODI SX		
		CHIODI DX		
	CHIODI CALOTTA			
	VTR FRONTE (N°)			
	VTR CONTORNO (N°)			
	PRETAGLIO (sp. cm)			
	J.G. CONTORNO			
	J.G. FRONTE			
	INFILAGGI			
	DRENAGGI (N°)			

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE

LEGENDA GEOLOGICA:

DESCRIZIONE:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F. ___/___

Figura 2: Scheda per il rilievo geomeccanico dei fronti di scavo

T00GN01OSTRE03A

30.06.2020

2.2 Convergenze

La misura consiste nella materializzazione sul profilo della galleria, all'interno del rivestimento in spritz beton, di 5 basi di lettura (sezione **CO**) costituite da bulloni a testa filettata e nella misura delle distanze tra le basi mediante una delle seguenti modalità:

- utilizzo di un nastro centimetrato in invar montato su un telaio e dotato di un sistema meccanica di tensionamento e di un comparatore centesimale (distometro);
- installazione sulle basi di misura di un miniprisma ottico o di mire ottiche reticolate per il rilievo delle stesse con stazione totale, mediante triangolazione di precisione.

Poiché l'elaborazione dei dati dovrà consentire di determinare la deformata del profilo di scavo e la sua evoluzione nel tempo, nel caso di uso di distometro a nastro dovranno essere rilevate topograficamente le posizioni dei punti di riferimento installati sui piedritti della galleria.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno.

Lungo le tratte di avanzamento con sezioni tipo "C", nel caso fosse programmata una sosta degli scavi prolungata (periodi di feste o vacanze di più giorni) o nel caso di blocco imprevisto, con ripresa non immediata dell'avanzamento, dovranno essere poste almeno 9 mire ottiche sul fronte di scavo ricoperto di spritz-beton, al fine di permettere un rilievo dettagliato della deformazione del fronte stesso.

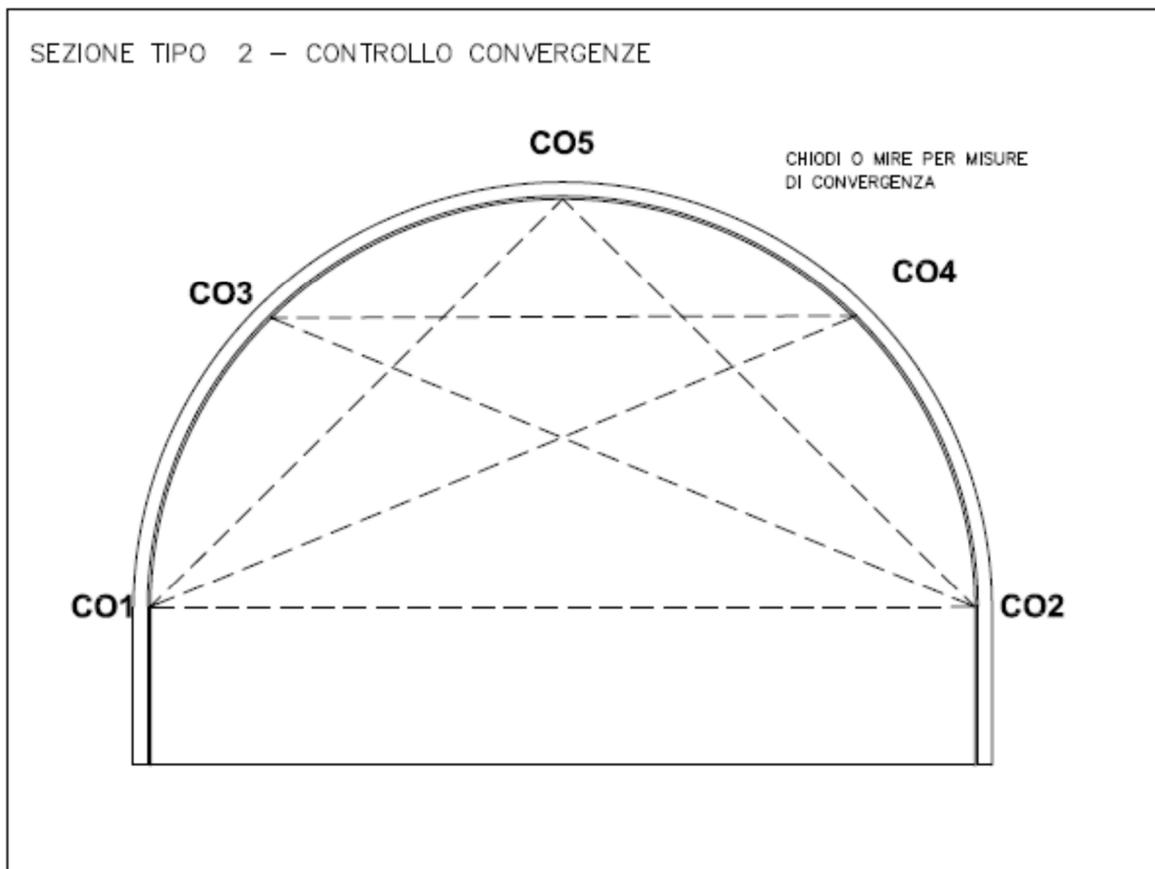


Figura 3: Schema di posizionamento degli strumenti per il controllo delle convergenze (CO)

2.3 Deformazioni dei rivestimenti di prima fase

Per la misura dello stato deformativo del rivestimento di prima fase, la valutazione dello stato tensionale relativo e del conseguente livello di sicurezza delle strutture saranno installati sulle centine del rivestimento degli estensimetri a corda vibrante (strain gauges **SG**).

Gli strumenti, saldati su ciascuna delle ali del profilo metallico costituente la centina in prossimità di tre punti in cui è previsto il maggior momento flettente, misurano lo spostamento reciproco delle basi di misura mediante un sensore a corda vibrante, da interrogare mediante un'apposita centralina di lettura. Noti la deformazione nelle ali del profilo ed il modulo elastico dell'acciaio, è possibile calcolare lo stato tensionale agente sulla sezione della centina e confrontarlo sia con le previsioni di progetto sia con la tensione ammissibile prescritta dalla normativa, ricavando così il fattore di sicurezza del sostegno.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno.

2.4 Deformazione dell'ammasso

Per la misura della distribuzione delle deformazioni nell'ammasso circostante la galleria saranno installati, in direzione radiale, due estensimetri multibase (sezione **EM**).

Si tratta di strumenti costituiti da una testa di riferimento posta sul profilo della galleria e da almeno tre basi di riferimento costituite da aste in vetroresina installate in un perforo radiale ed ancorate in profondità all'ammasso roccioso (L=3, 6 e 12 m, rispettivamente per la prima, la seconda e la terza base), mediante cementazione: la misura consiste nel rilievo dello spostamento relativo tra la testa di riferimento e gli estremi delle aste di misura. Il rilievo dello spostamento può essere effettuato manualmente, per mezzo di un comparatore centesimale, o mediante l'installazione sulla testa di riferimento di trasduttori di spostamento a corda vibrante, da interrogare mediante apposita centralina di lettura.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno;
- Dopo il getto del rivestimento definitivo: 1 lettura / settimana fino a stabilizzazione.

Per le sezioni tipo "C" è prevista l'esecuzione di misure estrusometriche del fronte (**EF**), con estensimetro incrementale, in continuità lungo l'avanzamento (si ipotizza una lunghezza iniziale dell'estensimetro pari a 30 m, messo in opera ogni due campi di avanzamento). L'estrusometro è costituito da tubi in PVC muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro, resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive. Una volta maturata la miscela di iniezione, si effettuerà la lettura di zero di riferimento e successivamente una lettura ad ogni campo di avanzamento. Le letture termineranno per lunghezze del tubo residue inferiori a 5 m.

L'obiettivo è quello di guadagnare conoscenze in avanzamento, per poter intervenire in caso di deviazione del comportamento del cavo da quanto atteso, adottando opportune correzioni delle tecnologie di consolidamento e dei metodi e tempi di avanzamento, al fine di contenere i cedimenti indotti in superficie e la plasticizzazione dell'ammasso.

2.5 Tensioni tra ammasso e rivestimento

La misura della tensione al contatto tra ammasso e rivestimento viene effettuata mediante strumenti tipo celle di pressione. In particolare si prevedono 3 celle di pressione per ogni sezione, con interdistanza tra le sezioni ogni 20 m. Per ciascuna sezione si prevedono 3 celle poste in calotta e sui reni (Sezioni **CP**). Per l'installazione di detta strumentazione si rimanda al capitolato speciale d'appalto.

La frequenza di lettura delle celle di pressioni può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- 1 lettura a settimana per i primi 60 giorni dal getto del rivestimento definitivo;
- 1 lettura al mese successivamente.

Per la verifica del carico trasmesso al terreno in fondazione si prevedono due celle di carico al piede delle centine (sezione **CC**). Le celle di carico sono dei martinetti idraulici dotati di un trasduttore di pressione, interrogabile mediante un'apposita centralina di lettura. Il carico misurato è confrontato con la portata ammissibile del terreno di fondazione, calcolata secondo i metodi tradizionali dell'ingegneria geotecnica, e con le sollecitazioni massime tollerabili dalla sezione resistente delle centine.

La frequenza di lettura può essere così definita, a meno di variazioni legate all'andamento particolare degli scavi:

- Prima del getto dell'arco rovescio: 2 letture / giorno;
- Dopo il getto dell'arco rovescio: 1 lettura / giorno.

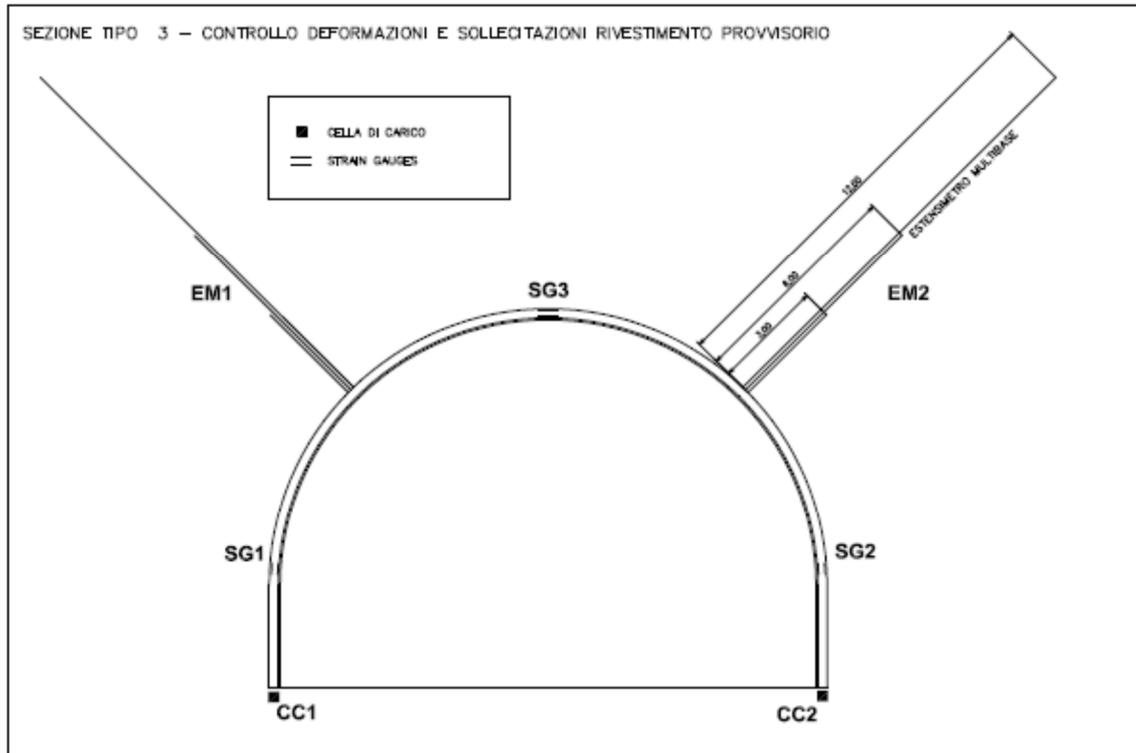


Figura 4: Schema di posizionamento degli strumenti per il controllo delle deformazioni e delle sollecitazioni nel rivestimento di prima fase (SG), nell'ammasso (EM) e al contatto tra rivestimento e terreno (CC)

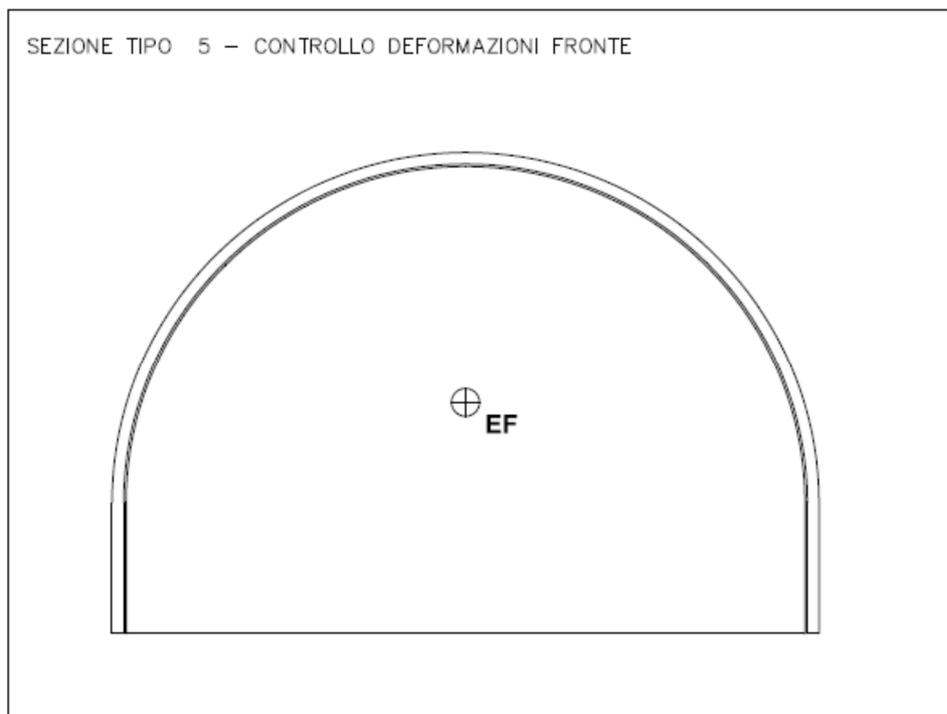


Figura 5: Schema di posizionamento degli strumenti per il controllo dell'estrusione del fronte (EF)

2.6 Stato di sollecitazione nei rivestimenti definitivi

Ai fini del controllo dello stato tensionale delle strutture definitive di rivestimento nel medio-lungo termine, ed in corrispondenza di condizioni geomeccaniche per le quali è possibile ipotizzare un comportamento viscoso con sviluppo di deformazioni a tensione costante, si prevede l'installazione di una sezione di misura costituita da 8 barrette estensimetriche (sezione **BE**) da calcestruzzo per la misura delle deformazioni (e delle tensioni) all'intradosso ed all'estradosso in quattro punti dell'anello di rivestimento (in calotta, in arco rovescio e sui piedritti). La frequenza di lettura viene fissata ad 1 lettura/settimana per i primi 60 giorni dal getto del rivestimento ed 1 lettura/mese fino a completa stabilizzazione delle misure.

2.7 Sovrapressioni idrauliche

Gli strumenti da utilizzare consistono in trasduttori di pressione a corda vibrante (**PZ**) installati in un perforo effettuato dalla galleria ed interrogabili mediante un'apposita centralina di lettura.

La misura della pressione neutra all'esterno della galleria permetterà di valutare l'efficacia del drenaggio effettuato in avanzamento durante lo scavo, i tempi di ripristino della pressione idraulica preesistente e l'entità delle pressioni neutre agenti sia in fase di scavo, sia a lungo termine.

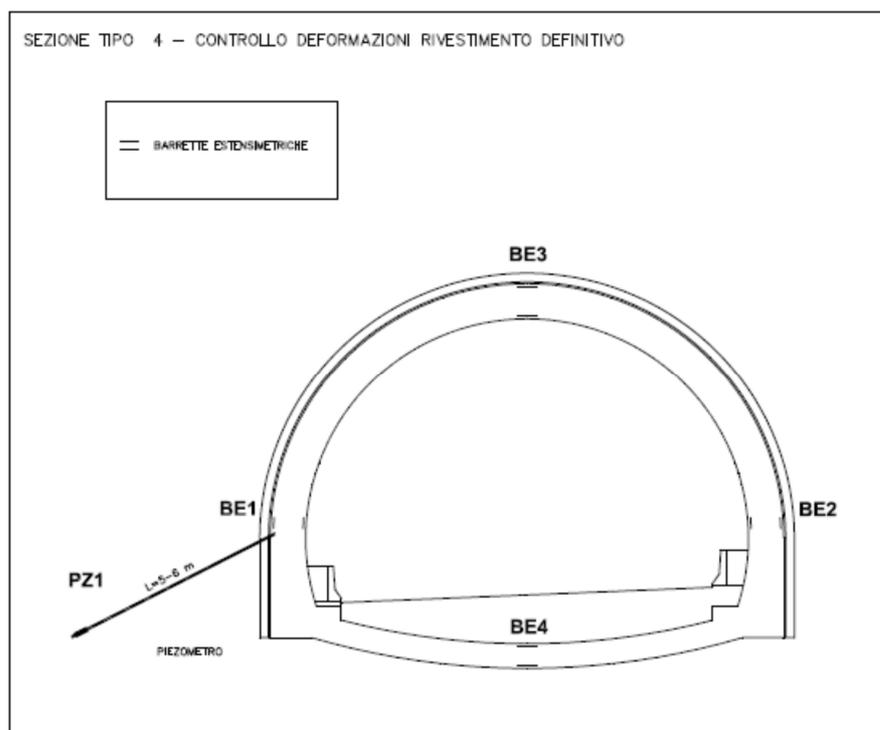


Figura 6: Schema di posizionamento degli strumenti per il controllo dello stato tensionale nei rivestimenti definitivi (BE) e delle pressioni neutre (PZ)

2.8 Cedimenti del piano campagna

Nelle tratte a bassa copertura potrà risultare necessario il controllo della subsidenza del piano campagna determinata dallo scavo in sotterraneo. Si dovranno materializzare delle sezioni topografiche di controllo trasversali all'asse delle gallerie (sezioni **TO**), estese per una lunghezza di almeno cinque diametri e costituite ciascuna da cinque mire ben ancorate al terreno. La lettura di zero dovrà essere eseguita ben prima che il fronte di scavo si avvicini alla sezione di controllo (a distanza di almeno sei volte il diametro della galleria). Le frequenze di lettura possono essere così schematizzate:

Una lettura ogni 48 ore per distanze del fronte superiori a 25 m dalla sezione di controllo (sia nella fase di avvicinamento che di allontanamento);

Una lettura ogni 24 ore per distanze del fronte comprese tra 25 e 12 m dalla sezione di controllo;

Una lettura ogni 12 ore per distanze del fronte inferiori a 12 m dalla sezione di controllo.

La ricostruzione del profilo di subsidenza consentirà il controllo del cedimento massimo registrato e del volume perso (area della superficie compresa tra il profilo deformato ed il profilo originario del terreno).

Nel caso di presenza di fabbricati lungo il tracciato della galleria, mediante le stesse misure topografiche potranno essere stimati i valori delle massime distorsioni (rapporti tra cedimenti differenziali e lunghezze di basi di misura), particolarmente utili per la previsione dell'influenza degli scavi sulle strutture.

2.9 Monitoraggio opere di sostegno scavi imbocchi e gallerie artificiali

Per la verifica delle previsioni progettuali circa le deformazioni delle paratie di sostegno provvisorie degli scavi delle gallerie artificiali e agli imbocchi delle gallerie saranno da prevedersi i seguenti dispositivi di monitoraggio:

- mire ottiche **MO** per la lettura topografica degli spostamenti orizzontali e verticali posizionate su sezioni verticali di misura poste una sulla paratia frontale e le altre sulle paratie laterali ad interdistanza di dieci metri; una mira sarà installata sul cordolo di testa e le altre sulle travi di collegamento di ordine pari (2° ordine, 4° ordine ecc.). Le letture saranno eseguite in fase di scavo con frequenza giornaliera (a fine giornata) e a fine scavo con frequenza settimanale.

Per il monitoraggio dei carichi di lavoro dei tiranti delle paratie di sostegno degli scavi saranno da prevedersi i seguenti dispositivi:

- celle di carico per la misura del tiro dei tiranti **CT** posizionate entro le strutture di testa in numero pari al 10% dei tiranti di ciascuna tipologia di tirante previsto (cioè 10% dei tiranti da tre trefoli, 10% dei tiranti da quattro trefoli, ecc.) per ciascuna paratia di sostegno, con un minimo di 1 tirante per ciascuna tipologia e per ciascuna paratia. Le letture saranno eseguite in fase di scavo con frequenza giornaliera e a fine scavo con frequenza settimanale.

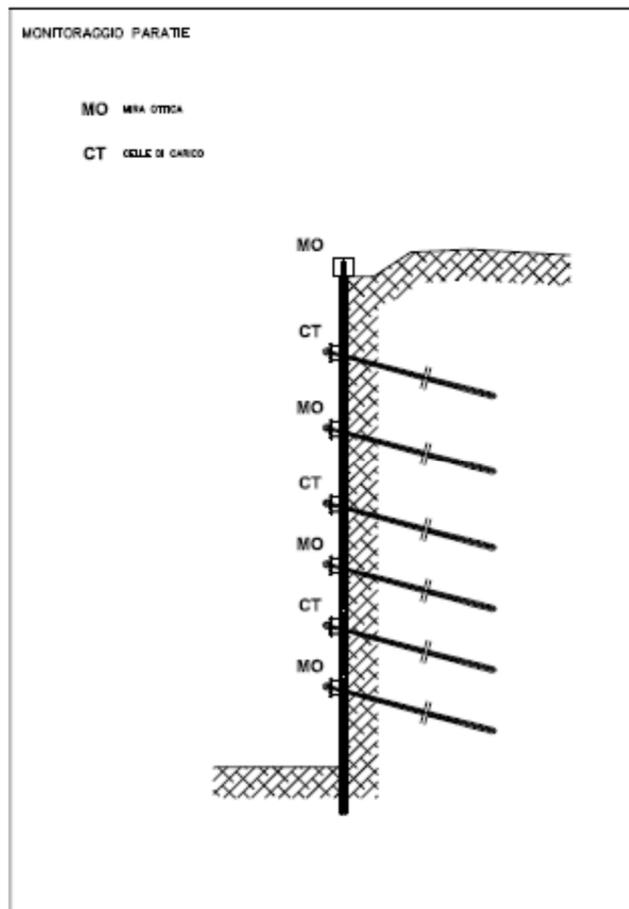


Figura 7: Schema di posizionamento degli strumenti per il controllo delle deformazioni e delle sollecitazioni nelle strutture di sostegno (MO , CT)

3. SISTEMA DI MONITORAGGIO DA APPLICARE DURANTE LO SCAVO DELLA GALLERIA FELETTINO I

Le tecniche e gli strumenti per il monitoraggio descritte nei paragrafi precedenti confluiscono in alcune sezioni tipologiche (Ref. Elaborato grafico P01GN01OSTPL02). Di seguito riportate le sezioni tipo di monitoraggio associate alle sezioni di scavo di galleria.

Sezione tipo di monitoraggio	Strumenti / Metodi	B2/B2c	C2/C2c	C2P1/C2Pc	C2VP / C2VPc
Sezione tipo 1	RG (rilievo geomeccanico)	x	x	x	x
Sezione tipo 2	CO (convergenze)	x	x	x	x
Sezione tipo 3	SG (strain gauges) +EM (estensimetri)+CC (celle di carico)	-	x	x	x
Sezione tipo 4	BE (barrette estensimetriche) +PZ (piezometro)	-	x	x	-
Sezione tipo 5	EF (estrusione al fronte)	-	x (ev.)	x (ev.)	-

Tabella 1: Sezioni tipo di monitoraggio in galleria

Tratta da realizzare con sezioni tipo B2 / B2c

- Sezione tipo (1) rilievi geomeccanici al fronte (RG); ogni 15 m circa.
- Sezione tipo (2) sezioni di controllo della convergenza (CO); ogni 15 m circa.

Tratta da realizzare con sezioni tipo C2 / C2c

- Sezione tipo (1) rilievi geomeccanici al fronte (RG); ogni campo di avanzamento.
- Sezione tipo (2) sezioni di controllo della convergenza (CO); ogni 10 m circa.
- Sezione tipo (3) sezioni di controllo speciali (SG+EM+CC); frequenza in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo (minimo 1 sezione).
- Sezione tipo (4) sezioni di controllo dello stato tensionale del rivestimento definitivo (BE) e delle pressioni interstiziali (PZ); frequenza in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo (minimo 1 sezione).
- Sezione tipo (5) estrusometri al fronte (EF); eventuale in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo.

Tratta da realizzare con sezioni tipo C2P1 / C2Pc

- Sezione tipo (1) rilievi geomeccanici al fronte (RG); ogni campo di avanzamento.
- Sezione tipo (2) sezioni di controllo della convergenza (CO); ogni 10 m circa.
- Sezione tipo (3) sezioni di controllo speciali (SG+EM+CC); frequenza in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo (minimo 1 sezione).
- Sezione tipo (4) sezioni di controllo dello stato tensionale del rivestimento definitivo (BE) e delle pressioni interstiziali (PZ). frequenza in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo (minimo 1 sezione).

- Sezione tipo (5) estrusometri al fronte (EF); eventuale in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo.

Tratta da realizzare con sezioni tipo C2VP / C2VPc

- Sezione tipo (1) rilievi geomeccanici al fronte (RG) , ogni campo di avanzamento.
- Sezione tipo (2) sezioni di controllo della convergenza (CO), ogni 10 m circa.
- Sezione tipo (3) sezioni di controllo speciali (SG+EM+CC); frequenza in relazione al comportamento dell'ammasso allo scavo (minimo 1 sezione).

STRUTTURE DI SOSTEGNO AGLI IMBOCCHI

- 2 sezioni di mire ottiche (MO) sulle due paratie frontali degli imbocchi Nord e Sud.
- 10 sezioni di mire ottiche (MO) sulle paratie laterali degli imbocchi Nord e Sud.
- Celle di carico per la misura del tiro dei tiranti (CT) posizionate entro le strutture di testa in numero pari al 10% dei tiranti di ciascuna tipologia di tirante previsto per ogni paratia, con un minimo di 1 cella per tipologia e per paratia.