

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

**GALLERIA NATURALE SERRAVALLE
SCAVO IN MECCANIZZATO – BINARIO PARI E DISPARI
Relazione di monitoraggio**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	R G	G N 0 0 0 0	0 0 3	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	Rocksoil 	16/12/2013	Rocksoil 	18/12/2013	A. Palomba 	20/12/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Revisione generale	Rocksoil 	30/09/2015	Rocksoil 	02/10/2015	A. Mancarella 	06/10/2015	

n. Elab.:

File: IG5100ECVRGGN0000003A01

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p>	<p>Foglio 3 di 34</p>

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA.....	5
2. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO.....	6
3. MONITORAGGIO PREVENTIVO.....	8
3.1. Analisi delle interferenze e relativo piano di monitoraggio.....	8
4. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA E IN ESERCIZIO.....	9
4.1. Indagini in avanzamento.....	9
4.2. Parametri macchina.....	9
4.3. Anello strumentato.....	10
4.3.1. Generalità.....	12
4.3.2. Barrette estensimetriche.....	12
4.3.3. Cella di pressione.....	15
4.3.4. Fessurimetri.....	16
4.3.5. Acquisitore.....	17
4.3.6. Installazione.....	17
4.3.7. Collaudo e lettura iniziale di riferimento.....	18
4.3.8. Documentazione.....	18
4.4. Controllo del regime idrogeologico.....	19
4.4.1. Misure piezometriche al contorno del cavo.....	19
4.4.2. Misuratore di portata.....	20
4.5. Controllo delle deformazioni sul contorno di scavo.....	21
4.5.1. Estensimetri multibase da piano campagna.....	21
4.5.2. Estensimetri multibase radiali.....	21
4.6. Cedimenti a piano campagna.....	24
4.7. Monitoraggio degli edifici.....	25
4.7.1. Clinometri da parete.....	25
4.7.2. Frequenza delle letture.....	27
4.8. Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.).....	28
5. SOGLIE DI ALLARME E DI ATTENZIONE.....	32
5.1. Monitoraggio in galleria e superficiale.....	32
6. CAMPO PROVA INIZIALE.....	33
7. CONCLUSIONI.....	34

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5100ECVRGGN0000003A01

Foglio
4 di 34

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVRGGN0000003A01
	Foglio 5 di 34

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la descrizione dei sistemi di monitoraggio da prevedere durante lo scavo della galleria di Serravalle, facente parte del tracciato della linea ferroviaria del “Terzo Valico dei Giovi” che si estende da Genova a Tortona. Il progetto nel suo complesso prevede la realizzazione di una galleria prevalentemente a doppia canna di 27 km, dei quali 5.3 km circa per forniture verranno eseguiti mediante scavo meccanizzato.

Il presente documento è relativo all’intero sviluppo del binario dispari e del binario pari della galleria di Serravalle realizzata mediante scavo in meccanizzato (WBS: GN1BA, GN1BC, GN1CA, GN1CB).

La Galleria di Serravalle, dall’imbocco sud e sino all’intersezione con il Raccordo Tecnico III Valico – Novi Ligure ricade all’interno delle successioni sedimentarie terrigene riferibili al settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (BTP). Nel tratto posto a nord dell’intersezione l’opera attraversa i depositi post-messiniani (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre), sovrastanti le successioni sedimentarie terrigene riferibili al settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (BTP) e sormontati dai depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia.

Il tratto di linea oggetto del presente rapporto attraversa dunque le successioni sedimentarie riferibili alle seguenti unità:

- formazione di Serravalle (aS),
- Marne di Sant’Agata Fossili (mA2-mA1),
- Membro di Riomaggiore del Gruppo della Gessoso Solfifera (gS)
- Conglomerati di Cassano Spinola del Gruppo della Gessoso Solfifera (cC)
- Depositi post-messiniani: Argille di Lugagnano (aL)

Il modello geologico di riferimento generale prevede che la galleria attraversi le formazioni delle arenarie di Serravalle (aS), delle marne di S. Agata Fossili (mA2/mA1), del gruppo della Gessoso-Solfifera (gS,cC) e delle Argille Azzurre (aL); l’interfaccia tra il substrato prequaternario e i sedimenti alluvionali riferibili al Fluviale Medio del bacino del T. Scrivia (fl2) non dovrebbe essere intercettata, anche se non è possibile escludere a priori la presenza di irregolarità morfologiche della superficie di appoggio dei depositi quaternari, dovute ad es. a paleoalvei sepolti, che potrebbero detrimanere localmente la comparsa in calotta di depositi fluviali.

La tratta compresa nella WBS di interesse si sviluppa in due contesti geologici e geomorfologici distinti, il primo tratto (circa fino alla pk 32+875) è inserito in un contesto collinare in cui il substrato è principalmente affiorante con locali zone di copertura detritico-colluviale potenti pochi metri, il secondo tratto si sviluppa in un contesto di pianura, in corrispondenza di un terrazzo di origine alluvionale, in cui i depositi alluvionali poggiano sul substrato con una buona continuità laterale.

Lungo il tracciato le coperture variano da un minimo di 5m ad un massimo di 135 m circa.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 6 di 34

2. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Di seguito si riporta la descrizione estesa del “programma di monitoraggio” che si intende adottare per il controllo, durante le fasi di scavo delle gallerie in meccanizzato, dei movimenti del terreno, delle strutture e dei manufatti/edifici esistenti, nell’ambito dei lavori per la realizzazione della galleria di Serravalle parte della linea AV/AC Milano-Genova.

Lo scopo del monitoraggio è quello di tenere sotto controllo l’evolversi della risposta tenso-deformativa dell’ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un’analisi della situazione in corso d’opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L’organizzazione del sistema in questione prevede l’utilizzo di strumentazione topografica e geotecnica disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato dell’opera. La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Il monitoraggio geologico, geotecnico e strutturale è suddiviso in tre tipologie in base alle tempistiche in cui viene eseguito:

- monitoraggio “preventivo” effettuato precedentemente all’inizio delle lavorazioni;
- monitoraggio “in corso d’opera” effettuato durante le fasi di costruzione dell’opera;
- monitoraggio “in fase di esercizio dell’opera” effettuato dopo il termine dei lavori di realizzazione dell’opera;

Il monitoraggio preventivo è previsto per tutte quelle aree e strutture particolarmente a rischio (come ad esempio aree potenzialmente instabili, infrastrutture fatiscenti e fabbricati che ricadono nelle immediate prossimità delle gallerie da realizzare) in modo da acquisire dati ancor prima della costruzione dell’opera, al fine di intervenire preventivamente e/o valutare al meglio gli eventuali effetti indotti.

Il monitoraggio in corso d’opera invece sarà finalizzato a valutare gli andamenti dei vari parametri considerati significativi, in relazione alle fasi costruttive, ai materiali scelti ed alle geometrie in gioco, con particolare riguardo alla sicurezza. La strumentazione geotecnica prevista per il monitoraggio in corso d’opera sarà tale da consentire l’acquisizione dei dati relativi ai parametri significativi sia per la verifica delle corrispondenze tra comportamento reale e comportamento ipotizzato, sia per l’eventuale attivazione di procedure di gestione del progetto (fasi esecutive, modalità di avanzamento, ecc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo. Attraverso il monitoraggio in corso d’opera si ottiene la risposta tenso-deformativa degli ammassi all’azione dello scavo, che è prima oggetto di previsione (al momento della progettazione), quindi oggetto di lettura

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVRGGN0000003A01 <table border="1" data-bbox="1420 224 1533 288"> <tr> <td>Foglio 7 di 34</td> </tr> </table>	Foglio 7 di 34
Foglio 7 di 34		

e interpretazione (al momento della costruzione), ai fini di tarare il modello progettuale in corso d'opera.

Il monitoraggio in fase di esercizio invece avrà l'obiettivo principale di registrare eventuali variazioni a lungo termine dei parametri geotecnici e quindi di permettere la valutazione delle cause, strutturali o esterne di qualsiasi natura, che abbiano determinato tali variazioni. Il monitoraggio in fase di esercizio generalmente si basa sulla stessa strumentazione geotecnica del monitoraggio in corso d'opera per la quale letture vengono effettuate con cadenza meno frequente.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma predisposto in fase di scavo, e fornite indicazioni su come gestire il flusso delle informazioni ottenute. In particolare sono descritte le attività, le caratteristiche e la strumentazione del monitoraggio in corso d'opera che avrà come obiettivo la determinazione, per tratte omogenee, delle seguenti grandezze:

- la misura dello stato tensionale del rivestimento definitivo;
- le indagini per il controllo del regime idrogeologico;
- la misura del comportamento deformativo dell'ammasso al contorno del cavo;
- la determinazione delle pressioni neutre a tergo dei rivestimenti e la misura delle portate edotte in galleria;
- la curva di subsidenza, con indicazione dei cedimenti e delle distorsioni massime (pendenza locale della curva di subsidenza);
- i cedimenti e le rotazioni dei manufatti e degli edifici prossimi alle aree di scavo, ricadenti all'interno della zona di subsidenza.

La strumentazione che si ritiene di disporre può essere suddivisa nelle seguenti tre categorie principali:

- 1) Monitoraggio in galleria
- 2) Monitoraggio del terreno
- 3) Monitoraggio degli edifici

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 8 di 34

3. MONITORAGGIO PREVENTIVO

Il monitoraggio preventivo è previsto per tutte quelle aree e strutture particolarmente a rischio (come ad esempio aree potenzialmente instabili, infrastrutture fatiscenti e fabbricati che ricadono nelle immediate prossimità delle gallerie da realizzare) in modo da acquisire dati ancor prima della costruzione dell'opera, al fine di intervenire preventivamente e/o valutare al meglio gli eventuali effetti indotti.

Nel prossimo paragrafo verranno presentate le principali interferenze con lo scavo e il piano di monitoraggio che correlerà dati acquisiti in fase preventiva ai dati acquisiti nelle successive fasi costruttive e di esercizio.

3.1. Analisi delle interferenze e relativo piano di monitoraggio

Le interferenze riscontrate lungo la tratta in meccanizzato sono concentrate nella parte che va dalla pk 32+285.00 alla pk 36+035.00. Lungo tale zona sono presenti numerosi edifici, principalmente per civile abitazione e attività commerciali, per i quali viene predisposto il sistema di monitoraggio per la misura di:

- cedimenti da piano campagna tramite l'installazione di un sistema di sezioni di controllo con capisaldi topografici trasversale all'asse (cfr. §4.6),
- deformazioni sul contorno dello scavo mediante estensimetri multibase (cfr. §4.5)
- movimenti degli edifici tramite un sistema di punti di misura (cfr. §4.7)
- regime idraulico mediante un sistema di piezometri (cfr. §4.4)

Un aspetto non secondario in questa zona a basse coperture è il regime idraulico, che andrà costantemente controllato sia in fase preventiva che costruttiva.

Si rimanda per ulteriori dettagli ai profili geomeccanici e alle tavole di planimetria interferenze relative alla tratta in esame.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 9 di 34

4. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA E IN ESERCIZIO

4.1. Indagini in avanzamento

Si predispongono in corso d'opera indagini geognostiche in avanzamento in zone non coperte da indagini di superficie. In linea generale tali indagini eseguite mediante sondaggi di lunghezza pari a 30-50m con restituzione della descrizione geomeccanica delle carote, avranno una frequenza media di 1 sondaggio ogni 400m di galleria, comunque definiti in funzione delle reali necessità.

Dovrà essere prelevato mediamente un campione ogni 5m e comunque in corrispondenza di passaggi litologici significativi.

Su ciascun campione saranno eseguite le seguenti prove:

- Classificazione ($\gamma - w - \gamma_s$)
- Analisi mineralogiche e diffrattometriche (almeno su 2 campioni)
- Prove di compressione monoassiale in controllo di deformazione
- Prova di trazione brasiliana

Eventuali prove specialistiche saranno definite in corso d'opera in funzione dell'osservazione diretta del progettista (prove di creep – triassiali – prove su giunto).

4.2. Parametri macchina

Al fine di controllare che le frese a piena sezione vengano utilizzate correttamente, per non innescare fenomeni di subsidenza in superficie, è opportuno effettuare una registrazione in continuo durante gli avanzamenti della macchina di scavo. In tal modo sarà possibile valutare un bilanciamento tra volume teorico di scavo e volume del materiale smarinato allo scopo di evidenziare eventuali rilasci in calotta o sovrascavi di significative proporzioni. Inoltre, confrontando il volume teorico dello spazio anulare tra il profilo di scavo e l'estradosso dell'anello dei conci prefabbricati (tenendo conto dei cutter impiegati, della loro usura o di eventuali sovrascavi) e il volume del materiale di riempimento iniettato, dalla coda dello scudo, a tergo dei conci è possibile evidenziare la presenza di eventuali vuoti e/o cavità.

Tali misure, anche se non strettamente legate alla strumentazione di monitoraggio, permettono la comprensione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo e indicano dove intervenire, se necessario, mediante interventi di consolidamento e riempimento a tergo dei conci.

In particolare dovranno essere acquisiti in continuo i seguenti parametri operativi:

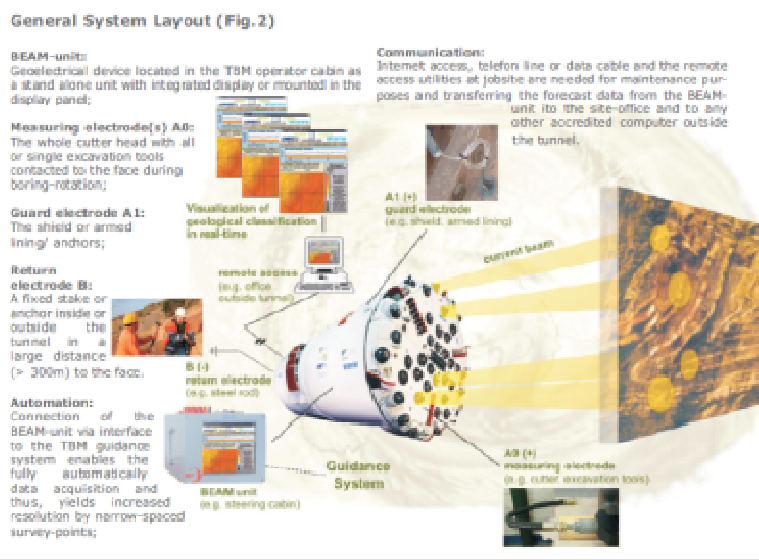
- velocità di avanzamento,
- spinta dei martinetti,
- coppia della testa,
- velocità di rotazione,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p>Foglio 10 di 34</p>

- assorbimento elettrico,
- energia specifica,
- quantità di materiale estratto dalla coclea,
- pressione applicata al fronte.

Inoltre come meglio dettagliato nelle relazioni tecniche, in particolari contesti geomeccanici, si rende necessaria l'acquisizione in continuo di parametri geofisici al fine di poter prevedere la presenza di zone tettonizzate e di faglia, particolarmente delicate per la tipologia di scavo.

Il sistema diagnostico proposto è noto come "BEAM System", che consente la rilevazione indiretta delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali mediante investigazioni di tipo geoelettrico impegnando elettrodi collocati in corrispondenza della testa fresante. Il "Beam system" tramite emissioni di impulsi elettrici fornisce dati relativamente a due parametri: il valore di resistività dei terreni e il valore di porosità efficace, espressa in percentuale di vuoti rispetto al volume di terreno analizzato.



4.3. Anello strumentato

Relativamente al controllo dello stato tensionale del rivestimento definitivo in galleria si adatteranno "anelli strumentati", cioè particolari conci al cui interno, in fase di costruzione degli stessi, verranno inseriti strumenti per la misura dello stato tenso-deformativo. Inoltre sarà previsto il fissaggio di una cella di pressione per la misura delle variazioni di pressione tra ammasso roccioso e struttura e il posizionamento di fessurimetri per monitorare l'evoluzione dei giunti.

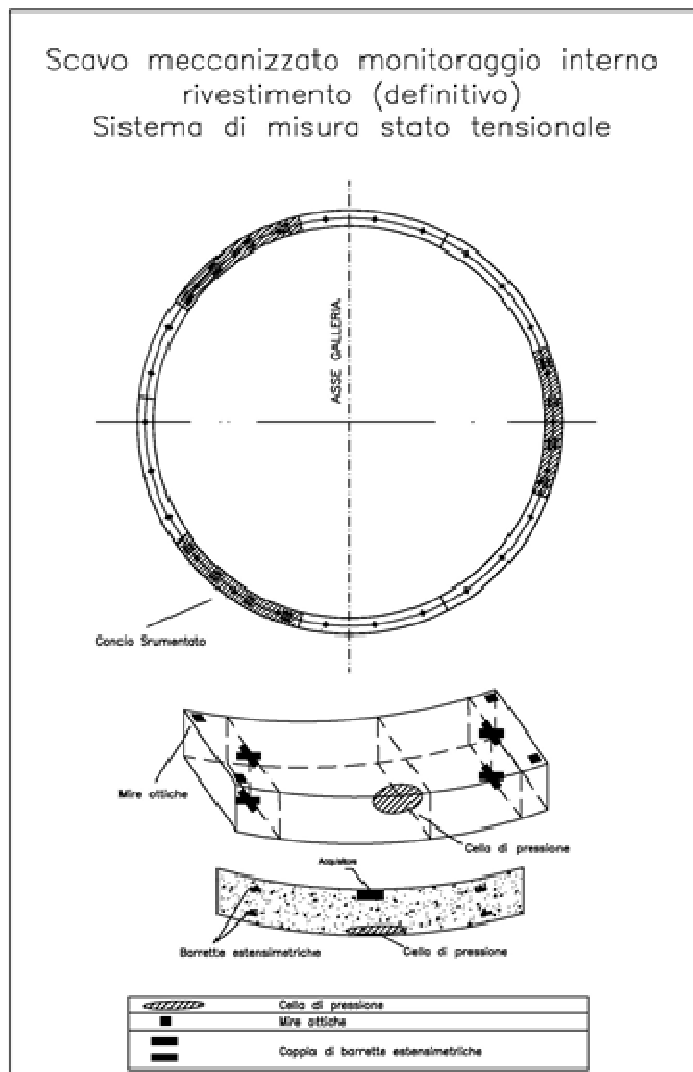
In sintesi viene inserita la seguente strumentazione geotecnica:

- barrette estensimetriche per calcestruzzo per la misura dello stato tenso-deformativo del concio in opera dotate di sensore di temperatura;

- celle di pressione per la misura delle variazioni di pressione tra ammasso roccioso e struttura;
- fessurimetri in corrispondenza dei giunti;
- mire ottiche per la misura di convergenza;
- acquirettore che provvede ad alimentare i sensori ed a memorizzarne le misure.

I segnali, provenienti dai sensori elettrici e memorizzati nell'unità di misura, vengono periodicamente scaricati a mezzo di un PC portatile ed elaborati secondo formati idonei a fogli elettronici di uso comune. La strumentazione verrà attivata all'uscita dei conci dallo scudo.

Per la distribuzione dei conci strumentati lungo la linea si rimanda al profilo geomeccanico.



4.3.1. Generalità

Per concio si intende un elemento in calcestruzzo armato prefabbricato, che fa parte di una struttura assemblabile, accostando fra loro vari elementi dello stesso tipo. Strumentato perché, al suo interno sono stati inseriti al momento della prefabbricazione, degli strumenti sensibili alle grandezze fisiche che si vogliono investigare.

4.3.2. Barrette estensimetriche

Si prevede l'installazione di coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo e si prevede inoltre l'aggiunta di barrette supplementari al fine di determinare la variazione della temperatura all'interno del rivestimento e gli effetti del ritiro. Le barrette estensimetriche a corda vibrante, in seguito rappresentate, sono contraddistinte dalle seguenti caratteristiche tecniche:



CARATTERISTICHE TECNICHE BARRETTA PER CLS

- ✓ Tipo di trasduttore: corda vibrante
- ✓ Range di misura nominale: 3.000 μe
- ✓ Sensibilità: 1,0 μe
- ✓ Accuratezza: 0,1% F.S.
- ✓ Non linearità: migliore dello 0,5% F.S.
- ✓ Range di temperatura funzionamento:
-30°C fino a +90°C
- ✓ Sensore di temperatura:
integrato NTC 3K Ω
- ✓ Resistenza della bobina: 162 +/-5 Ω
- ✓ Frequenza tipica: 800 Hz
- ✓ Segnale di uscita: Hz
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:
12,2 $\mu\text{e}/^\circ\text{C}$

Gli estensimetri a corda vibrante sono costituiti da un filo d'acciaio, teso tra due supporti ancorati alla struttura da monitorare e messo in vibrazione da un elettromagnete. Le deformazioni della struttura causano un analogo movimento dei due supporti, facendo variare il tensionamento del filo. Questa variazione di tesatura provoca una variazione della frequenza di vibrazione della corda proporzionale (legge di Hooke), portando quindi a ricavare le deformazioni della corda e conseguentemente la tensione agente all'interno del rivestimento definitivo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 13 di 34

Il campo di misura e la precisione richiesta per le barrette estensimetriche a corda vibrante è il seguente:

- campo di misura $-2500 \div +2500 \mu\epsilon$
- sovrapp. massima 20 % F.S.
- precisione $\leq 1\%$ F.S.
- segnale di uscita $4 \div 20$ mA

Le barrette estensimetriche resistive sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione. Strati sovrapposti di resine sono posti a protezione della parte sensibilizzata della barra per preservarne la funzionalità in caso di urti od immersione. Le barrette estensimetriche sono sensibilizzate mediante strain-gauges collegati tra loro a ponte intero in grado di rilevare la deformazione assiale della barra. Tale deformazione induce una variazione di resistenza all'interno del ponte che viene misurata con apposita centralina o sistema automatico di acquisizione dati. Nelle barrette viene inoltre applicata una elettronica di amplificazione e conversione del segnale, grazie alla quale si possono eseguire misure allo stesso modo delle celle di carico.

Il campo di misura e la precisione richiesta per le barrette estensimetriche resistive è il seguente:

- campo di misura $-1500 \div +1500 \mu\epsilon$
- sovrapp. massima 150 % F.S.
- precisione $\leq 1\%$ F.S.
- segnale di uscita $4 \div 20$ mA

Le barrette estensimetriche all'interno del concio saranno disposte a coppie una longitudinalmente all'asse galleria e l'altra trasversale, distribuite su 4 punti di misura. Per un totale di 8 strumenti ogni concio, pari a 24 strumenti nell'intero anello strumentato (n.3 conci strumentati per anello di rivestimento definitivo).

Installazione su armatura metallica

Per l'installazione delle barrette estensimetriche sull'armatura dovranno essere seguite le seguenti indicazioni:

- la posizione e l'orientazione delle barrette deve essere marcata sull'armatura dove saranno saldati i supporti delle barrette, mediante apposita dima;
- le barrette devono essere estratte dall'imballo e misurate con la centralina portatile; il segnale deve risultare stabile;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 14 di 34

- le estremità delle barrette devono essere avvitate ai suddetti supporti mediante i dadi ed i controdadi in dotazione; prima di serrare la barretta ai suoi blocchetti saldati, accertarsi che la saldatura sia a tenuta e la temperatura dei supporti sia tale da non determinare variazioni dopo il fissaggio della barretta;
- si esegue la taratura della barretta serrando dadi e controdadi, annotandosi quindi la lettura;
- il cavo elettrico, dotato di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l'avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Installazione delle barrette per calcestruzzo

Per l'installazione delle barrette estensimetriche sul calcestruzzo dovranno essere seguite le seguenti indicazioni:

- le barrette devono essere estratte dall'imballo e misurate con la centralina portatile; il segnale deve risultare stabile;
- Le barrette estensimetriche per cls vengono installate tramite delle fascette, metalliche o in plastica, su delle strutture di supporto, al fine di mantenere in posizione lo strumento durante le fasi di getto del calcestruzzo. Le strutture di supporto possono essere sia le armature del c.a. sia appositi tondini (\varnothing 8mm) opportunamente predisposti. Per tarare le successive letture in funzione della temperatura e dell'effetto del ritiro del cls in fase di presa, è buona norma provvedere, con opportuna periodicità, alla posa in opera di termometri e/o barrette di controllo aggiuntive.
- il cavo elettrico, dotato di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l'avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Restituzione dati

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

- Pressioni in funzione del tempo
- Pressioni in funzione della distanza dal fronte di scavo

I dati elaborati per ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. E' richiesta altresì una copia di tali dati su supporto magnetico.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 15 di 34</p>

4.3.3. Cella di pressione

La cella di pressione viene fissata sull'estradosso dell'armatura del concio prefabbricato con apposite fascette metalliche ed in seguito annegata nel getto del concio medesimo. Il cavo del trasduttore di pressione viene raccolto nell'alloggio in ferro creato per la centralina di lettura.

Si prevede l'installazione di n°3 celle di pressione in ogni anello strumentato.

Installazione nello stabilimento

Per l'installazione della cella di pressione dovranno essere seguite le seguenti indicazioni:

- le barrette devono essere estratte dall'imballo e misurate con la centralina portatile;
- fissaggio delle barrette a coppie formando una croce;
- posizionare le coppie di barrette sui 4 punti di misura previsti tramite l'utilizzo di fascette metalliche o in plastica, su delle strutture di supporto, al fine di mantenere in posizione lo strumento durante le fasi di getto del calcestruzzo. Le strutture di supporto possono essere sia le armature del cemento armato, sia appositi tondini (diametro 8 mm) opportunamente predisposti;
- posizionare la cella di pressione sull'estradosso dell'armatura del concio strumentato;
- i cavi elettrici, dotati di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto e raccolto nell'alloggio in ferro creato per la centralina.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l'avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Dopo il getto del calcestruzzo i conci iniziano il periodo di maturazione, in tale periodo verranno eseguite 2 letture una in fase iniziale l'altra alla fine.

Prima dell'installazione in galleria

Prima dell'installazione in galleria si dovrà prevedere a:

- inserimento delle centraline nell'alloggio previsto;
- settaggio della frequenza d'acquisizione;
- sigillatura dell'alloggio per le centraline, con materiale impermeabile e placca metallica per la protezione da urti.

I conci strumentati saranno montati insieme agli altri conci a costituire l'intero arco della struttura. Durante le fasi di installazione verranno effettuate delle misure, sia con centralina manuale che automatica per verificare la corrispondenza e il corretto funzionamento della strumentazione. Come lettura di zero si può considerare una qualsiasi lettura prima del montaggio in galleria.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 16 di 34

Restituzione dati

I dati vengono graficati nel diagramma “deformazioni - tempo” che permette di valutare nel tempo l'andamento delle deformazioni subite dal calcestruzzo dei concetti.

4.3.4. Fessurimetri

In corrispondenza dei concetti strumentati è prevista l'installazione di fessurimetri elettrici che hanno lo scopo di monitorare l'evoluzione dell'apertura di giunti.

Sono previsti 3 fessurimetri per ogni anello strumentato.

Ogni fessurimetro è costituito da un cilindro solidale ad un lato della fessura e contenente un trasduttore di spostamento potenziometrico, un'asta scorrevole collegata al trasduttore ed una piastra di riscontro solidale all'altro lato della fessura. In questo modo eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e dal trasduttore e convertiti in un segnale elettrico; le misure, essendo elettriche, vengono eseguite tramite una centralina di misura portatile o mediante collegamento elettrico ad un sistema automatico di acquisizione dati.

Le caratteristiche tecniche richieste sono le seguenti:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| - campo di misura | 0-25 mm |
| - sensibilità | 0.01 mm |
| - precisione | ±0.05 mm |
| - range di temperatura | -10 +40 °C |
| - materiale cilindro | acciaio inox / alluminio / pvc |
| - materiale asta di misura | acciaio inox |
| - materiale riscontro | acciaio inox |

Installazione

Le procedure da osservare, per l'installazione, sono le seguenti :

- stabilire la geometria del movimento fessurativo, effettuare l'installazione secondo la direzione del massimo spostamento;
- eseguire con il trapano due fori profondi sui due lati delle pareti della fessura da monitorare;
- infilare i due bulloni di ancoraggio nei fori e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare lo strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;
- eseguire la taratura mediante collegamento ad una centralina di misura.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p>	<p>Foglio 17 di 34</p>

Restituzione dati

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma “ampiezza della fessura - tempo” dove è possibile verificare nel tempo l’andamento delle eventuali deformazioni.

4.3.5. *Acquisitore*

L’acquisitore dovrà provvedere autonomamente ad acquisire i dati provenienti dai sensori e registrarli in memoria per poi poterli trasferire su di un PC portatile. Trova alloggiamento all’interno di un vano ricavato fra i ferri di armatura in fase di prefabbricazione su ogni concio strumentato.

4.3.6. *Installazione*

Nello stabilimento

- le barrette devono essere estratte dall’imballo e misurate con la centralina portatile;
- fissaggio delle barrette a coppie formando una croce;
- posizionare le coppie di barrette sui 4 punti di misura previsti tramite l’utilizzo di fascette metalliche o in plastica, su delle strutture di supporto, al fine di mantenere in posizione lo strumento durante le fasi di getto del calcestruzzo. Le strutture di supporto possono essere sia le armature del cemento armato, sia appositi tondini (diametro 8 mm) opportunamente predisposti;
- posizionare la cella di pressione sull’estradosso dell’armatura del concio strumentato;
- i cavi elettrici, dotati di una protezione con guaina metallica anti-urto ed anti-schiacciamento e ricoperta in PVC, deve essere fissato lungo lo sviluppo interno dei ferri in modo da essere completamente protetto e raccolto nell’alloggio in ferro creato per la centralina.
- una serie di letture deve essere eseguita immediatamente dopo l’avvenuta installazione, per verificarne il collegamento ed il corretto funzionamento.

Dopo il getto del calcestruzzo i conci iniziano il periodo di maturazione, in tale periodo verranno eseguite 2 letture una in fase iniziale l’altra alla fine.

Prima dell’installazione in galleria

- inserimento delle centraline nell’alloggio previsto;
- settaggio della frequenza d’acquisizione;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 18 di 34</p>

- sigillatura dell'alloggio per le centraline, con materiale impermeabile e placca metallica per la protezione da urti.
- Installazione dei fessurimetri
- Installazione delle mire per le letture di convergenza

I conci strumentati saranno montati insieme agli altri conci a costituire l'intero arco della struttura.

Poiché i conci strumentati si presentano identici a quelli non strumentati non sono necessarie particolari operazioni aggiuntive in fase di installazione.

4.3.7. Collaudo e lettura iniziale di riferimento

Durante le fasi di installazione verranno effettuate delle misure, sia con centralina manuale che automatica per verificare la corrispondenza e il corretto funzionamento della strumentazione. Come lettura di zero si può considerare una qualsiasi lettura prima del montaggio in galleria.

4.3.8. Documentazione

- informazioni generali; data di posa in opera;
- codice e matricola di ogni strumento installato;
- certificato di taratura e calibrazione di ogni sensore installato;
- ubicazione e schema geometrico d'installazione;
- lettura di zero; tabelle con letture.

I dati vengono graficati nel diagramma "deformazioni - tempo" che permette di valutare nel tempo l'andamento delle deformazioni subite dal calcestruzzo dei conci.

Frequenza dei rilevamenti

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento è il seguente:

- 5 misure alla settimana nelle prime due settimane dalla messa in opera dei conci;
- 1 lettura alla settimana fino ad un mese dalla messa in opera dei conci;
- 1 lettura al mese fino alla stabilizzazione dei lavori.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 19 di 34

4.4. Controllo del regime idrogeologico

4.4.1. Misure piezometriche al contorno del cavo

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle pressioni neutre al contorno del cavo mediante un'apparecchiatura (piezometro) posta all'interno di un foro di sondaggio eseguito dall'interno della galleria o da piano campagna.

Piezometri da piano campagna

Si prevede l'installazione di n° 3 piezometri da piano campagna, di cui 1 previsto nella nicchia tecnologica tipo α (vedi par.4.8), alle pk indicate nel profilo geomeccanico, con l'obiettivo di rilevare l'entità del carico idraulico nel tratto di scavo caratterizzato da basse coperture(contesto di pianura).

Piezometri radiali da galleria

Si prevedono n°2 sezioni di monitoraggio dei carichi idraulici munite di piezometri radiali, installati in corrispondenza delle nicchie tecnologiche tipo β (vedi par.4.8). Su ogni sezione i piezometri verranno installati sul piano dei centri e avranno lunghezza maggiore o uguale a 10m.

Installazione

La messa in opera dei piezometri richiede l'esecuzione di un foro di sondaggio, all'interno del quale vengono posizionati i suddetti piezometri. Il foro deve essere opportunamente sigillato alla base onde evitare fuoriuscite d'acqua.

E' richiesta l'installazione di uno dei seguenti tipi di piezometri:

- a) piezometro tipo Casagrande: costituito da una cella permeabile collegata ad una coppia di tubi aperti, normalmente di diametro di 20 mm. I due tubi, utilizzati per la disareazione dello strumento, sono sigillati alla quota della cella, rispettivamente da un trasduttore di pressione e da un tappo con tenuta, in modo da realizzare un piezometro "chiuso". La misurazione viene effettuata determinando il livello d'acqua nei due tubi.(campo di misura 0÷50bar, precisione $\leq 0.3\%F.S$)
- b) piezometro pneumatico: costituito da un diaframma flessibile che controlla una valvola pneumatica, la quale indica quando la pressione del gas immesso dall'operatore nel sistema pneumatico eguaglia la pressione neutra della cavità.
- c) piezometri a corda vibrante: sono piezometri a diaframma, in cui l'inflessione dell'elemento sensibile sotto l'azione della pressione dell'acqua viene rilevata con sensori a corda vibrante; il segnale, modulato in frequenza, è poco sensibile all'influenza dei fattori esterni e alla lunghezza o alle caratteristiche delle linee di trasmissione. (campo di misura: 0 ÷ 50 bar; precisione : $\leq 0.3\% F.S.$).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5100ECVRGGN0000003A01 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 20 di 34</td> </tr> </table>	Foglio 20 di 34
Foglio 20 di 34		

d) piezometro elettrico: in questo altro tipo di trasduttore di pressione neutra, il carico esercitato dall'acqua, che in una camera interna dello strumento, va a sollecitare un diaframma in ceramica su cui sono fotoincisi degli estensimetri; la deformazione del diaframma è misurata in termini di variazione di resistenza di un ponte Wheatstone e quindi trasformata in segnale elettrico corrente, facilmente misurabile anche a lunga distanza. (campo di misura: 0 ÷ 20 bar; precisione : ≤ 0.2% F.S.).

Il sistema di acquisizione si compone di un manometro e di un'unità di lettura elettronica dedicata in grado di alimentare i trasduttori e di visualizzare su display alfanumerico il segnale di ritorno.

Restituzione dati

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si richiedono i diagrammi ed i tabulati relativi alle variazioni della pressione neutra in funzione del tempo.

Frequenza rilevamenti

A seguito dell'installazione e delle successive manovre di spurgo si procede alla lettura di riferimento.

Le successive letture sono così cadenzate:

- 1 lettura la settimana per il primo mese;
- 1 lettura ogni 15 giorni per i seguenti 3 mesi;
- 1 lettura al mese fino al termine dei lavori.

L'impiego del piezometro tipo cella di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità medio-bassa ($k > 10^{-8}$ m/sec).

4.4.2. Misuratore di portata

Per la misura delle portate d'acqua in galleria, verrà adoperato 1 misuratore di portata disposto su ogni anello strumentato, montato sui tubi $\phi 300$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 21 di 34

4.5. Controllo delle deformazioni sul contorno di scavo

Il controllo delle deformazioni dovute all'esecuzione della galleria viene eseguito mediante l'utilizzo di estensimetri multibase. Questo strumento consente di rilevare lungo lo stesso asse spostamenti a profondità diverse rispetto alla bocca foro, e viene impiegato per la misura del bulbo di deformazione in galleria, se eseguito radialmente, o per il calcolo dei cedimenti dovuti allo scavo della galleria se installati a piano campagna.

Per i dettagli sull'ubicazione si rimanda al profilo geomeccanico e di monitoraggio.

4.5.1. Estensimetri multibase da piano campagna

Si prevedono sezioni strumentate eseguite da piano campagna in corrispondenza delle basse coperture e dove si sono evidenziate criticità sulle pre esistenze.

Per l'opera in esame si prescrive l'installazione di n° 12 estensimetri multibase da piano campagna, di cui 6 appartenenti alle nicchie tecnologiche tipo α (vedi par.4.8)

4.5.2. Estensimetri multibase radiali

E' prevista l'installazione di n°12 estensimetri multibase radiali, installati in corrispondenza delle nicchie tecnologiche tipo β (vedi par. 4.8)

Installazione

L'estensimetro multibase da foro è costituito da una o più aste di misura in vetroresina alla cui estremità è posizionato il punto di misura costituito da una barra in acciaio ad aderenza migliorata, ancorata in profondità all'interno di perforazioni e libera di scorrere all'interno di una guaina in nylon rilsan.

Le aste trasmettono rigidamente il movimento degli ancoraggi profondi rispetto alla testa. Tali spostamenti relativi sono misurabili utilizzando un semplice calibro oppure possono essere acquisiti utilizzando trasduttori elettrici di spostamento lineare remotizzabili.

In generale, la misura viene eseguita direttamente sulla testa di misura o tramite un comparatore centesimale rimovibile, o tramite dei trasduttori elettrici di spostamento installati uno per ogni asta di misura. In questo caso la misura viene eseguita con una centralina portatile.

Le misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti di punti (basi) in direzione longitudinale rispetto al foro in cui sono collocati. Gli strumenti da installare sono costituiti da 3 basi.

Si riporta un particolare dell'estensimetro ed un particolare della testa.



Figura 4-1 - Particolare dell'estensimetro e della testa

Le caratteristiche tecniche risultano essere le seguenti:

CARATTERISTICHE TECNICHE ASTA DI COLLEGAMENTO

- ✓ Materiale: vetroresina
- ✓ Coefficiente di dilatazione termico:
5,0 x 10⁻⁶/C°
- ✓ Diametro: 7 mm
- ✓ Guaina protettiva: rilsan
- ✓ Peso: 0,2 Kg/m

CARATTERISTICHE TECNICHE ANCORAGGIO PROFONDO

- ✓ Diametro ancoraggio: 16 mm
- ✓ Lunghezza: 400 mm
- ✓ Materiale: acciaio

Si prevede l'impiego di centraline di misura contenute in un involucro realizzato in robusto materiale con adeguato grado di protezione con l'obiettivo finale di:

- alimentare i sensori della sonda;
- amplificare i segnali rilevati
- registrare e visualizzare i valori di lettura.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p>	<p>Foglio 23 di 34</p>

Frequenze di lettura e restituzione finale dati

La frequenza delle letture rispetterà le seguenti cadenze:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino +-10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino +-30 m.
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione avvenuta.

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;

Frequenza di lettura e restituzione finale dei dati

La frequenza delle letture rispetterà le seguenti cadenze:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino +-10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino +-30 m.
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione avvenuta.

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 24 di 34</p>

4.6. Cedimenti a piano campagna

Al fine di raccogliere informazioni sulle deformazioni determinatesi nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie in sotterraneo occorre misurare lo spostamento di punti ubicati a piano campagna, in corrispondenza dei quali vengono disposte mire topografiche.

Si predispongono le seguenti stazioni di misura:

- Reticolo topografico di superficie, costituito da capisaldi per livellazioni topografiche di precisione, ubicati principalmente alla base di edifici interferenti con i lavori, in corrispondenza della sede stradale ed in testa agli strumenti profondi;
- Stazione C (SC), costituita da 5 capisaldi di misura dei cedimenti mediante strumento topografico di precisione, disposti trasversalmente al tracciato della galleria, ad una distanza reciproca di 5.0-7.0 m in funzione degli spazi disponibili in superficie. La fascia monitorata dalla stazione risulta pertanto di ampiezza compresa tra i 20 m e 30 m; in particolari situazioni sono previste 7 mire per controllare un più esteso bacino di subsidenza (pk 32+912.59 e 35+963.39) .

Si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio dei cedimenti superficiali mediante n° 15 sezioni di controllo trasversale all'asse della galleria, ubicate tra la pk 32.249.92 e la pk 36+053.85.

Per l'ubicazione degli strumenti si veda l'elaborato relativo alle interferenze di superficie.

Si prevede l'installazione in superficie di capisaldi topografici a terra per controllare la subsidenza del piano campagna. Il rilievo consiste nel controllo della subsidenza del piano campagna tramite letture eseguite con livello elettronico, comparando le quote registrate con quelle relative alla lettura di zero.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con testa emisferica per la battuta topografica, si distinguono nel tipo CSA e CSB.

Per il tipo CSA la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro ad aderenza migliorata di idonea lunghezza ($L \geq 120\text{cm}$). Successivamente verrà inserita all'interno di un foro nel terreno di pari lunghezza e cementata con malta in modo da renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa.

Per il tipo CSB la borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura su apposita barra in ferro, che verrà immersa all'interno del getto di un pilastro realizzato in cls. di idonea lunghezza 80cm e diametro 10cm.

L'utilizzo del primo tipo CSA, con pozzetto carrabile è indicato per situazioni in cui risulta necessario garantire la protezione dello strumento e la circolazione di veicoli nelle sue immediate vicinanze.

Il secondo tipo CSB, invece si addice a situazioni in cui non è previsto il transito veicolare.

Per ogni caposaldo deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 25 di 34

inoltre dovrà riportare le coordinate spaziali, correlati con la rete geodetica nazionale dell'I.G.M. e con quella utilizzata per la redazione della cartografia.

I dati vengono graficati nel diagramma “spostamenti verticali - tempo” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni per la ricostruzione del bacino di subsidenza legato alle lavorazioni.

Dovranno essere eseguite n° 2 letture al giorno degli strumenti sino alla stabilizzazione delle misure.

In caso di rilevamenti anomali le misure potranno essere incrementate in accordo con le richieste del progettista.

4.7. Monitoraggio degli edifici

Al fine di raccogliere informazioni su eventuali deformazioni o assestamenti di edifici prossimi ai lavori di scavo occorre controllare:

- lo spostamento di punti solidali agli edifici, sia di tipo “verticale” (in questo caso appare particolarmente significativo il cedimento differenziale tra punti dello stesso edificio), che “rotazionale” dovute ad eventuali inclinazioni delle facciate degli edifici a seguito di un cedimento fondazionale;
- l'evoluzione di lesioni preesistenti ai lavori di scavo o di eventuali nuove lesioni, soprattutto in termini di ampiezza di lesione;
- lo stato generale di consistenza e di degrado correlabile alle lavorazioni delle opere in costruzione.

In aggiunta alla rete topografica di superficie, laddove si renda necessario (edifici sensibili con classe di danno >1), si predisporranno le seguenti stazioni di misura integrative:

- Stazioni CL, costituite da clinometri di parete, per la misura della rotazione degli edifici, con trasduttore di temperatura e sensore potenziometrico o servoinclinometrico;
- Stazioni F, costituite da fessurimetri per la verifica dell'ampiezza di fessure e della sua evoluzione temporale, mediante base in lega metallica e lettura con deformometro elettrico millesimale di tipo digitale, risoluzione +/- 0.001 mm;
- Stazioni LIV, costituite da catene livellometriche idrauliche, con acquisizione automatica dei dati, della temperatura e dispositivo di allarme, con risoluzione 0.01 mm.

4.7.1. Clinometri da parete

Lo strumento permette di valutare i movimenti della struttura (fabbricato, muro ecc..) su cui è posizionato, consentendo di individuare l'entità e la direzione degli eventuali spostamenti utilizzando un sensore potenziometrico biassiale per misurare le minime variazioni di pendenza delle strutture su cui viene posto in opera.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 26 di 34</p>

Ogni sensore è dotato di particolarità costruttive, caratteristiche tecniche e robustezza tali da poter essere applicato agevolmente nel campo civile e nelle situazioni più gravose ed avverse.

Lo strumento è costituito da un corpo in acciaio inossidabile contenente un sensore potenziometrico mono o biassiale di precisione e da una piastra di fissaggio a parete completa di supporto (eventualmente snodato) con relative bolle livellometriche per il posizionamento. Permette la registrazione della variazione angolare dell'asse di misura dei sensori rispetto la verticale gravitazionale.

Il dato da misurare è la variazione di angolo dello strumento e quindi della struttura a cui esso è collegato e le sue variazioni nel tempo. Il segnale elettrico letto sulla centralina, uno per ogni canale corrispondente ad un piano verticale, viene trasformato in unità ingegneristiche (in gradi) moltiplicandolo per una costante ricavabile direttamente dalla scheda tecnica di ogni strumento.

La lettura dei dati avviene o direttamente tramite apposita centralina manuale o rilevati a distanza in automatico. L'acquisizione continua dei dati permette, al superamento dei limiti di soglia preimpostati, di attivare segnali di allarme.

Le caratteristiche tecniche richieste sono elencate di seguito:

- | | |
|------------------------|--|
| • tipo di misura | variazioni angolari su strutture esterne |
| • tipo di sensore | potenziometrico biassiale |
| • campi di misura | $\pm 10^\circ$ |
| • sensibilità | 0.05% f.s. |
| • precisione | < 0.5% f.s. |
| • campo di temperatura | 0°C +50°C |

Installazione

Lo strumento inclinometrico montato su una apposita piastra viene fissato ad una parete del fabbricato. Uno o più strumenti, installati sullo stesso fabbricato, misurano quindi tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che lo stesso fabbricato potrebbe subire.

Le procedure da osservare sono le seguenti:

- eseguire con il trapano il numero di fori necessari per l'installazione della piastra sulla parete della struttura da tenere sotto osservazione;
- infilare i bulloni di ancoraggio nei fori predisposti e cementarli con resine o cemento a presa rapida; aspettare quindi che il cemento faccia presa;
- infilare la piastra dello strumento di misura negli ancoraggi e stringere fino a fondo corsa le viti corrispondenti;
- installare lo strumento alla piastra e mettere in bolla; eseguirne la taratura mediante collegamento dei cavi elettrici ad una centralina di misura.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5100ECVRGGN0000003A01 Foglio 27 di 34

Restituzione dati

I dati acquisiti vengono graficati nel diagramma “variazione angolare - tempo” dove è possibile verificare nel tempo l’andamento delle eventuali variazioni di inclinazione.

4.7.2. Frequenza delle letture

La frequenza di lettura della strumentazione è funzione della posizione dello strumento rispetto alle lavorazioni in corso di svolgimento (in galleria ed in superficie) ed in particolare, nel caso di scavo in sotterraneo, rispetto al fronte di scavo.

Si sono definite, in relazione al fronte di scavo, le seguenti zone caratterizzate da comportamenti deformativi dell’ammasso al contorno del cavo omogenei:

- 1) Distanza dal fronte superiore a 30 m: zona non direttamente influenzata dagli scavi; in questa zona i movimenti monitorati sono legati a variazioni di tipo ambientali (“Background monitoring”);
- 2) Distanza compresa tra 15 e 30 m, a monte del fronte di scavo: zona in cui si osservano i primi risentimenti deformativi connessi allo scavo;
- 3) Distanza compresa tra il fronte e 15 m a monte di esso: zona di influenza dei fenomeni estrusivi del nucleo di scavo e di pre-convergenza al fronte;
- 4) Distanza compresa tra -10.0 m circa ed il fronte: zona coperta dallo scudo della macchina;
- 5) Distanza compresa tra -10.0 m e -30.0 m: zona interessata dal montaggio degli anelli, dall’esecuzione dell’iniezione di intasamento a tergo dell’anello in conci prefabbricati e da possibili assestamenti dovuti a eventuali vuoti nel terreno al contorno del profilo di scavo o variazioni dello stato tensionale e delle pressioni neutre nel terreno;
- 6) Distanza superiore a -30 m dove è presumibile la stabilizzazione dei fenomeni deformativi (da verificarsi mediante la lettura della strumentazione).

In considerazione del tipo di strumentazione nella tabella seguente si riporta la frequenza di lettura, impiegando la seguente simbologia: /g = al giorno, /2g = ogni 2 giorni, /s = alla settimana, /m = al mese, /2m = ogni 2 mesi (con “d” posizione dello strumento rispetto al fronte di scavo).

Strumenti Zone	Monitoraggio superficiale	Monitoraggio degli edifici
0. Consolidamenti	2/g (*)	2/g (*)
1. $d > 30m$ (backgr.)	1/s	1/s
2. $15m < d < 30m$	1/g	1/g
3. $0 < d < 15m$	2/g (*)	2/g (*)
4. $-10m < d < 0$	1/g	1/g
5. $-30m < d < -10m$	1/2g	1/2g
6. $d < -30m$	1/s → 1/2m	1/s → 1/2m

(*) 4/g nel caso si evidenzino deformazioni superiori ai limiti di Capitolato

Tutti gli strumenti dovranno inoltre avere una lettura di zero non appena installati. Per le catene livellometriche, che hanno la possibilità di essere lette in automatico, si prevede di impostare 1 lettura ogni 2 ore nelle zone 2, 3 e 4.

4.8. Stazioni di misura definitiva (nicchie tecnologiche U.A.D.)

In accordo con il PD, sono previste stazioni di misura a carattere definitivo al fine di valutare le caratteristiche d'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo nella fase di esercizio ferroviario. Le stazioni di misura possono essere di tre tipi (tipo α , β , γ), le strumentazioni di registrazione dati sono allocate in apposite nicchie (*nicchie tecnologiche U.A.D.*).

In particolare, nel caso in esame sono presenti 6 nicchie, 3 nel binario dispari e 3 in quello pari, alle seguenti pk:

- 30+150.00 tipo β
- 32+030.00 tipo β
- 35.570.00 tipo α

Stazione tipo α

1. Realizzati da piano campagna, 2 estensoinclinometri tipo TRIVEC posti a circa 3 m di distanza dall'estradosso piedritto + 1 estensimetro multibase o incrementale posto in opera in asse galleria, fino a circa 1 m sopra l'estradosso galleria;
2. n°2 piezometri tipo Casagrande, installati in un foro da sondaggio da p.c., posti rispettivamente all'altezza dell'arco rovescio e dall'altezza della calotta;
3. n°3 celle di pressione e 12 coppie di barrette e stensimetriche del tipo a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo;
4. n°12 mire per la misura della convergenza sul ri vestimento definitivo;
5. 1 misuratore di portata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 29 di 34

Frequenza dei rilevamenti

La lettura di zero per gli strumenti di cui ai punti 1-2 va effettuata il prima possibile e comunque prima di prevedere l'avanzamento del fronte o il superamento della sezione strumentata.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- Misure con estensoinclinometri ed estensimetri multibase
 - 1 lettura ogni 2gg. col fronte distante meno di $\pm 20m$
 - 1 lettura alla settimana col fronte distante a più di $\pm 20m$ fino alla realizzazione del rivestimenti definitivo
 - 1 lettura al mese fino alla completa stabilizzazione dei fenomeni deformativi.

- Misure con piezometri tipo Casagrande
 - 1 lettura a settimana fino ad 1 mese dalla posa del rivestimento definitivo
 - 1 lettura ogni 15 giorni per i seguenti 2 mesi
 - 1 lettura al mese fino al termine dei lavori

Per gli strumenti di cui al punto 3 e 4 l'intensità indicativa delle letture è la seguente:

- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento definitivo:
 - 1 misura alla settimana per il primo mese;
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori.

- Barrette estensimetriche all'interno del rivestimento definitivo:
 - 1 misura al fine al termine dei lavori.

Per gli strumenti riportati al punto 5 la frequenza dei rilevamenti sarà invece definita in corso d'opera, in funzione di quanto riscontrato direttamente in fase di scavo.

Tali frequenze sono indicative e potranno essere adattate a quanto riscontrato il corso d'opera e durante l'acquisizione dei primi dati.

Stazione tipo β

1. n°3 estensimetri multibase o estensimetri incrementali posti in opera radialmente in zona di calotta e ai reni della cavità, immediatamente dopo il passaggio del fronte sulla sezione prescelta. Ciascun estensimetro multibase deve avere almeno 4 basi di misura poste come indicato nelle figure citate
2. n°2 piezometri tipo Casagrande, posti in direzione radiale, sub-orizzantali sui fianchi della cavità

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 30 di 34

3. n°3 celle di pressione e 12 coppie di barrette e stensimetriche del tipo a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo;
4. n°12 mire per la misura della convergenza sul rivestimento definitivo;
5. 1 misuratore di portata.

Frequenza dei rilevamenti

La lettura di zero per gli strumenti di cui ai punti 1-2 va effettuata il prima possibile e comunque prima di prevedere l'avanzamento del fronte o il superamento della sezione strumentata.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- Misure con estensimetri multibase ed estensimetri incrementali
 - 1 lettura ogni 2gg. col fronte distante meno di ± 20 m
 - 1 lettura alla settimana col fronte distante a più di 20 m fino a 45 m
 - letture di controllo a cadenza mensile fino al termine dei lavori
- Misure con piezometri tipo Casagrande
 - 1 lettura a settimana fino ad 1 mese dalla posa del rivestimento definitivo
 - 1 lettura ogni 15 giorni per i seguenti 2 mesi
 - 1 lettura al mese fino al termine dei lavori

Per gli strumenti di cui al punto 3 e 4 la frequenza indicativa delle letture è la seguente:

- Celle di pressione o barrette estensimetriche annegate nel rivestimento definitivo:
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori.
- Punti per la misura delle convergenze posti sul rivestimento definitivo si prevedono:
 - 1 misura alla settimana per il primo mese
 - 1 misura al mese fino al termine dei lavori
 -

Per gli strumenti riportati al punto 5 la frequenza indicativa delle letture è la seguente:

- 1 lettura la settimana fino alla posa del rivestimento definitivo
- 1 lettura al mese sino al termine dei lavori

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5100ECVRGGN0000003A01	Foglio 31 di 34

Tali frequenze sono indicative e potranno essere adattate a quanto riscontrato il corso d'opera e durante l'acquisizione dei primi dati.

5. SOGLIE DI ALLARME E DI ATTENZIONE

Nel seguito verranno indicate le soglie di attenzione e all'allarme per le strumentazioni installate.

5.1. Monitoraggio in galleria e superficiale

Anello strumentato

L'analisi dei dati ottenuti attraverso le strumentazioni precedentemente descritte installate negli anelli strumentati consentiranno in ultimo di ricostruire lo stato tensionale all'interno dei conci ed il comportamento dei giunti.

Fenomeno monitorato	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Stato tensionale conci	11 Mpa	15 Mpa
Apertura massima giunti	5mm	8mm

Il monitoraggio effettuato in continuo permetterà inoltre di cogliere l'evoluzione nel tempo dei fenomeni tenso-deformativi all'interno dell'anello e di rilevare eventuali importanti variazioni incrementali.

Monitoraggio di superficie

Il monitoraggio superficiale è stato predisposto nel tratto di scavo in cui sono presenti interferenze (vedi §3.1). Verranno rilevati gli effettivi volumi persi e tarare in ultimo i parametri macchina (pressione/velocità di scavo/condizionamento,ecc) al fine di raggiungere un volume perso inferiore alla soglia di attenzione sotto riportata.

Fenomeno monitorato	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
Volume perso	1.0%	2.0%

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 33 di 34</p>

6. CAMPO PROVA INIZIALE

Nella zona di partenza della macchina è previsto un monitoraggio di dettaglio che successivamente permetta di tarare al meglio i parametri operativi della macchina ed eventualmente determinare gli interessi delle varie sezioni di misurazione lungo la linea.

Si prevede in particolare l'installazione di una rete di capisaldi topografici su p.c., disposti secondo stendimenti aventi interasse longitudinale di circa 25.0 m, per una lunghezza totale della zona monitorata di 80 m circa; i capisaldi saranno posizionati trasversalmente al tracciato della galleria, ad una distanza reciproca di 15-17 m in funzione degli spazi disponibili in superficie.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5100ECVRGGN0000003A01</p> <p style="text-align: right;">Foglio 34 di 34</p>

7. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato descritto il programma di monitoraggio previsto per lo scavo meccanizzato della galleria di Valico, in particolare per le seguenti WBS:

- Binario pari: GN1BA, GN1BC;
- Binario dispari: GN1CA, GN1CB.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in tre fasi finalizzate al monitoraggio del fronte di scavo, dei priverstimenti e dei rivestimenti definitivi. Al fine di ottenere una corretta procedura di monitoraggio si è descritta la strumentazione da adottare e si sono definiti per ciascuna fase i criteri di rilevamento, acquisizione e restituzione dei dati ottenuti.