

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO ESECUTIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Via Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Dott. ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO:

DATA:

OPERE D'ARTE MAGGIORI:

Ing. Enrico Maria Pizzarotti – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A29470



Enrico Maria Pizzarotti

06 - OPERE D'ARTE MAGGIORI IN SOTTERRANEO

Relazione sul monitoraggio

| CODICE PROGETTO | | | NOME FILE | | REVISIONE | SCALA |
|-----------------|-------------|----------|---------------------|-----------|------------|------------|
| PROGETTO | LIV. PROG. | N. PROG. | T00GN00OSTRE05A.pdf | | | |
| L0702M | E | 2101 | T00GN00OSTRE05 | | A | - |
| D | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | | | | | | |
| A | EMISSIONE | | FEBBRAIO 2023 | CASSANEGO | MOJA | PIZZAROTTI |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

INDICE

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 1 |
| 2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 2 |
| 2.1 | Normativa | 2 |
| 2.2 | Documenti del Progetto Esecutivo | 2 |
| 3 | GENERALITA' | 3 |
| 3.1 | Descrizione delle opere..... | 3 |
| 3.1.1 | <i>Galleria Guinza</i> | 3 |
| 3.1.1.1 | <i>Interventi di adeguamento strutturale</i> | 3 |
| 3.1.1.2 | <i>Interventi di chiusura dei bypass e delle piazzole di sosta</i> | 4 |
| 3.1.1.3 | <i>Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m</i> | 5 |
| 3.1.1.4 | <i>Paratia di imbocco Lato umbria</i> | 6 |
| 3.1.2 | <i>Galleria S. Antonio</i> | 7 |
| 3.1.2.1 | <i>Bypass alla progr.7+775 m</i> | 7 |
| 4 | DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO..... | 8 |
| 4.1 | Monitoraggio in galleria | 8 |
| 4.1.1 | <i>Rilievo geomeccanico del fronte di scavo</i> | 8 |
| 4.1.1.1 | <i>Descrizione</i> | 9 |
| 4.1.2 | <i>Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico</i> | 9 |
| 4.1.2.1 | <i>Descrizione</i> | 9 |
| 4.1.2.2 | <i>Sistema di acquisizione</i> | 10 |
| 4.1.2.3 | <i>Restituzione dati</i> | 10 |
| 4.1.3 | <i>Misure di estrusione al fronte di scavo</i> | 11 |
| 4.1.3.1 | <i>Definizione</i> | 11 |
| 4.1.3.2 | <i>Sistema di acquisizione</i> | 12 |
| 4.1.3.3 | <i>Restituzione dei dati</i> | 12 |
| 4.1.4 | <i>Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase</i> | 12 |
| 4.1.4.1 | <i>Definizione</i> | 12 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1.4.2 | <i>Acquisizione e restituzione dei dati</i> | 12 |
| 4.1.5 | <i>Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo</i> | 13 |
| 4.1.5.1 | <i>Definizione</i> | 13 |
| 4.1.5.2 | <i>Acquisizione e restituzione dei dati</i> | 13 |
| 4.1.6 | <i>Valori di soglia</i> | 13 |
| 4.2 | Monitoraggio delle opere d'imbocco | 15 |
| 4.2.1 | Controlli topografici | 15 |
| 4.2.1.1 | <i>Descrizione</i> | 15 |
| 4.2.1.2 | <i>Modalità d'installazione</i> | 15 |
| 4.2.1.3 | <i>Acquisizione dati</i> | 16 |
| 4.2.2 | Celle di carico sui tiranti | 16 |
| 4.2.2.1 | <i>Descrizione</i> | 16 |
| 4.2.2.2 | <i>Modalità di posa in opera</i> | 17 |
| 4.2.2.3 | <i>Restituzione dati</i> | 17 |
| 4.2.3 | Valori di soglia | 17 |
| 4.3 | Galleria Guinza – Intervento tipo A | 19 |
| 4.3.1 | Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico | 19 |
| 4.3.1.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 19 |
| 4.3.2 | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase | 20 |
| 4.3.2.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 20 |
| 4.3.3 | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo | 20 |
| 4.3.3.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 20 |
| 4.3.4 | Valori di soglia | 20 |
| 4.4 | Galleria Guinza – Ripristino by-pass N.6 (progr. 4+319.1 m) | 22 |
| 4.4.1 | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | 22 |
| 4.4.1.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 22 |
| 4.4.2 | Misure di estrusione al fronte di scavo | 22 |
| 4.4.2.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 22 |
| 4.4.3 | Valori di soglia | 22 |
| 4.5 | Galleria Guinza – Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.5.1 | <i>Rilievo geomeccanico del fronte di scavo</i> | 24 |
| 4.5.1.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 24 |
| 4.5.2 | <i>Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico</i> | 24 |
| 4.5.2.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 24 |
| 4.5.3 | <i>Misure di estrusione al fronte di scavo</i> | 25 |
| 4.5.3.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 25 |
| 4.5.3.2 | <i>Sistema di acquisizione</i> | 25 |
| 4.5.3.3 | <i>Restituzione dei dati</i> | 25 |
| 4.5.4 | <i>Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase</i> | 25 |
| 4.5.4.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 25 |
| 4.5.5 | <i>Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo</i> | 25 |
| 4.5.5.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 25 |
| 4.5.6 | <i>Valori di soglia</i> | 26 |
| 4.6 | <i>Galleria Guinza – Imbocco lato Umbria</i> | 27 |
| 4.6.1 | <i>Controlli topografici</i> | 27 |
| 4.6.1.1 | <i>Descrizione</i> | 27 |
| 4.6.1.2 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 27 |
| 4.6.2 | <i>Celle di carico sui tiranti</i> | 27 |
| 4.6.2.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 27 |
| 4.6.3 | <i>Valori di soglia</i> | 28 |
| 4.7 | <i>Galleria S. Antonio – Bypass alla progr. 7+775 m</i> | 29 |
| 4.7.1 | <i>Rilievo geomeccanico del fronte di scavo</i> | 29 |
| 4.7.1.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 29 |
| 4.7.2 | <i>Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico</i> | 29 |
| 4.7.2.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 29 |
| 4.7.3 | <i>Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase</i> | 30 |
| 4.7.3.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 30 |
| 4.7.4 | <i>Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo</i> | 30 |
| 4.7.4.1 | <i>Frequenza d'indagine</i> | 30 |
| 4.7.5 | <i>Valori di soglia</i> | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5 | CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI | 32 |
| 5.1 | Piattaforma gestione dati..... | 32 |
| 6 | SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO | 33 |
| 7 | SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE | 39 |
| 7.1 | Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test | 39 |
| 7.1.1 | <i>Martello di Schmidt</i> | 39 |
| 7.1.2 | <i>Point Load Test</i> | 40 |
| 7.2 | Mire ottiche..... | 42 |
| 7.3 | Estensimetri a corda vibrante..... | 43 |
| 7.4 | Celle di carico al piede delle centine | 45 |
| 7.5 | Celle di carico sui tiranti | 47 |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce nel contesto del Progetto Esecutivo per l'apertura al traffico della Galleria della Guinza (Lotto 2°) e del Tratto Guinza – Mercatello Ovest (Lotto 3°) del Tratto 5 Selci Lama (E45) – Santo Stefano di Gaifa dell'Itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto - Fano. e ha come obiettivo quello di illustrare il sistema di monitoraggio per le gallerie naturali Guinza e S. Antonio

L'intervento è localizzato tra le Regioni Umbria e Marche, nei Comuni di San Giustino (PG) e Mercatello sul Metauro (PU). Più dettagliatamente, il 2° Lotto comprende la Galleria della Guinza, mentre il 3° Lotto comprende tutte le opere dall'uscita della Guinza sul lato marchigiano, fino al termine dell'intervento.

Il progetto è finalizzato alla messa in esercizio della Galleria della Guinza, e consiste nel completamento della carreggiata stradale esistente in parte già realizzata e mai messa in esercizio, di sviluppo totale pari a circa 10 km.

I lavori per lo scavo del primo fornice della galleria della Guinza sono terminati nel 2004 (solo opere civili), e da allora non è mai stata aperta al traffico. Oltre la galleria della Guinza, lungo il tracciato si susseguono, in direzione Marche, una serie di tratti all'aperto, in viadotto ed in galleria, tra cui la galleria S. Antonio, per terminare poco prima dell'abitato di Mercatello.

Il sistema di monitoraggio oggetto della relazione comprende le seguenti opere d'arte principali (carreggiata dir. Umbria):

- Galleria della Guinza (lunghezza circa 6 km)
- Galleria S. Antonio (lunghezza circa 0.7 km)

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa

- [1]. Ministero dei LL.PP. - D.M. 17.01.2018: "Norme tecniche per le Costruzioni".
- [2]. Ministero dei LL.PP. - Circ. 7 del 21.01.2019: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

2.2 Documenti del Progetto Esecutivo

- [3]. T00GN00OSTRE03A – Relazione di interpretazione delle indagini strutturali
- [4]. T00GN01OSTSE01A – Galleria Guinza - Sezione corrente - Intervento tipo A - Fasi esecutive
- [5]. T00GN01OSTSE03A – Galleria Guinza – Piazzola di sosta - Intervento tipo A - Fasi esecutive
- [6]. T00GN01OSTST05A – Galleria Guinza – Sezione corrente - Intervento tipo B
- [7]. T00GN01OSTSE04A – Galleria Guinza – Piazzola di sosta - Intervento tipo B
- [8]. T00GN01OSTSE02A – Galleria Guinza - Sezione corrente - Intervento tipo C - Fasi esecutive
- [9]. T00GN00OSTST01 – Tipologico 1: intervento di riparazione per fessure asciutte/umide
- [10]. T00GN00OSTST02 – Tipologico 2: intervento di riparazione per fessure con presenza di stillicidio/flusso d'acqua, puntuali
- [11]. T00GN00OSTST03 – Tipologico 3: intervento di riparazione di difetti superficiali e ripristino dei copriferrì
- [12]. T00GN00OSTST04 – Tipologico 4: intervento di riparazione in presenza di venute d'acqua diffuse
- [13]. T00GN01OSTST13A – Galleria Guinza – Interventi di chiusura by-pass esistenti - By-pass pedonali
- [14]. T00GN01OSTST14A – Galleria Guinza – Interventi di chiusura by-pass esistenti - By-pass carrabili
- [15]. T00GN01OSTCA02A – Galleria Guinza – Intervento di chiusura piazzole esistenti sul lato sx - Carpenteria e armatura
- [16]. T00GN01OSTST12A – Galleria Guinza – Ripristino by-pass N.6 (progr. 4319.1 m) - Scavo, consolidamenti e fasi esecutive
- [17]. T00GN01OSTST10A – Galleria Guinza – Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m – Scavo e consolidamento
- [18]. T00GN05OSTSE01A – Galleria S. Antonio – Bypass pedonale alla prog. 7+775 – Fasi esecutive
- [19]. T00GN01OSTST08A – Galleria Guinza - Monitoraggio in fase di scavo - Intervento tipo A
- [20]. T00GN01OSTRE01A – Galleria Guinza - Relazione di calcolo - Intervento Tipo A - Sezione corrente
- [21]. T00GN01OSTST11A – Galleria Guinza – Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m – Monitoraggio
- [22]. T00GN01OSTRE03A – Galleria Guinza - Relazione di calcolo - Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m
- [23]. T00GA02OSTDI03A – Galleria Guinza – Imbocco lato Umbria – Monitoraggio
- [24]. T00GN05OSTST04A – Galleria S. Antonio – Bypass pedonale alla prog. 7+775 – Monitoraggio
- [25]. T00GN05OSTRE01A – Galleria S. Antonio – Bypass pedonale alla prog. 7+775 – Relazione di calcolo

3 GENERALITA'

Oggetto della presente relazione è la descrizione del sistema e del programma di monitoraggio previsto per la messa in esercizio della galleria naturale della Guinza e della galleria S. Antonio.

Lo scopo è quello di illustrarne il programma per quanto concerne le attività relative al monitoraggio in corso d'opera.

Dopo una breve presentazione del progetto e delle opere che lo compongono, viene descritta nel dettaglio la strumentazione da installare in galleria e agli imbocchi e la tipologia, le modalità e la frequenza delle misure da effettuare durante la realizzazione delle opere.

3.1 Descrizione delle opere

3.1.1 Galleria Guinza

Allo stato di fatto la Galleria della Guinza è una galleria naturale a canna singola di lunghezza pari a 5960 m, realizzata nell'Appennino umbro-marchigiano. Il tracciato ha origine nel comune di Mercatello sul Metauro (PU) a 580 m s.l.m. e termina sul lato umbro nel comune di San Giustino (PG) a circa 556 m s.l.m., con una pendenza dello 0.4%.

3.1.1.1 Interventi di adeguamento strutturale

A partire dai risultati delle campagne indagini, finalizzate a verificare lo stato di consistenza strutturale della galleria, sono definite le seguenti tipologie di intervento:

- L'intervento di tipo A consiste nella completa demolizione (a meno di una porzione centrale di arco rovescio) dei tratti di galleria interessati da sottospessori inferiori a 30 cm sia in calotta che in corrispondenza dei piedritti. L'ammasso viene sottoposto a fresatura al fine di garantire gli spessori minimi di progetto. Al termine delle operazioni di riprofilatura sono realizzati il rivestimento di prima fase e il rivestimento definitivo [3][5].
- L'intervento di tipo B consiste nell'esecuzione di chiodature radiali in acciaio nei tratti di galleria interessati da sottospessori inferiori a 30 cm solo in calotta [6][7]. A seguito del consolidamento in calotta è previsto l'adeguamento allo spessore minimo di progetto mediante rete elettrosaldata e malta.
- L'intervento di tipo C è previsto in corrispondenza delle zone dove è previsto il fissaggio dei ventilatori in calotta e consiste nella scarifica di due fasce di rivestimento definitivo esistente e ricostruzione di cordoli in ca.. [8]

In aggiunta alle procedure descritte sono previsti interventi superficiali di riparazione dei difetti strutturali e delle venute d'acqua [9][10][11][12].

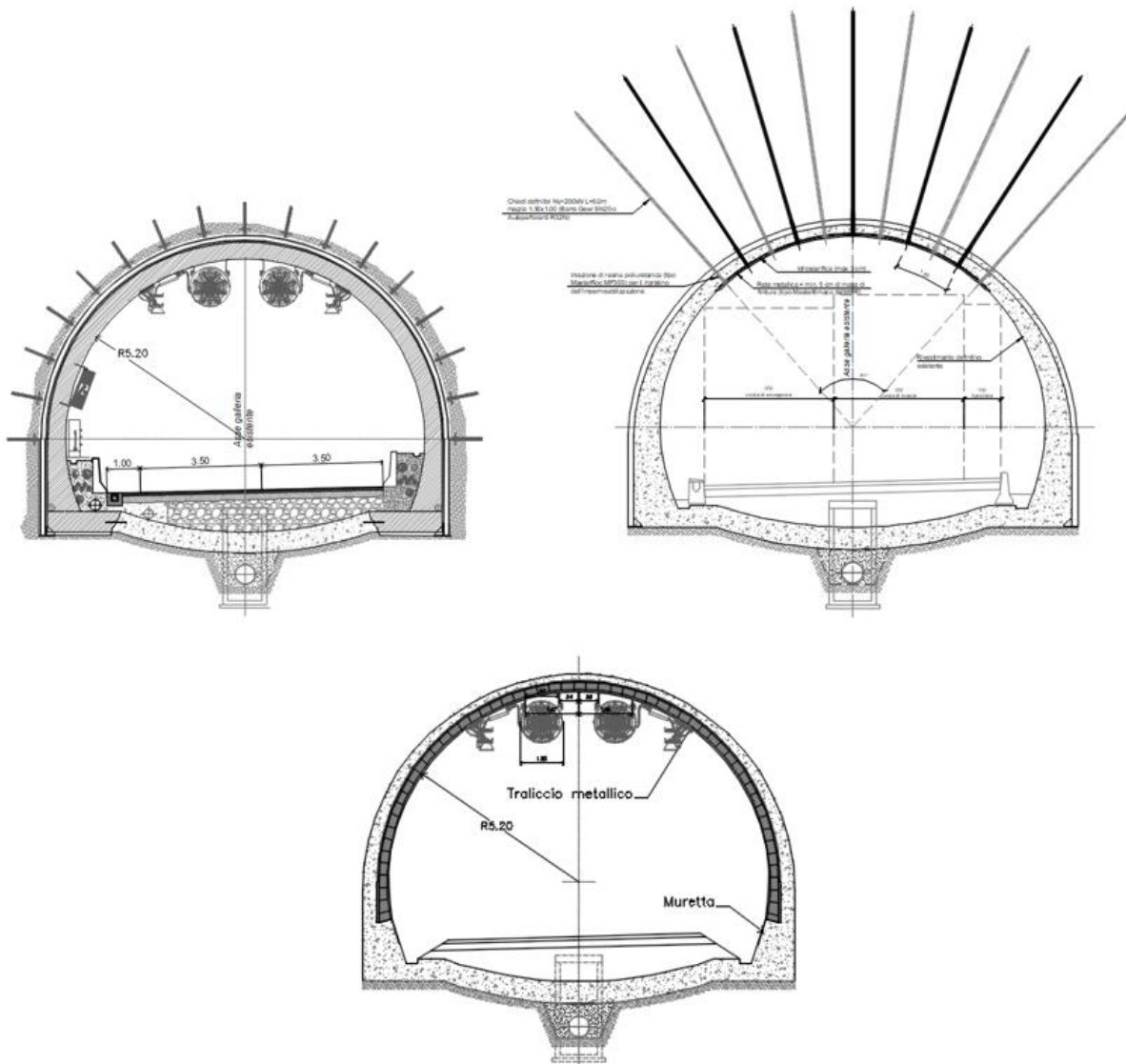


Figura 1 - Intervento tipo A (in alto a sx), intervento tipo B (in alto a dx), intervento tipo C (in basso)

3.1.1.2 Interventi di chiusura dei bypass e delle piazzole di sosta

Gli interventi di chiusura dei bypass e delle piazzole di sosta consistono nella messa in sicurezza del fronte di scavo non rivestito dei cunicoli, parzialmente scavati, mediante chiodature e rivestimento in betoncino fibrorinforzato, armato con rete elettrosaldata.

In totale l'intervento prevede la chiusura di 4 piazzole di sosta sul lato opposto a quello di marcia, 4 bypass carrabili e 18 bypass pedonali [13][14][15].

Di questi ultimi il bypass n. 6, situato alla progr. 4+319.9 m richiede un intervento di maggiore complessità, a fronte della necessità di dover rimuovere del materiale franato dal fronte. È previsto un

preconsolidamento del fronte mediante iniezioni di calcestruzzo alleggerito e autoperforanti cementati a cui segue la rimozione per fasi della roccia franata [16].

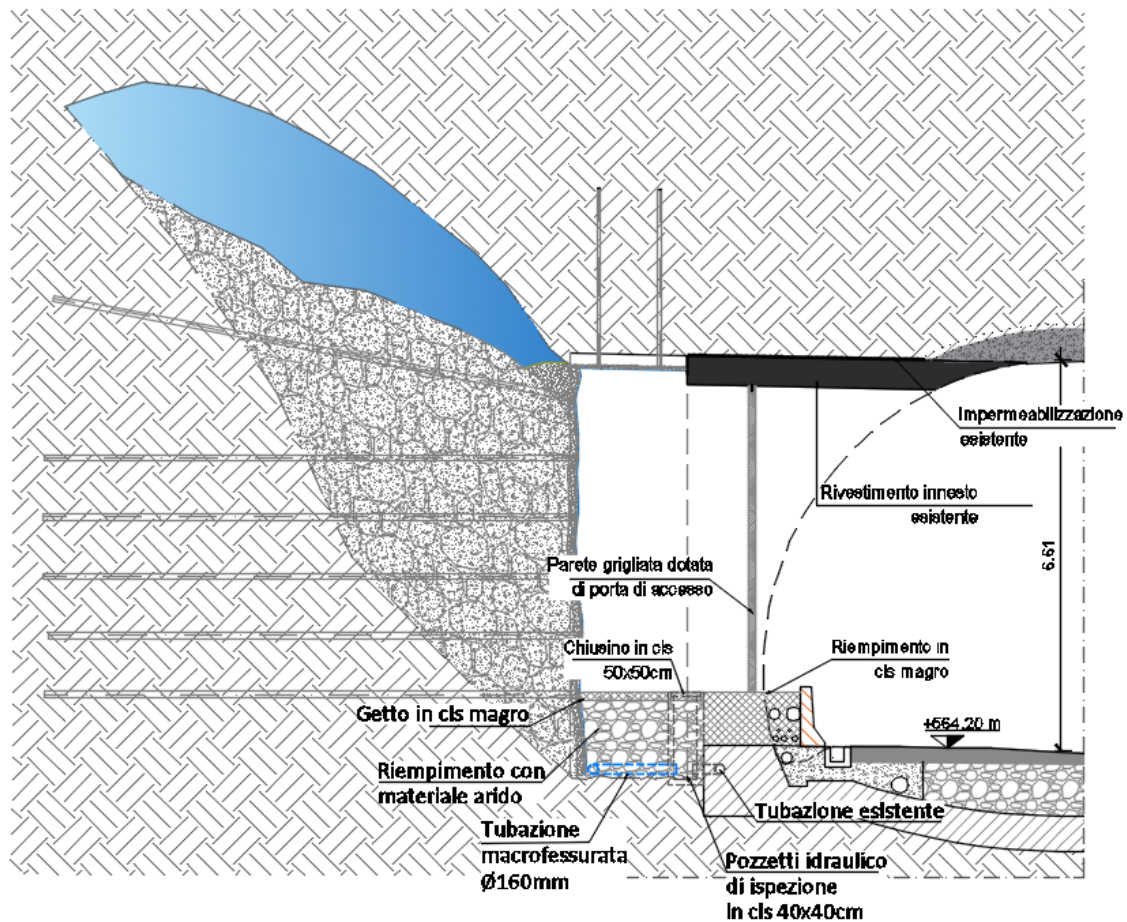


Figura 2 - Intervento di ripristino by-pass N.6 (progr. 4+319.1 m)

3.1.1.3 Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m

E' prevista la conversione del bypass carrabile alla progr. 2+777.59, parzialmente scavato, in nicchia impianti. La nicchia presenta una sezione interna di larghezza pari a circa 8.60 m e si estende per 16 m (di cui ca. 5.9 m già scavati) in direzione ortogonale, rispetto all'asse di tracciamento della galleria naturale.

Lo scavo della porzione rimanente avviene con geometria troncoconica e campi di avanzamento da 1 m garantendo il presostegno della calotta della galleria mediante infilaggi metallici. La cavità è sostenuta attraverso un rivestimento di prima fase costituito da betoncino spruzzato fibrorinforzato e centine e attraverso un rivestimento definitivo di spessore variabile tra 40 – 110 cm [17].

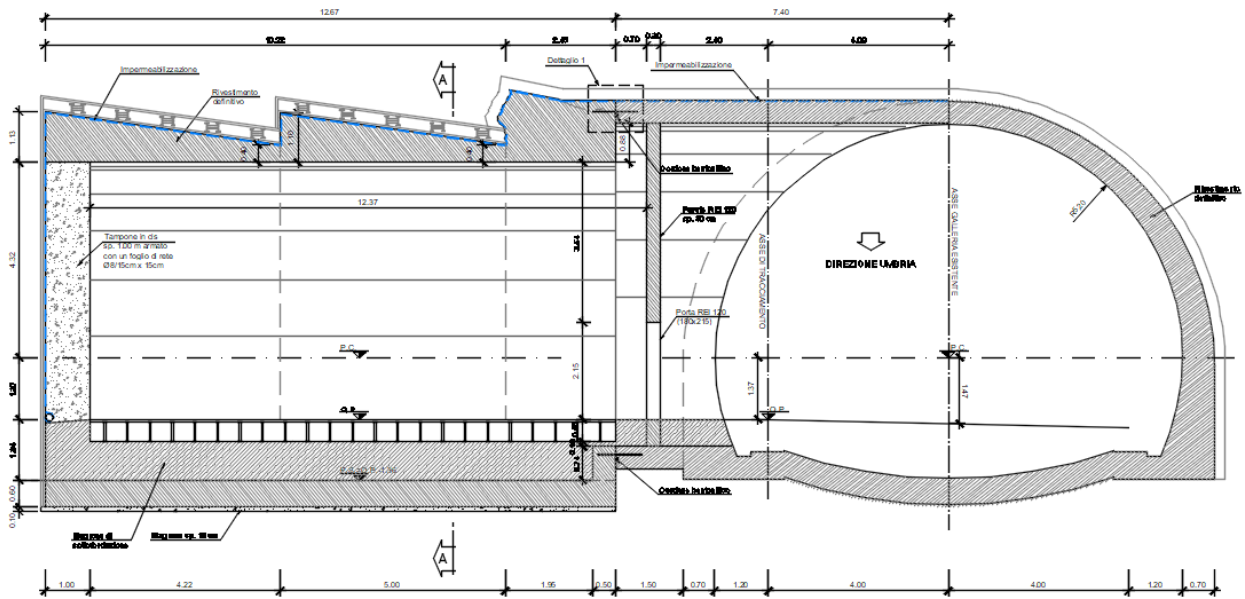


Figura 3 - Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m

3.1.1.4 Paratia di imbocco Lato umbria

La paratia esistente, realizzata nei primi anni 2000, si sviluppa per una lunghezza complessiva di 20 m ed è caratterizzata da un'altezza variabile con massimo di circa 13.5 m rispetto all'esistente p.c.

Scopo dell'intervento è la messa in sicurezza dell'opera di sostegno mediante l'inserimento di 2/3 ordini di tiranti integrativi costituiti da 4 trefoli, inclinati di 15° rispetto all'orizzontale, disposti con interasse variabile da 2.00 m a 2.40 m e collegati con travi di ripartizione in 2 x HEA180.

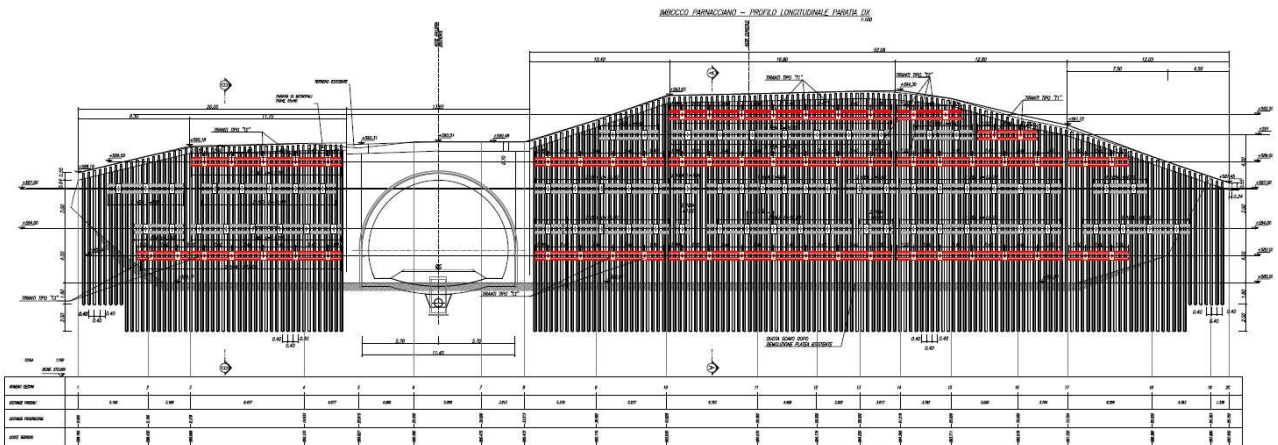


Figura 4 - Intervento di messa in sicurezza della paratia di imbocco Lato umbria

3.1.2 Galleria S. Antonio

3.1.2.1 Bypass alla progr.7+775 m

La galleria S. Antonio è costituita da due canne parallele, entrambe già realizzate, di lunghezza pari a 645 m (canna Sud) e 840 m (canna Nord). Da Progetto Esecutivo è previsto che la canna Sud sia destinata al transito dei mezzi e che la canna Nord sia adibita a galleria di emergenza.

Il bypass si innesta nella canna di transito alla progressiva 7+772.83, prosegue in direzione Nord, parallelamente alle due gallerie, per circa 24 m e si ricollega con la galleria di servizio alla progressiva 7+796.39, superando un dislivello tra i marciapiedi delle due canne di 1.30 m. La geometria del cunicolo garantisce una pendenza media del tracciato inferiore all'8% ed uno sviluppo lineare delle rampe inferiore a 6.25m, in ottemperanza alla normativa antincendio sulla via di esodo per persone con disabilità motorie. La sezione tipo ospita una piattaforma pedonale di larghezza pari a 2.65 m e una altezza massima di 3.15 m

Le fasi esecutive [18] prevedono la demolizione del rivestimento definitivo esistente nelle gallerie naturali in corrispondenza degli innesti e la messa in sicurezza dell'ammasso non supportato mediante chiodature. I primi sfondi sono eseguiti da entrambe gli innesti, successivamente lo scavo procede dalla galleria Nord alla galleria Sud. Una volta terminato il getto del rivestimento definitivo nel bypass, viene realizzata la struttura di rinforzo della galleria naturale in c.a. agli innesti.

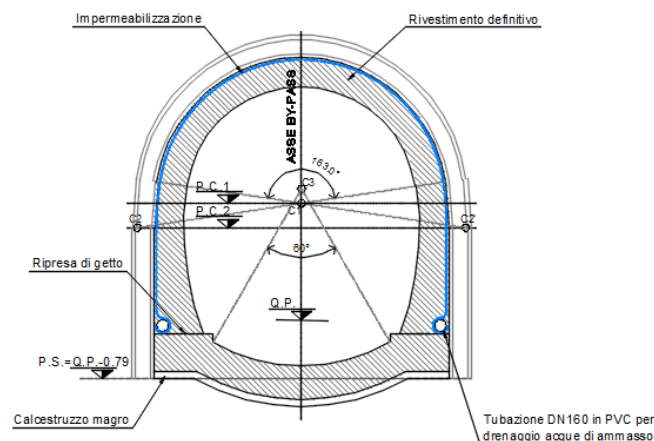


Figura 5 - Bypass alla progr.7+775 m della galleria S. Antonio

4 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Scopo del presente capitolo è delineare il programma di monitoraggio che verrà adottato per il controllo tensio-deformativo in corso d'opera dei terreni e delle strutture interessate dalle lavorazioni per la messa in esercizio della galleria Guinza e della galleria S. Antonio

A seguito di una breve descrizione delle soluzioni progettuali impiegate, nei paragrafi successivi sono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio per ciascuna delle opere considerate.

4.1 Monitoraggio in galleria

Per poter acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative ai fini progettuali, e valutare:

- l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione;
- l'efficacia degli interventi di consolidamento e di confinamento e delle modalità costruttive,

viene definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che consenta altresì il controllo del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso e delle strutture durante le lavorazioni in modo da confermare e, se necessario, integrare per tempo gli interventi progettati.

Le strumentazioni generalmente impiegate comprendono:

- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento definitivo;

L'impiego di ciascuna di queste soluzioni è funzione della modalità e della complessità delle lavorazioni stabilite, oltre che del comportamento dell'ammasso previsto in fase di progetto.

4.1.1 Rilievo geomeccanico del fronte di scavo

Permette di acquisire gli elementi relativi alle caratteristiche geo-litologiche e geotecnico-stratigrafiche dei terreni e di verificare il comportamento dei materiali in fase di avanzamento.

L'attività di rilievo del fronte di scavo dovrà essere materialmente eseguita da geologi o ingegneri geotecnici dotati di specifico addestramento ed esperienza.

4.1.1.1 Descrizione

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, con il corredo di fotografie e rilievi pittorici, precisando dettagliate informazioni su:

- granulometria dei terreni, stratigrafia, grado di arrotondamento, cementazione, addensamento e consistenza;
- condizioni idrologiche con eventuale misura delle portate drenate;
- stima del grado di coesione (percentuale della frazione di materiale limoso-argilloso e di eventuali strati cementati) e, nel caso di terreni coesivi saturi, misura della resistenza a compressione semplice (UCS) tramite penetrometro;
- descrizione del comportamento dei terreni allo scavo e segnalazione di eventuali anomalie nel rivestimento di prima fase.

Nella scheda verrà pertanto accuratamente descritta e rappresentata la distribuzione rispetto al fronte di scavo (chiave di calotta, piedritti, nucleo, soффondazione delle centine) dei livelli di terreno aventi caratteristiche litologiche e/o geotecniche differenti. Dovrà inoltre esserne descritto il comportamento in fase di scavo anche in relazione al tipo di preconsolidamento realizzato. Dovrà essere segnalata la presenza di venute d'acqua al fine di evitare, tramite opportuni interventi di drenaggio e allontanamento, la formazione di ristagni. Dovrà essere inoltre allegata la documentazione fotografica sia del fronte nel suo insieme che di dettagli che mettano in evidenza le caratteristiche dei litotipi rilevati.

Per ogni rilievo dovranno essere inoltre annotate la progressiva raggiunta dallo scavo, la data, l'ora, il tipo di avanzamento, la lunghezza dello sfondo, la sezione di scavo e la copertura.

4.1.2 Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico

4.1.2.1 Descrizione

Permetteranno una verifica delle ipotesi di progetto e della risposta del terreno allo scavo, consentendo una taratura ed una ottimizzazione degli interventi e delle modalità esecutive da applicare nell'ambito di ogni sezione tipo.

Per la misura delle deformazioni delle pareti della galleria dovranno essere impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità in galleria, e < 3° per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza della lunghezza di almeno 0.5m ancorati nel rivestimento definitivo esistente della galleria.

Le mire ottiche saranno installate a monte e a valle della tratta di intervento, a circa 5 m di distanza dall'inizio e dalla fine delle lavorazioni.

Le mire riflettenti saranno fissate su chiodi infissi nel betoncino (Nicchia impianti e bypass S. Antonio) o all'intradosso della cavità già rivestita (intervento A) mediante l'utilizzo di:

- tondo in acciaio galvanizzato dotato di perno filettato.
- perno innesto tipo Leica per tondino filettato.
- montatura orientabile con target riflettente e perno per tondino (prismi cardanici riflettenti o catadiottri).

Dovranno essere installate n° 5 basi ottiche (una in calotta, due alle reni e due sui piedritti) per ogni stazione di misura.

4.1.2.2 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi dovranno essere misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

I dati così raccolti verranno trasferiti tramite interfaccia ad un computer su cui verrà installato un software in grado di effettuare l'analisi, il processamento e la restituzione dei dati; in particolare il programma dovrà permettere:

- il calcolo della posizione dei punti di mira in coordinate locali (x, y, z);
- il calcolo delle differenze tra le coordinate dei punti di mira nelle diverse letture;
- la visualizzazione grafica dei risultati come più oltre specificato.

4.1.2.3 Restituzione dati

I risultati verranno visualizzati almeno nei seguenti grafici, per ogni sezione di misura:

- vettore spostamento di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- vettore spostamento di ogni mira in funzione della distanza dalle lavorazioni effettuate in galleria;
- spostamenti sulla sezione di misura con indicazione del profilo teorico;
- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;

- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione della distanza dal fronte con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria.

Nella figura seguente si riporta un esempio di restituzione, con misure di convergenza nel tempo (giorni) in funzione dell'avanzamento delle lavorazioni.

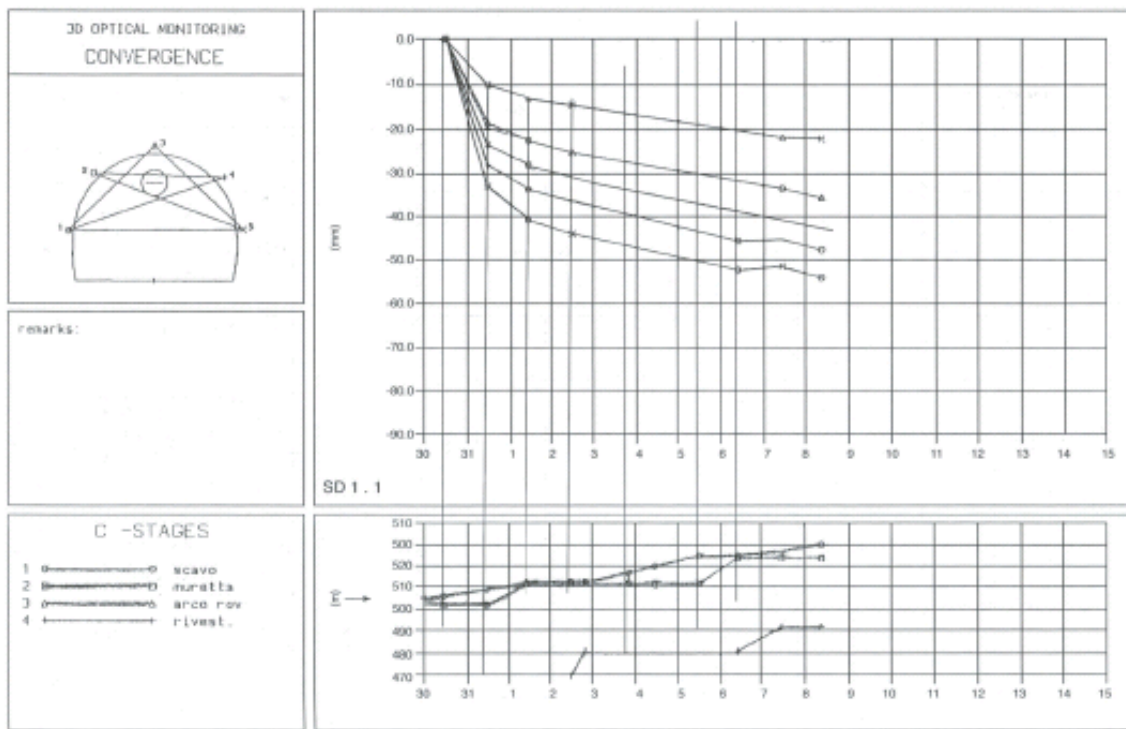


Figura 6 - Esempio di restituzione delle misure di convergenza

4.1.3 Misure di estrusione al fronte di scavo

4.1.3.1 Definizione

Si prevedono misure ottiche di estrusione, tramite installazione di 5/12 mire ottiche (riflettori) sul fronte della sezione della galleria.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo nelle tre direzioni valutati per ogni stazione di misura. Il sistema di misura ha modalità analoghe a quello previsto per le convergenze ottiche, precedentemente descritto.

4.1.3.2 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi vengono misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

Il sistema di acquisizione dei dati è lo stesso previsto in precedenza per le convergenze ottiche.

4.1.3.3 Restituzione dei dati

Le modalità di restituzione dei dati sono le stesse previste in precedenza per le misure di convergenza.

4.1.4 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

4.1.4.1 Definizione

Si prevede l'installazione di barrette estensimetriche a corda vibrante fissate sulle centine, posizionate in calotta e sui piedritti (n° 3 coppie), e di celle di carico sotto il piede delle centine (n° 2).

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della deformazione / sollecitazione nelle centine.

Le barrette estensimetriche saranno installate a coppie (intradosso ed estradosso) sul profilato della centina in direzione assiale alla centina stessa. Le barrette saranno posizionate e saldate con dei supporti sulle facce interne delle ali delle centine e protette con profili metallici. Le barrette misurano le deformazioni dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

Le celle di carico saranno installate sotto il piede delle centine. La cella di carico è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da delle griglie estensimetriche applicate all'interno del corpo stesso. La corretta ripartizione del carico sull'intera cella deve essere garantita da una piastra di acciaio. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dalle griglie estensimetriche (strain gauges) e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

4.1.4.2 Acquisizione e restituzione dei dati

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- carichi o tensioni in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

4.1.5 Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo

4.1.5.1 Definizione

Si prevede l'installazione di n. 4 coppie barrette estensimetriche a corda vibrante, posizionate in calotta, sui piedritti e in arco rovescio.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle deformazioni assiali del calcestruzzo.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante, fornite a coppie (intradosso ed estradosso), verranno saldate all'armatura del rivestimento. Le barrette misurano le deformazioni dell'acciaio dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

4.1.5.2 Acquisizione e restituzione dei dati

Il sistema di acquisizione dati potrà essere manuale con centralina portatile o automatizzato per mezzo di un datalogger. L'elaborazione dei dati dovrà avvenire con apposito software che dovrà restituire i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

4.1.6 Valori di soglia

Nell'ambito dello studio del comportamento tensio-deformativo della cavità a campo libero sono stimate le deformazioni ottenute in termini di convergenza e di estrusione. Tali valori, che rappresentano il riferimento per l'applicazione delle sezioni tipo previste, dovranno essere convalidati in sito mediante il programma di monitoraggio in galleria sopra descritto.

La definizione di alcuni indicatori derivanti dalle misure in campo consente di controllare l'efficacia delle scelte progettuali.

Tali indicatori possono definirsi in:

- soglia di attenzione: valore di uno degli indicatori derivanti dalle misure in campo che richiede l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle deformazioni;
- soglia di allarme: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione critica di difformità rispetto alle previsioni di progetto, per la quale la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (Art. 106 del D.Lvo. 50/2016).

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



4.2 Monitoraggio delle opere d'imbocco

Per le opere d'imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l' idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Viene pertanto definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che contempla la seguente strumentazione:

- controlli topografici con mire ottiche installate sulle opere di sostegno. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del punto misurato, nelle tre direzioni dello spazio;
- celle di pressione per la misura della forza agente sui tiranti, mediante l'adozione di celle di carico toroidali per la misura del carico agente sui tiranti. Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e nel proseguire delle lavorazioni. Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali dovessero essere soggette. I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

4.2.1 Controlli topografici

4.2.1.1 Descrizione

Sulle paratie di sostegno dell'imbocco lato Umbria della galleria Guinza dovranno essere installate mire ottiche per la realizzazione di misure di rilievo degli eventuali spostamenti delle opere stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca di circa 10 m e saranno posizionate sulla trave di testata delle paratie e in corrispondenza di ogni ordine di tirante.

4.2.1.2 Modalità d'installazione

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

- Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
- Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
- Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

4.2.1.3 Acquisizione dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti della paratia, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 3 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico: $\pm 1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

4.2.2 Celle di carico sui tiranti

4.2.2.1 Descrizione

Si tratta di strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

Le celle di carico per tiranti strumentati sono costituite da:

- un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale;
- una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, i quali variando il loro valore di resistenza generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti, indicativamente ogni 20m lungo la sviluppata dell'opera di sostegno con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni.

Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche per la misura degli spostamenti che eventualmente dovessero subire.

I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

4.2.2.2 Modalità di posa in opera

Le celle dovranno essere inserite nel punto di rilevamento del carico ponendo particolare cura affinché le due superfici d'appoggio della cella risultino piane e non deformabili, così che il carico sia trasferito correttamente alla cella.

La superficie di contatto cella – piastra di ripartizione deve essere perfettamente piana; per garantire una sufficiente rigidità è necessario che la cella di carico appoggi su una piastra d'acciaio di spessore opportuno e di diametro superiore a quello della cella.

Analogamente, sull'altra superficie della cella, per le stesse ragioni, dovrà essere installata una piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

Lo strumento sarà installato con la seguente procedura:

- Appoggiare la cella di carico su una superficie predisposta, collegare il cavo strumentale al pannello di centralizzazione e installare la piastra di distribuzione;
- Iniziare le operazioni di tesatura del tirante, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantire la perfetta planarità della cella e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici restituiti dalla cella;
- Procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

4.2.2.3 Restituzione dati

I dati misurati saranno restituiti in forma di tabella e con i seguenti diagrammi:

- Variazioni di carico rispetto al tempo.

4.2.3 Valori di soglia

I dati raccolti mediante il programma sopra descritto permetteranno di verificare le ipotesi progettuali e il rispetto dei valori di soglia di attenzione e di allarme.

In caso di superamento dei valori di soglia di attenzione è necessario infittire le misure, eventualmente anche con verifiche di tipo manuale, eseguendo allo stesso tempo un'analisi approfondita del trend deformativo registrato.

Invece, in caso di superamento dei valori di soglia di allarme è necessario un immediato fermo delle attività di cantiere, seguito anche in questo caso da un'analisi approfondita del trend deformativo / piezometrico e dalla eventuale messa in opera di interventi per la messa in sicurezza dell'area, da concordare con la DL (rinterri a valle delle paratie, realizzazione di tiranti integrativi, chiodature, cordoli di collegamento in c.a., realizzazione di drenaggi suborizzontali ecc...).

4.3 Galleria Guinza – Intervento tipo A

Il sistema di monitoraggio previsto per l'intervento tipo A nella galleria Guinza è costituito da:

- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento definitivo;

Si riportano nel seguito le prescrizioni in termini di posizionamento degli strumenti di monitoraggio e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera. Maggiori dettagli sono contenuti nell'elaborato di riferimento [19].

4.3.1 Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico

4.3.1.1 Frequenza d'indagine

Per tratte di intervento con lunghezza inferiore a 25 m si prevede l'installazione di una stazione di convergenza a circa 5 m dall'inizio e dalla fine di ciascuna tratta. Qualora la lunghezza della zona di intervento sia superiore a 25 m si prevede l'installazione di un'ulteriore stazione di convergenza ogni 25 m. Qualora invece la distanza tra la fine e l'inizio di due tratte sia inferiore a 30 m è prevista una sola stazione di convergenza a metà tra le due tratte.

La frequenza di installazione delle sezioni dovrà essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

La misura dei profili di convergenza dovrà essere effettuata secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $u \geq 1 \text{ mm/g}$ e/o situate in corrispondenza della tratta in cui sono in atto le lavorazioni di consolidamento. La prima lettura "0" viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire;
- due letture a settimana per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $0.5 \text{ mm/g} \leq u < 1 \text{ mm/g}$ e distanti della tratta in cui sono in atto le lavorazioni di consolidamento;
- mensilmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti $u < 0.5 \text{ mm/g}$ e distanti della tratta in cui sono in atto le lavorazioni di consolidamento

4.3.2 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

4.3.2.1 Frequenza d'indagine

Lungo ogni tratta di intervento è prevista n° 1 stazione strumentata, situata al centro della tratta di intervento

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

4.3.3 Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo

4.3.3.1 Frequenza d'indagine

Lungo ogni tratta di intervento è prevista n° 1 stazione strumentata, situata al centro della tratta di intervento

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

4.3.4 Valori di soglia

Con riferimento alle considerazioni effettuate al Paragrafo 4.1.6 si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base delle convergenze attese in fase di progettazione [20] e sui valori di letteratura:

- Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica (posizionata all'intradosso del rivestimento definitivo) utilizzata per misurare la convergenza del cavo: 0.5% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 1% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento di prima fase, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine: $0.77 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia del carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione, controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine: $0.77 \cdot N_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e N_{yd} dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento definitivo, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle barre di armatura: $0.77 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo della centina (**soglia di allarme**).

RTP di progettazione:

Mandataria:

Mandanti:



sinergo

4.4 Galleria Guinza – Ripristino by-pass N.6 (progr. 4+319.1 m)

Il sistema di monitoraggio del bypass n.6 alla progr. 4+319.1 m è costituito da:

- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico.

Si riportano nel seguito le prescrizioni in termini di posizionamento degli strumenti di monitoraggio e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera. Maggiori dettagli sono contenuti nell'elaborato di riferimento [16].

4.4.1 Rilievo geomeccanico del fronte di scavo

4.4.1.1 Frequenza d'indagine

È previsto che il rilievo delle condizioni del fronte sia effettuato quotidianamente durante tutte le fasi di messa in sicurezza del bypass

4.4.2 Misure di estrusione al fronte di scavo

4.4.2.1 Frequenza d'indagine

Si prevede l'installazione della stazione di misura, costituita da 5 mire ottiche, al termine delle operazioni di rimozione dei primi 3 m circa di materiale franato, al fine di poter monitorare gli spostamenti del fronte durante le fasi successive di lavorazione.

La lettura di "0" delle mire ottiche sul fronte dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. A seguire si prevede la seguente frequenza.

- un rilievo al giorno durante le fasi di lavorazione
- un rilievo ogni ribasso, pari a 2 m, del materiale franato
- un rilievo al mese fino al termine delle operazioni di ripristino della galleria Guinza

4.4.3 Valori di soglia

Con riferimento alle considerazioni effettuate al Paragrafo 4.1.6 si riportano nel seguito i valori di soglia per l'estrusione al fronte per l'intervento di ripristino del by-pass N.6 della galleria Guinza:

- Valori di soglia dell'estrusione del fronte (definiti a partire da correlazioni empiriche disponibili in letteratura tra la convergenza radiale e l'estrusione al fronte): 0.5% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 1% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).

4.5 Galleria Guinza – Nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m

Il sistema di monitoraggio della nicchia impianti alla progr. 2+777.59 m è costituito da:

- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento definitivo;

Si riportano nel seguito le prescrizioni in termini di posizionamento degli strumenti di monitoraggio e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera. Maggiori dettagli sono contenuti nell'elaborato di riferimento [21]

4.5.1 Rilievo geomeccanico del fronte di scavo

4.5.1.1 Frequenza d'indagine

È previsto che il rilievo delle condizioni del fronte sia effettuato quotidianamente durante tutte le fasi di realizzazione della nicchia impianti.

4.5.2 Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico

4.5.2.1 Frequenza d'indagine

Si prevede l'installazione di una stazione di convergenza al fronte allo stato di fatto e subito dopo il termine dell'avanzamento di ogni campo.

La frequenza di installazione delle sezioni dovrà essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

La misura dei profili di convergenza dovrà essere effettuata secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $u \geq 1 \text{ mm/g}$ e/o a distanza dal fronte tra 0 e 2Φ . La prima lettura «zero» viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire in corrispondenza del fronte di scavo;
- dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio

Le misure verranno protratte fino alla completa stabilizzazione ($u < 0.1 \text{ mm/g}$) e comunque verrà eseguita una lettura prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione.

4.5.3 Misure di estrusione al fronte di scavo

4.5.3.1 Frequenza d'indagine

Le misure verranno effettuate secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente fino al termine delle lavorazioni;
- al termine del campo di avanzamento (lettura di zero);
- dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio.

4.5.3.2 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi vengono misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

Il sistema di acquisizione dei dati è lo stesso previsto in precedenza per le convergenze ottiche.

4.5.3.3 Restituzione dei dati

Le modalità di restituzione dei dati sono le stesse previste in precedenza per le misure di convergenza.

4.5.4 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

4.5.4.1 Frequenza d'indagine

Lungo lo sviluppo della nicchia sono state previste n° 2 stazioni strumentate situate al termine di ogni campo di avanzamento.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

4.5.5 Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo

4.5.5.1 Frequenza d'indagine

Lungo lo sviluppo della nicchia sono state previste n° 2 stazioni strumentate situate al termine di ogni campo di avanzamento.

Relazione sul monitoraggio

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

4.5.6 Valori di soglia

Con riferimento alle considerazioni effettuate al Paragrafo 4.1.6 si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base delle convergenze attese in fase di progettazione [22] e sui valori di letteratura:

- Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica (posizionata sul rivestimento di prima fase alla minima distanza dal fronte) utilizzata per misurare la convergenza del cavo: 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia dell'estrusione del fronte (definiti a partire da correlazioni empiriche disponibili in letteratura tra la convergenza radiale e l'estrusione al fronte): 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento di prima fase, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine: $0.77 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia del carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione, controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine: $0.77 \cdot N_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e N_{yd} dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento definitivo, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle barre di armatura: $0.77 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo della centina (**soglia di allarme**).

4.6 Galleria Guinza – Imbocco lato Umbria

Il sistema di monitoraggio della paratia di imbocco lato Umbria è costituito da:

- controlli topografici con mire ottiche
- celle di pressione per la misura della forza agente sui tiranti

Si riportano nel seguito le prescrizioni in termini di posizionamento degli strumenti di monitoraggio e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera. Maggiori dettagli sono contenuti nell'elaborato di riferimento [23]

4.6.1 Controlli topografici

4.6.1.1 Descrizione

Sulle paratie di sostegno dell'imbocco lato Umbria della galleria Guinza dovranno essere installate mire ottiche per la realizzazione di misure di rilievo degli eventuali spostamenti delle opere stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca di circa 10 m e saranno posizionate sulla trave di testata delle paratie e in corrispondenza di ogni ordine di tirante.

4.6.1.2 Frequenza d'indagine

Il programma di misure dovrà svolgersi con le seguenti scadenze:

- Giornalmente sino al termine delle lavorazioni di messa in sicurezza della paratia
- 1 lettura ogni due settimane fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

4.6.2 Celle di carico sui tiranti

4.6.2.1 Frequenza d'indagine

Le celle di carico potranno essere lette manualmente o in automatico, nel qual caso l'acquisizione sarà costante e frequente.

In caso di lettura manuale il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 3 letture a settimana fino al termine delle lavorazioni di messa in sicurezza della paratia;
- 1 lettura mensile fino al termine delle operazioni di ripristino della galleria Guinza

In caso di letture automatiche si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno orarie fino al completamento della messa in sicurezza della paratia. In seguito, il programma di misure dovrà proseguire con 1 lettura mensile fino al termine dei lavori

4.6.3 Valori di soglia

| IMBOCCO GN LATO UMBRIA | | | |
|--|--|--|--|
| MONITORAGGIO | VALORE ATTESO | SOGLIA DI ATTENZIONE | SOGLIA DI ALLARME |
| Controlli topografici (spostamento massimo) | H scavo < 10 m, tiranti in acciaio: 0 cm | H scavo < 10 m, tiranti in acciaio: 0.5 cm | H scavo < 10 m, tiranti in acciaio: 1.5 cm |
| | H scavo ≥ 10 m, tiranti in acciaio: 0 cm | H scavo ≥ 10 m, tiranti in acciaio: 0.5 cm | H scavo ≥ 10 m, tiranti in acciaio: 1.5 cm |
| Celle di carico sui tiranti | Carico di esercizio: | Carico di collaudo | Carico ultimo: |
| | Tiranti tipo T1: 160 kN | Tiranti tipo T1: 190 kN | Tiranti tipo T1: 355 kN |
| | Tiranti tipo T2: 150 kN | Tiranti tipo T2: 180 kN | Tiranti tipo T2: 315 kN |

4.7 Galleria S. Antonio – Bypass alla progr. 7+775 m

Il sistema di monitoraggio del bypass alla progr. 7+775 m della galleria S. Antonio è costituito da:

- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio - deformativo del rivestimento definitivo.

Si riportano nel seguito la localizzazione delle stazioni di misura nonché le modalità e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera. Maggiori dettagli sono contenuti nell'elaborato di riferimento [24]

4.7.1 Rilievo geomeccanico del fronte di scavo

4.7.1.1 Frequenza d'indagine

- E' previsto che il rilievo delle condizioni del fronte sia effettuato quotidianamente durante tutte le fasi di realizzazione del bypass.

4.7.2 Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico

4.7.2.1 Frequenza d'indagine

Si prevede l'installazione di una stazione di convergenza posta in vicinanza al fronte e subito dopo il termine dell'avanzamento di ogni campo, come riportato nell'elaborato grafico di riferimento. E' inoltre previsto che venga installata una stazione di convergenza nella sezione delle canne della galleria naturale in corrispondenza dell'innesto con il bypass.

La frequenza di installazione delle sezioni dovrà essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

La misura dei profili di convergenza delle stazioni situate nel bypass dovrà essere effettuata secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $u \geq 1 \text{ mm/g}$ e/o a distanza dal fronte tra 0 e 2Φ . La prima lettura «zero» viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire in corrispondenza del fronte di scavo;
- dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio

Per le due stazioni di convergenza situate nelle due canne della galleria è prevista la seguente frequenza di misurazione

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $u \geq 1 \text{ mm/g}$ e/o a una distanza dal fronte di scavo pari o inferiore a tre sfondi (ca. 3 m dall'innesto con la galleria naturale)
- due letture a settimana per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $0.5 \text{ mm/g} \leq u < 1 \text{ mm/g}$ e a distanza dal fronte superiore a tre sfondi (ca. 3 m dall'innesto con la galleria naturale)
- mensilmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $< 0.5 \text{ mm/g}$ e a distanza dal fronte superiore a tre sfondi (ca. 3 m dall'innesto con la galleria naturale)

Le misure verranno protratte fino alla completa stabilizzazione ($u < 0.1 \text{ mm/g}$) e comunque verrà eseguita una lettura prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione nel bypass.

4.7.3 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

4.7.3.1 Frequenza d'indagine

Lungo lo sviluppo del bypass sono state previste n° 3 stazioni strumentata situata in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio delle convergenze.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

4.7.4 Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo

4.7.4.1 Frequenza d'indagine

Lungo lo sviluppo del bypass sono state previste n° 3 stazioni strumentata situata in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio delle convergenze.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione della strumentazione. In seguito, le misure verranno effettuate una volta al mese fino alla fine dei lavori.

4.7.5 Valori di soglia

Con riferimento alle considerazioni effettuate al Paragrafo 4.1.6 si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base delle convergenze attese in fase di progettazione [25] e sui valori di letteratura:

- Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica installata sul rivestimento definitivo della galleria naturale per misurare la convergenza del cavo: 0.5% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 1% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica installata sul rivestimento definitivo di prima fase del bypass per misurare la convergenza del cavo: 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento di prima fase, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine: $0.77 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia del carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione, controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine: $0.77 \cdot N_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e N_{yd} dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento definitivo, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle barre di armatura: $0.77 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo della centina (**soglia di allarme**).

5 CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI

Gli strumenti utilizzati per il monitoraggio dovranno essere opportunamente collegati ad un sistema di acquisizione automatica. Ad ogni istante della costruzione e della vita dell'opera, il sistema di acquisizione automatico potrà essere interrogato per raccogliere i dati di interesse e verificare il comportamento reale della stessa, confrontandolo con quello previsto in sede di progetto.

5.1 Piattaforma gestione dati

Tutti i dati dovranno essere gestiti da una piattaforma web, individuata dal Committente nel Sistema Informativo Geografico (GIS); tale sistema ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini inclusi i dati relativi al territorio e alle opere dell'uomo che in un intorno significativo dall'opera in oggetto possono essere da quest'ultima influenzati, fornendo così un supporto alle decisioni in tempo reale.

6 SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio sarà articolata in due parti:

1. L'attività di monitoraggio svolta dall'Impresa Aggiudicataria dell'appalto lavori;
2. L'attività di monitoraggio svolta dalla Direzione Lavori.

Le attività di monitoraggio previste dovranno essere suddivise secondo quanto indicato nelle seguenti tabelle, riferite alle lavorazioni nella galleria Guinza e nella galleria S. Antonio.

A seguito si riporta una quantificazione delle attività stesse.

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|--------|--|---|---|--|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | | |
| | | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato |
| GUINZA – INTERVENTO TIPO A | Misura delle convergenze del cavo | X | X | X | | A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa. | X |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase | X | X | X | | | X |
| | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo | X | X | X | | | X |
| GUINZA – RIPRISTINO BYPASS N.6 | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | X | X | X | | A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa. | X |
| | Misure di estrusione al fronte di scavo | X | X | X | | | X |
| GUINZA – NICCHIA IMPIANTI | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | X | X | X | | A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa. | X |
| | Misura delle convergenze del cavo | X | X | X | | | X |
| | Misure di estrusione al fronte di scavo | X | X | X | | | X |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del | X | X | X | | | X |

Progetto Esecutivo

| | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|---|
| | rivestimento di prima fase | | | | | | |
| | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo | X | X | X | | | X |

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---|--------|--|---|--|--|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | | |
| | | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato |
| GUINZA – IMBOCCO LATO UMBRIA | Controlli topografici | X | X | X | | A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa | X |
| | Celle di carico sui tiranti | X | X | X | | | X |

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | | | |
|---------------------|--|---|--------|--|---|---|--|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | | |
| | | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato | Installaz. | Misura | Elaborazione, Restituzione e Commento del dato |
| S. ANTONIO - BYPASS | Rilevo geomeccanico del fronte di scavo | X | X | X | | A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa. | X |
| | Misura delle convergenze del cavo | X | X | X | | | X |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase | X | X | X | | | X |
| | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo | X | X | X | | | X |

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | |
|-----------------------------------|---|---|------------|---|------------|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | |
| | | n. strumenti | n. letture | n. strumenti | n. letture |
| GUINZA – INTERVENTO TIPO A | Misura delle convergenze del cavo ¹ | 80 | 7 | - | 3 |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase ² | 44 | 5 | - | 2 |
| | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo ³ | 44 | 4 | - | 1 |
| GUINZA – RIPRISTINO BYPASS N.6 | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | 20 | | 6 | |
| | Misure di estrusione al fronte di scavo ⁴ | 1 | 9 | - | 3 |
| GUINZA – NICCHIA IMPIANTI | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | 20 | | | 6 |
| | Misura delle convergenze del cavo ¹ | 3 | 15 | | 5 |
| | Misure di estrusione al fronte di scavo ⁵ | 1 | 10 | | 3 |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase ² | 2 | 17 | | 5 |
| | Misure dello stato tensionale nel | 2 | 4 | | 1 |

¹ N. stazioni composte da 5 mire ottiche

² N. stazioni composte da 3 coppie di barrette estensimetriche sulle centine + 2 celle di carico sotto il piede delle centine

³ N. stazioni composte da 3 coppie di barrette estensimetriche

⁴ N. stazioni composte da 12 mire ottiche

⁵ N. stazioni composte da 5 mire ottiche

Progetto Esecutivo

| | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|--|--|
| | rivestimento definitivo ⁶ | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|--|--|

⁶ N. stazioni composte da 4 coppie di barrette estensimetriche

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | |
|---------------------------------|---|---|------------|---|------------|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | |
| | | n. strumenti | n. letture | n. strumenti | n. letture |
| GUINZA – IMBOCCO LATO UMBRIA | Controlli topografici (n mire ottiche) | 24 | 22 | | 7 |
| | Celle di carico sui tiranti (n celle di carico) | 4 | 13 | - | 4 |

| OPERA | MONITORAGGIO | COMPETENZA | | | |
|---------------------|--|---|------------|---|------------|
| | | Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI) | | Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE) | |
| | | n. strumenti | n. letture | n. strumenti | n. letture |
| S. ANTONIO - BYPASS | Rilievo geomeccanico del fronte di scavo | 30 | | | 10 |
| | Misura delle convergenze del cavo ¹ | 3 | 15 | | 5 |
| | Misura delle convergenze all'imbocco ⁷ | 2 | 6 | | 2 |
| | Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase ² | 3 | 17 | | 5 |
| | Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo ⁶ | 3 | 6 | | 2 |

⁷ N. stazioni composte da 4 mire ottiche

7 SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

L'installazione, il collaudo e la calibrazione degli strumenti di misura dovranno essere eseguite dall'Impresa con la supervisione del fornitore degli strumenti, sotto la sorveglianza di un tecnico esperto incaricato dalla DL.

Il momento dell'installazione viene fissato di comune accordo tra l'Impresa e la DL. L'installazione degli strumenti di misura deve avvenire al più presto possibile rispetto all'avanzamento.

Gli strumenti di misura dovranno essere protetti da danni provocati dai lavori di costruzione. Gli strumenti di misura danneggiati dovranno essere sostituiti a cura dell'Impresa.

Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche degli strumenti; si noti che il riferimento a prodotti e marchi commerciali è del tutto indicativo

7.1 Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test

7.1.1 Martello di Schmidt

La prova consiste nella determinazione dell'indice di rimbalzo R su superfici di roccia intatta o di discontinuità, correlabile empiricamente al valore di resistenza di compressione monoassiale; la prova sarà condotta impiegando uno sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) ed eseguendo almeno 10 test per ogni prova.

I test di rimbalzo andranno eseguiti su superfici preventivamente pulite.



Figura 7 - Esempio di martello di Schmidt.

7.1.2 Point Load Test

La prova consiste nella determinazione dell'indice di resistenza a carico puntuale $I_{s(50)}$, ottenuto attraverso l'applicazione di un carico concentrato mediante due punte coniche di dimensione standard.

L'indice di resistenza $I_{s(50)}$ può essere utilizzato per la classificazione della roccia in esame e può fornire indicazioni preliminari in merito ad altri parametri di resistenza della roccia, quali la resistenza a compressione monoassiale e la resistenza a trazione.

La prova è eseguibile sia su spezzoni di carota, con carico applicato diametralmente o assialmente, sia su provini di forma prismatica o irregolare.

L'apparecchiatura di prova, conforme allo standard di riferimento - ASTM D 5731 - 95 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, dovrà essere dotata di uno strumento di misura del carico che garantisca una precisione non inferiore al 5% del carico applicato e che consenta la memorizzazione del massimo carico raggiunto alla rottura.

La prova dovrà essere condotta eseguendo almeno 20 rotture. Nel caso in cui la roccia in esame sia anisotropa, dovranno essere eseguite 10 rotture perpendicolari e 10 rotture parallele ai piani di debolezza.

I frammenti di roccia da sottoporre a prova dovranno rispettare i seguenti requisiti dimensionali.

Test diametrali su spezzoni di carota:

- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina $L > 0.5 D$ con D = diametro della carota (corrispondente alla distanza tra le punte di carico);
- $D > 30$ mm.

Test assiali su spezzoni di carota:

- rapporto tra la lunghezza D (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) ed il diametro W della carota compreso tra 0.3 e 1;
- $D > 30$ mm.

Test su provini irregolari:

- rapporto tra l'altezza D (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) e la larghezza media W del piano di rottura, compreso tra 0.3 e 1;
- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina vicina $L > 0.5 D$;
- $D > 30$ mm.

Ogni frammento di roccia appartenente alla serie di prova dovrà essere portato a rottura incrementando il carico gradualmente e senza brusche variazioni. La velocità di incremento del carico dovrà essere scelta in modo che la rottura del provino avvenga in un intervallo di tempo compreso tra 10 e 60 secondi.

Per ciascuna rottura si registreranno i seguenti dati:

- numero della rottura;
- tipo di rottura (diametrica, assiale, su spezzone irregolare);
- diametro della carota per prove assiali o larghezza media del piano di rottura per prove su spezzoni irregolari W [mm];
- distanza tra le punte di carico D [mm];
- carico di rottura P [kN].

Non saranno considerate valide le rotture che presentano piano di rottura passante solo per una delle punte di carico.

Per ciascun frammento sottoposto a rottura si determineranno e si registreranno i seguenti parametri:

- diametro equivalente De , con $De = D$ per le prove diametriche e $De = (4 * W * D / \pi) 0.5$ per le prove assiali e su provini irregolari;

- indice di resistenza a carico puntuale non corretto $I_s = P/De^2$ [MPa].

A conclusione della prova si dovranno determinare gli indici di resistenza a carico puntuale corretti $I_{s(50)}$ medi nella direzione normale e parallela ai piani di debolezza e l'indice di anisotropia $I_{a(50)}$ ottenuto dal rapporto tra gli indici di resistenza a carico puntuale medi corretti normali e paralleli ai piani di debolezza.

Il valore dell'indice di resistenza a carico puntuale corretto $I_{s(50)}$ medio dovrà essere determinato plottando in scala bilogarithmica tutte le coppie di valori De^2/P ottenute nella prova per ciascuna direzione di carico e ricavando per interpolazione lineare il valore di $P_{(50)}$ corrispondente a De^2 pari a 2500 mm^2 ($De = 50 \text{ mm}$); il valore di $I_{s(50)}$ sarà quindi determinato secondo l'espressione:

$$I_{s(50)} = P_{(50)}/2500$$

Qualora i dati di prova risultassero eccessivamente dispersi la determinazione di $I_{s(50)}$ dovrà essere eseguita su ogni provino secondo la seguente espressione:

$$I_{s(50)} = I_s * (De/50)^{0.45}$$

Il valore di $I_{s(50)}$ medio sarà in questo caso ottenuto dalla media dei valori di $I_{s(50)}$ calcolati con esclusione dei due valori più alti e dei due valori più bassi per ciascuna direzione di carico; sarà inoltre eseguita una valutazione statistica dell'attendibilità della prova con determinazione della deviazione standard e del coefficiente di variazione per ciascuna direzione di carico.



Figura 8 - Esempio di point load tester.

7.2 Mire ottiche

Per la misura delle deformazioni verranno impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità e < 3/100° per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza cementati, oppure solidali ai profilati o alle armature.

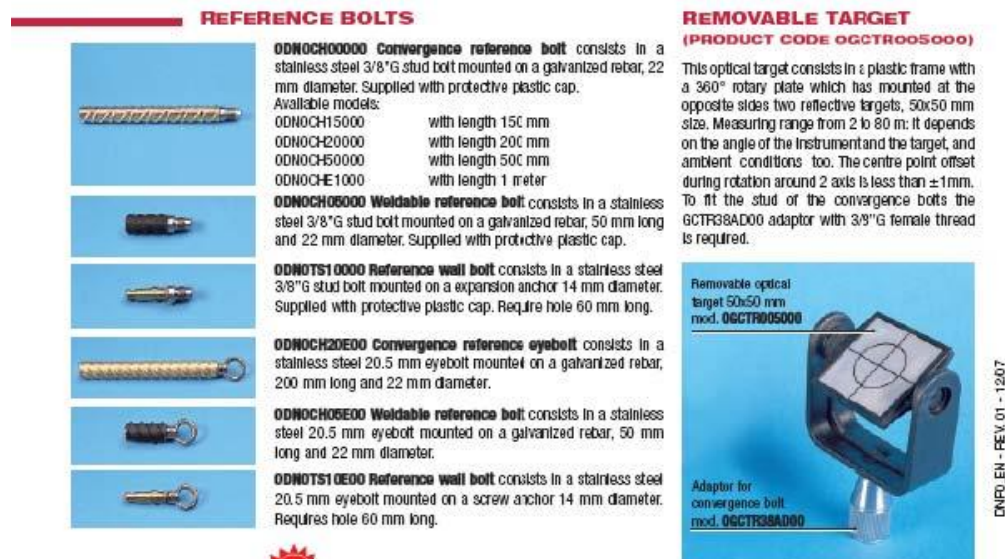


Figura 9 - Esempio di mire ottiche

7.3 Estensimetri a corda vibrante

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo. Le due estremità della corda devono essere ancorate in modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine. In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda. Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un Oring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione. Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- lunghezza della corda: 50, 150 - 250 mm;
- campo di rilievo: +/- 1500 microstrain;
- sensibilità: 1,0 microstrain;

- frequenza di zero tipica: 800 Hz;
- resistenza della bobina: 150 ohm;
- temperatura di esercizio: -20° - +80° C.

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà potere essere letta nella centralina di lettura.

Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghie. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:

- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
- b) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- c) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- d) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

strain gauges & thermometers

VIBRATING WIRE STRAIN-GAUGES

ACCESSORIES AND SPARE PARTS

| | |
|---|--|
| <p>OVK420VN00 "No-stress" embedment strain gauge with plastic container to isolate the section of concrete around the gauge</p> <p>OVK400JIG00 Mounting Jig for welding the strain-gauge mounting blocks on the steel surface</p> | <p>OVK42VC3000 Mounting block for rosette assembling of embedment strain-gauges (X-Y-Z orientation)</p> <p>OVK400MB200 Pair of arch weldable mounting blocks</p> |
|---|--|



OVK200VN00 "no-stress" strain-gauge



3-0 strain-gauge assembly

TECHNICAL SPECIFICATIONS

| Model | OVK4000VS00 | OVK4200VC00 | OVK300SP0T0 | OVK4000SM00 |
|-----------------------------|--|---|---|---|
| Description | surface mount type strain-gauge with pluck coil and arch weldable end blocks | concrete strain-gauge with flanges for concrete embedment | spot weldable strain gauge for steel structures | embedment strain-gauge specially designed for shotcrete application |
| Method of installation | arch welding | embedment | spot welder | embedment |
| Active gauge length | 150 mm | 165 mm | 50 mm | 200 mm |
| Range (nominal) | 3000 µε | 3000 µε | 3000 µε | 10000 µε |
| Sensitivity | 1.0 µε | 1.0 µε | 1.0 µε | 0.1 µε |
| Accuracy | <2.0% FSR | <2.0% FSR | <2.0% FSR | <2.0% FSR |
| Stability | 0.1% FS/yr | 0.1% FS/yr | 0.1% FS/yr | 0.1% FS/yr |
| Typical frequency datum | 800 Hz | 800 Hz | 800 Hz | 1600 Hz |
| Coil resistance | 150 ohm | 150 ohm | 150 ohm | 150 ohm |
| Thermal coeff. of expansion | 11.6x10 ⁻⁶ /°C | 11.6x10 ⁻⁶ /°C | 11.6x10 ⁻⁶ /°C | 11.6x10 ⁻⁶ /°C |
| Temperature range | -20°C + 80°C | -20°C + 80°C | -20°C + 80°C | -20°C + 80°C |



Strain-gauges on steel lining

Vibrating wire strain-gauge output is a frequency signal, and it is therefore insensitive to resistance changes in connecting cables caused by contact resistance or leakage to ground. Gauges may be read up to 1000 metres away from their location without change in calibration. The vibrating wire gauge has the same thermal coefficient of expansion of reinforcing bar (and similar to that of concrete) and there is no requirement to compensate for thermal effects in normal use (thermal correction may be required, for example, in the calculation of stress changes of restrained structural members resulting from temperature changes). Temperatures can be measured by a NTC thermistor encapsulated in the pluck coil housing.

⚡ electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

PHYSICAL FEATURES



OVK4000VS00



OVK4200VC00

Figura 10 - Esempio di estensimetri a corda vibrante.

7.4 Celle di carico al piede delle centine

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);

- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottili lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sottovuoto spinto per ottenere la minima compressibilità dell'olio. La pressione esercitata dalla struttura agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione.

Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita standard 4-20 mA oppure a corda vibrante. La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi.

Il tipo di cella dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, 0-20 MPa).

Per l'installazione si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e le piastre.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella. Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo. Sarà necessario attendere alcune ore prima della stabilizzazione.

pressure and load cells

STRAIN-GAUGES LOAD CELLS


www.gftiadelo.com

L2CT LOAD CELLS


| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Full scales | 3,000, 5,000, 10,000 kN* |
| Overload | 150% F.S. |
| Sensitivity | 0,01% F.S. |
| Accuracy | 0,2% F.S. |
| Power supply | 12 V DC |
| Output signal | 2 mV/V at full scale |
| Insulation | > 2 Mohm |
| Output bridge resistance | 350 Ohm |
| Temp. operating range | -40°C +75°C |
| Compensated temp. range | -20°C +60°C |
| Protection Class | IP 65 |
| Material | steel UR-40 |

* Load Cells can also be supplied on client request for specific application.

| Model | 0L2CT030000 | 02CT050000 | 0L2CT100000 |
|--------------|-------------|------------|-------------|
| Range | 3000 kN | 5000 kN | 10000 kN |
| Diameter | 135 mm | 180 mm | 230 mm |
| Height | 200 mm | 200 mm | 300 mm |
| Overall size | 175x200 mm | 220x200 mm | 270x300 mm |



L2CE LOAD CELLS



| Model | 0L2CE019000 | 0L2CE030000 |
|--|--------------------------------|-------------|
| Range | 1,900 kN | 3,000 kN |
| Accuracy | typical 1% FS | |
| (linearity, hysteresis, and repeatability) | | |
| Sensor resolution | 15 kg, 20kg | |
| Power supply | from 0 to 30 V DC | |
| Output signal | 4-20 mA (current loop) | |
| Temp. operating range | from -20° to +80°C | |
| Protection Class | IP 68 watertight up to 100 kPa | |
| Material | stainless steel | |
| Pad diameter | 191 mm | 242,5 mm |
| Thickness | 39 mm | 39 mm |
| Overall size | 320x38 mm | 345x39 mm |

These cells are specially designed for steel lining and pile testing applications. The mounting surface for load cell applications shall be flat and parallel for optimum performance.

Special distribution plates with spherical surface are available for application between not parallel planes.

| | |
|-------------|--|
| 0L2CE200P00 | Twin plates for 1,900 kN load cell, overall diam. 200 mm |
| 0L2CE262P00 | Twin plates for 3,000 kN load cell, overall diam. 252 mm |

electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

L2CT_LN - REV. 01 - 04/05

Figura 11 - Esempio di cella di carico

7.5 Celle di carico sui tiranti

Le celle di carico toroidali di tipo elettrico sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauges di tipo resistivo, che garantiscono una bassa sensibilità ai carichi eccentrici. La cella deve essere installata tra una piastra di distribuzione del carico ed una piastra supplementare in acciaio (se non è possibile predisporre una superficie piana).

Le celle di carico dovranno avere con campo di misura 0-1000 kN. Il sensore di misura dovrà consentire una accuratezza di misura migliore del 0.5% del fondo scala.

Il corpo cella dovrà essere in acciaio inox o adeguatamente protetto contro fenomeni di ossidazione e corrosivi.

Per effettuare la misura è possibile utilizzare un cavo elettrico che collega direttamente la cella alla centralina di misura portatile o al datalogger, oppure una connettività wireless (senza fili).

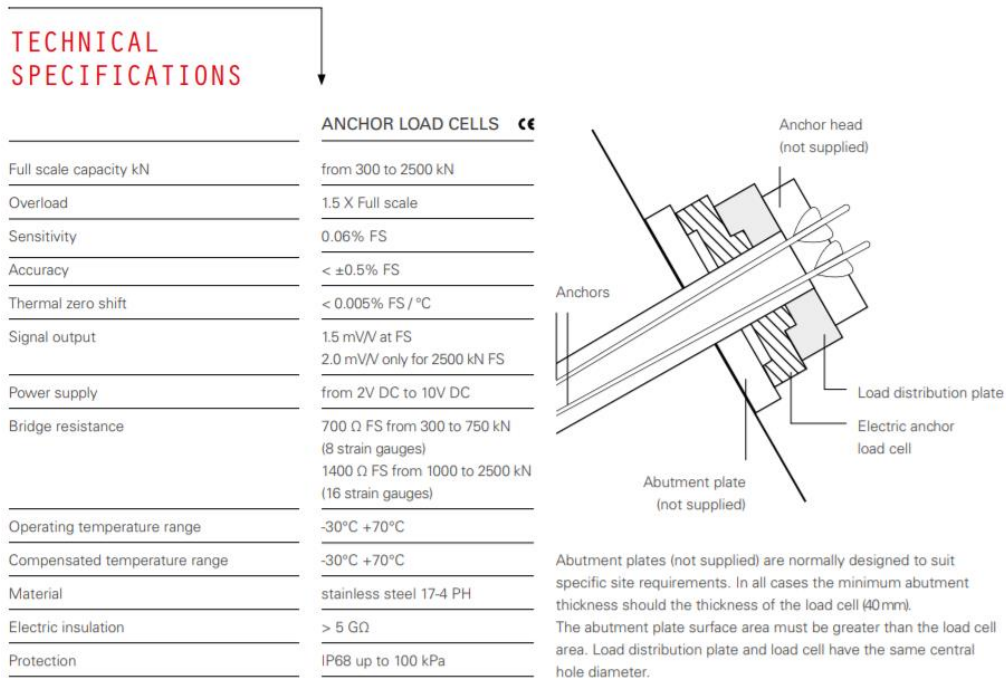


Figura 12 - Esempio di cella di carico toroidale per tiranti