

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 ARTIFICIALE POZZOLO DAL KM 40+794,00 AL KM 42+778,80 Piano di monitoraggio

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. P.P. Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G A 1 M 0 X	0 0 4	A

Progettazione:								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	D. Fanti 	24/07/2013	S. Fuoco 	26/07/2013	A. Palomba 	31/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Marcheselli Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.: \_\_\_\_\_ File: IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00.DOCX

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



**IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00**  
Piano di monitoraggio

Foglio  
2 di 19

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p align="center"><b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio</p> <p align="right">Foglio 3 di 19</p>

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	6
2.	DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO.....	6
2.1.	Controllo del comportamento deformativo.....	7
2.2.	Controllo del comportamento tensionale .....	7
2.1.	Controllo delle condizioni piezometriche .....	7
3.	SINTESI DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO.....	8
4.	TIPOLOGIA DI STRUMENTAZIONE .....	11
4.1.	Monitoraggio spostamenti. Misure topografiche.....	11
4.1.1.	Modalità d'installazione.....	11
4.1.2.	Sistema di acquisizione dati .....	11
4.1.3.	Frequenza dei rilevamenti .....	12
4.2.	Monitoraggio deformativo. Tubo inclinometrico.....	12
4.2.1.	Modalità d'installazione.....	12
4.2.2.	Sistema di lettura .....	13
4.2.3.	Frequenza dei rilevamenti .....	14
4.3.	Monitoraggio piezometrico. Tubo piezometrico.....	14
4.3.1.	Modalità d'installazione.....	15
4.3.2.	Sistema di lettura .....	16
4.3.3.	Frequenza dei rilevamenti .....	16
4.4.	Monitoraggio tenso-deformativo del rivestimento definitivo (strain-gauge).....	16
4.4.1.	Modalità di installazione.....	17
4.4.2.	Frequenza dei rilevamenti .....	17
4.4.3.	Restituzione dati .....	18
4.4.4.	Specifiche tecniche.....	18
5.	DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA DELLE GRANDEZZE MONITORATE.....	18

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p><b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio</p>	<p>Foglio 4 di 19</p>

## INDICE FIGURE

Figura 1. Zona scavo fra diaframmi. Strumentazione fase di scavo .....	8
Figura 2. Zona scavo fra diaframmi. Strumentazione opere definitive .....	9
Figura 3. Zona scavo con metodo cut & cover. Strumentazione fase di scavo .....	10
Figura 4. Zona scavo con metodo cut & cover. Strumentazione opere definitive .....	10

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p><b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio</p>	<p>Foglio 5 di 19</p>

## INDICE TABELLE

Tabella 4-2. Caratteristiche tecniche strain meters per cls.....	18
Tabella 4-2. Definizione delle soglie per le opere di sostegno. Paratia in diaframmi .....	18

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio

Foglio  
6 di 19

## 1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la realizzazione delle opere identificate dal codice WBS GA1M ricadente lungo tracciato tra la pk 40+794.00 e la pk 42+778.80. L'intervento si inserisce nel quadro delle opere di linea previste dal Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi.

All'interno delle opere afferenti al nuovo collegamento ferroviario Milano-Genova, la WBS denominata GA1M vede l'opera ferroviaria interrata rispetto al livello del terreno esistente (galleria artificiale Pozzolo). Nell'area in esame, quindi, l'impatto ambientale nella fase finale risulterà minimo, in quanto verranno ripristinate le condizioni originarie presenti precedentemente l'esecuzione dei lavori.

La tratta si divide in due zone principali:

- tratta in cui la struttura sotterranea è realizzata attraverso un metodo cut & cover;
- tratta in cui la struttura sotterranea è realizzata attraverso uno schema tipo "metodo Milano", con scavo fra paratie al di sotto del solettone di copertura;

Le progressive di riferimento (rif. Binario pari) risultano le seguenti:

- inizio WBS lato Genova: pk 40+794.00
- passaggio fra zona cut & cover e zona con diaframmi: pk 42+400.80
- termine WBS lato Milano: pk 42+778.80

La lunghezza del tratto con scavo in cut & cover risulta pari a 1606.8m, mentre la lunghezza dello scavo fra diaframmi risulta pari a 378.00m.

La sezione interna ha una dimensione pari a 11.0m in larghezza per 8.80m in altezza.

Il proseguo del documento illustrerà il piano di monitoraggio e controllo previsto per le opere in progetto nelle sue fasi di realizzazione e di lungo termine, riportando le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

## 2. DEFINIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO

Il programma di monitoraggio è stato predisposto al fine di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento e di sforzo delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

L'opera si inserisce in un contesto particolare, la cui complessità deriva principalmente dalla presenza di scavi profondi in presenza di falda. Dunque tale aspetto risulta particolarmente importante.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00 Piano di monitoraggio

Foglio  
7 di 19

## 2.1. Controllo del comportamento deformativo

Il programma di monitoraggio prevede il controllo deformativo delle opere di sostegno (diaframmi) previste che svolgono la funzione di contrasto provvisoria e definitiva.

Nella zona di scavo fra diaframmi quindi si dovranno predisporre riferimenti topografici, costituiti da chiodi in acciaio oppure supporti tassellati per mire removibili, sulla trave di testata in calcestruzzo armato (paratia in pali frontale) o immediatamente al di sotto della zona del solettone superiore (paratie in pali definite) e in posizione intermedia lungo l'altezza dello scavo.

In aggiunta è prevista la messa in opera di tubi inclinometrici posizionati all'interno dei pali verticali, in grado di confermare i risultati delle misure topografiche e fornire l'andamento della deformazione della paratia con la profondità in continuo, in modo da confrontare il risultato con le ipotesi progettuali derivanti dai calcoli.

Nella zona di scavo mediante sistema cut & cover verranno previsti controlli di spostamento attraverso inclinometri post lateralmente allo scavo.

I controlli di spostamento, dove presenti edifici, saranno localizzati in corrispondenza di questi.

## 2.2. Controllo del comportamento tensionale

Il comportamento tensionale degli elementi strutturali viene controllato attraverso l'utilizzo di barrette estensimetriche (strain gauge) posizionati in corrispondenza delle armature metalliche.

I punti di misura previsti risultano:

- paratie in diaframmi: nella porzione superiore del palo, in mezzera della profondità di scavo ed in corrispondenza del solettone di fondo;
- orizzontamenti: in mezzera del solettone superiore;
- struttura interna: sono oggetto di controllo le zone di base e superiore delle elevazioni e la zona di mezzera.

Per la zona dello scavo con metodo cut & cover, la struttura definitiva sarà monitorata mediante il medesimo schema citato in precedenza per le strutture interne ed il solettone di copertura.

Le barrette vengono posizionate in estradosso ed intradosso dell'elemento, in maniera da poter ricostruire lo stato tensionale (ipotizzato piano) della sezione strutturale e ricavare le tensioni sugli elementi strutturali.

## 2.1. Controllo delle condizioni piezometriche

Il controllo del livello della falda viene controllato attraverso la realizzazione di appositi piezometri a tubo aperto.

Tali elementi saranno posizionati all'esterno delle aree scavate con sistema cut & cover ed all'esterno dell'impronta dello scavo fra diaframmi.

### 3. SINTESI DELLA STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO

Risulta prevista la posa in opera della seguente strumentazione di monitoraggio:

- scavo fra paratie in diaframmi: l'opera ha la funzione di contenere la spinta delle terre permettendo di minimizzare l'impiego di superficie.

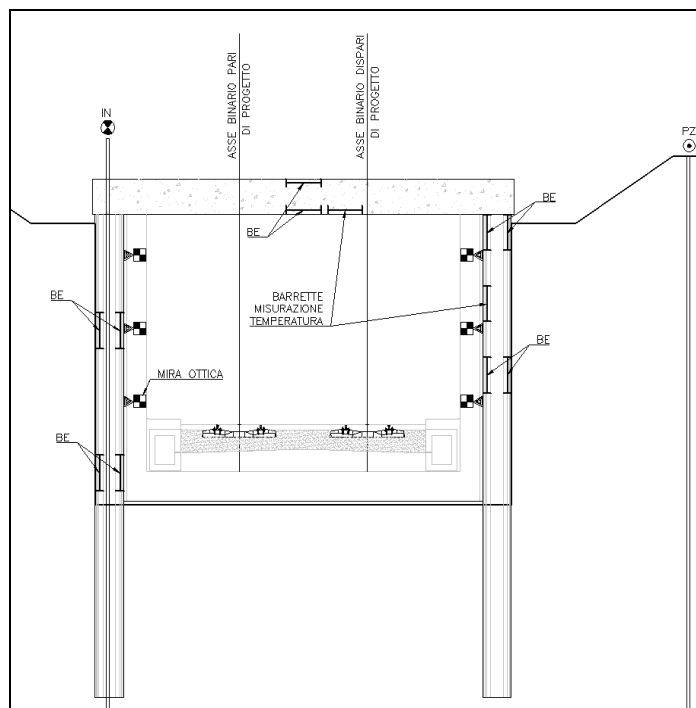
In tale zona viene previsto il controllo degli spostamenti e della deformazione della struttura nella fase di scavo attraverso:

- o n.1 tubo inclinometrico L= 20m;
- o n. 1 mira topografica (anche mobile) in corrispondenza della testa dell'inclinometro;
- o n.3+3 mire topografiche all'interno dello scavo;
- o n. 1 piezometro nell'area esterna allo scavo L=35m.

Durante la fase di scavo risulta anche messo in opera il controllo dello stato tensionale sul solettone mediante n. 2 strain gauge + una barretta per la misura della temperatura.

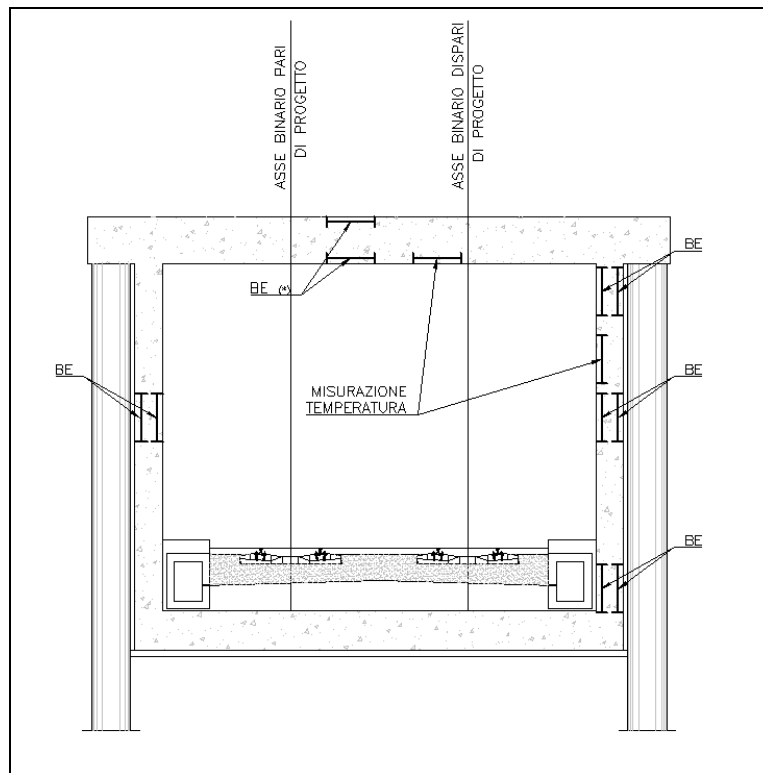
La struttura definitiva sarà oggetto di controllo tensionale mediante:

- o n. 2 strain gauge per il controllo delle deformazioni e tensioni sulle armature della soletta di copertura e n.1 barretta di controllo temperatura (messa in opera descritta in precedenza durante la fase di scavo);
- o n. 4+4 strain gauge per il controllo delle deformazioni e tensioni sulle armature delle elevazioni interne e n.1 barretta di controllo temperatura.



**Figura 1. Zona scavo fra diaframmi. Strumentazione fase di scavo**





**Figura 2. Zona scavo fra diaframmi. Strumentazione opere definitive**

- scavo con metodo cut & cover: nell'area vengono realizzati ampi sbancamenti, Risulta necessario provvedere al controllo degli eventuali spostamenti indotti e delle condizioni di sforzo nella struttura definitiva.

In tale zona viene previsto il controllo degli spostamenti, della deformazione del terreno e della condizione idraulica attraverso:

- o n.1 tubo inclinometrico L= 20m con annessa mira ottica (anche rimovibile);
- o n.1 tubo piezometrico L=35m;

Il controllo dello stato di tensione della struttura interna viene realizzato attraverso:

- o n. 4+4 strain gauge per il controllo delle deformazioni e tensioni sulle elevazioni e n.1 barretta di controllo temperatura;
- o n. 2 strain gauge per il controllo delle deformazioni e tensioni sulla soletta di copertura (mezzera dell'elemento) e n.1 barretta di controllo temperatura.

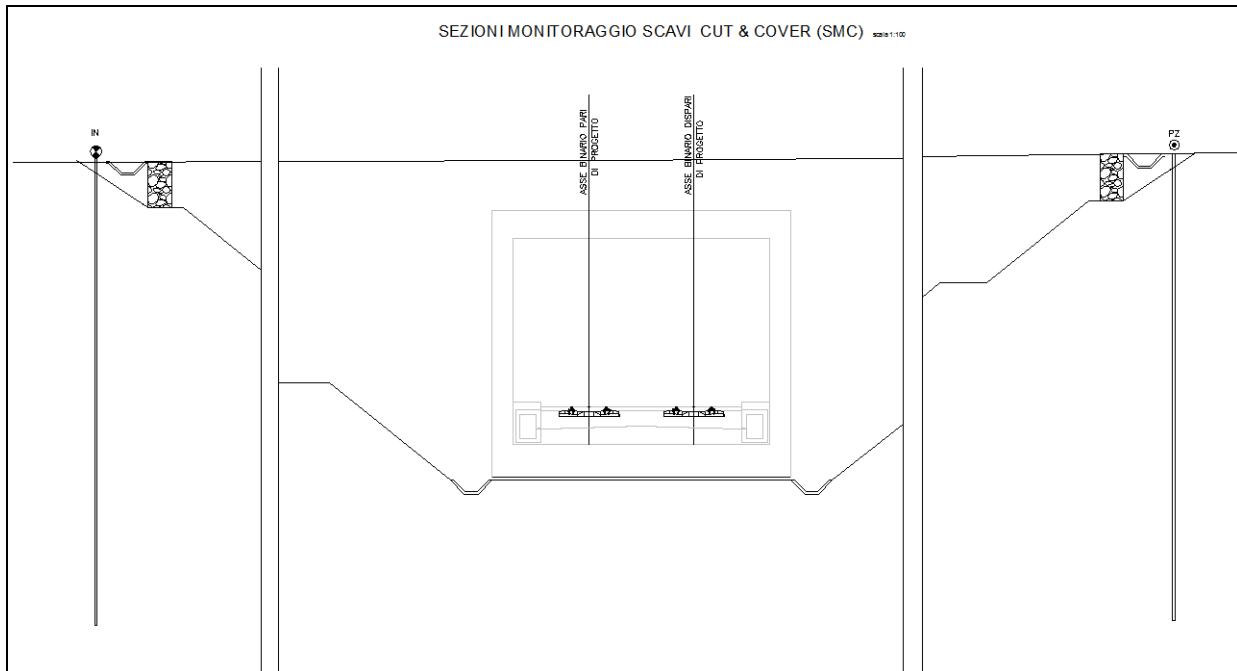


Figura 3. Zona scavo con metodo cut & cover. Strumentazione fase di scavo

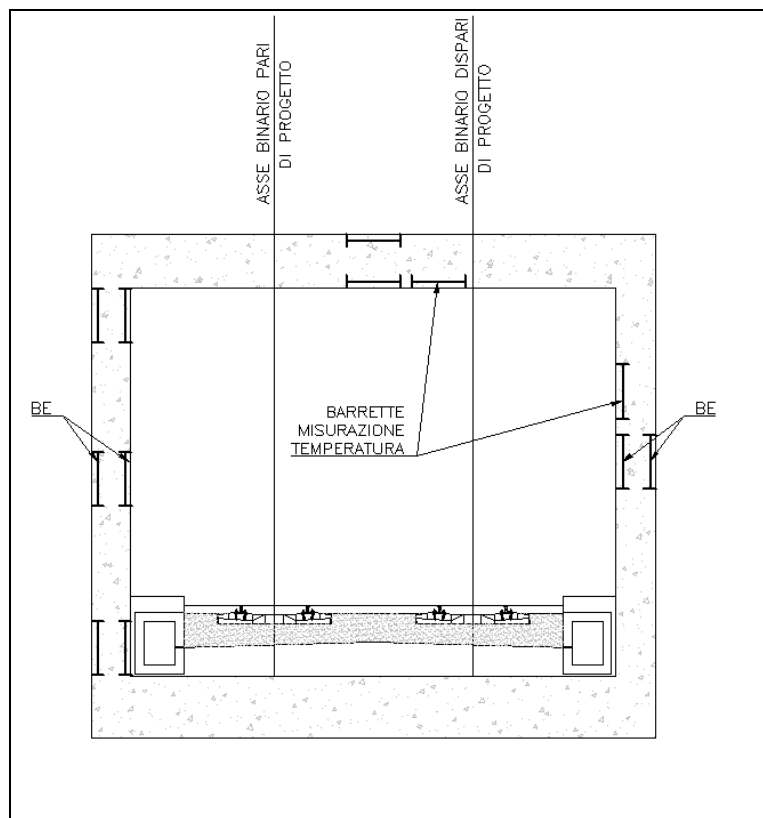


Figura 4. Zona scavo con metodo cut & cover. Strumentazione opere definitive

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00 Piano di monitoraggio
	Foglio 11 di 19

Il monitoraggio risulta inoltre concentrato nelle zone dove risultano presenti i fabbricati più prossimi alle zone di intervento.

## 4. TIPOLOGIA DI STRUMENTAZIONE

### 4.1. Monitoraggio spostamenti. Misure topografiche

Le opere in progetto dovranno essere strumentate attraverso la messa in opera di misuratori di spostamento.

Tali misure consentono di stimare le deformazioni delle opere attraverso il sistematico rilievo topografico ad alta precisione delle coordinate di punti opportunamente posizionati. I punti di misura sono costituiti da supporti infissi alla struttura sui quali vengono posizionati i riferimenti topografici che, a seconda della logistica, possono essere costituiti da target riflettenti o quarzi.

Il monitoraggio avverrà utilizzando un sistema di riferimento in coordinate assolute.

#### 4.1.1. Modalità d'installazione

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

1. Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
2. Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
3. 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.

Per quanto riguarda i riferimenti sulla trave, questi dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia in diaframmi; i riferimenti in profondità andranno posti in opera non appena raggiunta la relativa quota di scavo.

In corrispondenza degli inclinometri, è possibile la predisposizione di una basetta fissa sulla quale verrà posizionata la mira all'atto della misura.

#### 4.1.2. Sistema di acquisizione dati

I riferimenti così installati, dovranno fornire gli spostamenti assoluti del punto (per la paratia in diaframmi: in testa e nella sezioni ad altezza intermedia; per gli inclinometri della posizione a terra del punto di misura), nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio
	Foglio 12 di 19

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 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico:  $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ .

#### 4.1.3. *Frequenza dei rilevamenti*

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di realizzazione dell'opera, e più precisamente:

- per lo scavo fra paratie in diaframmi:
  - in corrispondenza della posa in opera dell'elemento;
  - per ogni fase di approfondimento dello scavo:
    - prima dell'esecuzione dello scavo;
    - al termine della fase di scavo;
  - in corrispondenza dei ritombamenti o sistemazioni della viabilità superficiale dove previsto;
- per lo scavo con metodo cut & cover:
  - in corrispondenza della posa in opera della strumentazione inclinometrica cui l'elemento è accoppiato;
  - per ogni fase di approfondimento dello scavo:
    - prima dell'esecuzione dello scavo;
    - al termine della fase di scavo;
  - in corrispondenza dei ritombamenti o sistemazioni della viabilità superficiale dove previsto.

Completati gli scavi, il programma di misure dove possibile potrà proseguire, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

## 4.2. Monitoraggio deformativo. Tubo inclinometrico

Il tubo dovrà essere in materiale plastico (ABS) e dotato di guide di riferimento e scorrimento per sonda inclinometrica disposte su due diametri tra loro ortogonali (spiratura  $< 0.3\%$ ).

Il diametro interno della tubazione dovrà essere non inferiore a 60mm.

### 4.2.1. *Modalità d'installazione*

L'installazione dei tubi verrà eseguita in verticale in terreno o all'interno della zona centrale dei pannelli, in modo da non interferire con le armature metalliche.

Lo scostamento della verticalità dell'asse di perforazione non dovrà mai superare i  $5^\circ$  e dovrà essere garantito il passaggio di una sonda di misura di lunghezza pari a 2.0m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio
	Foglio 13 di 19

L'installazione della tubazione sarà eseguita assemblando la tubazione man mano che la stessa sarà calata in foro.

Tutte le giunzioni del tubo dovranno essere rivettate (in posizione intermedia tra le guide di misura) ed accuratamente sigillate.

Il tubo di misura dovrà essere messo in opera mantenendo una delle coppie di guide di misura perpendicolari all'asse dell'opera ed evitando torsioni.

I punti di misura per estensimetri incrementali dovranno essere installati secondo le modalità indicate dal fornitore, avendo cura di garantire (anche durante le fasi di movimentazione e calaggio della tubazione in foro) il corretto funzionamento degli stessi (metà del campo di misura strumentale).

La cementazione verrà eseguita mediante iniezione di boiaccia idonea alle caratteristiche del terreno attraversato (con particolare riferimento al fondo del tubo, che interessa il terreno in sito e non il palo in calcestruzzo: miscela acqua, cemento, bentonite costituita rispettivamente da 100-30-6 parti in peso) attraverso almeno due tubi di iniezione disposti uno a fondo foro ed uno a metà dello stesso.

Durante l'esecuzione della cementazione il tubetto di iniezione verrà eventualmente recuperato ad intervalli regolari. Contemporaneamente si provvederà al riempimento del tubo con acqua pulita per ridurre la spinta idrostatica sul tubo prodotta dalla biacca.

Nel caso le pareti non si autosostengano, il rivestimento dovrà essere estratto in fasi successive in concomitanza con la cementazione.

Durante la presa della boiaccia si dovrà provvedere ad eventuali rabbocchi da bocca foro. Successivamente verrà installato a testa tubo un pozzetto di protezione, con chiusino di tipo carrabile.

Al termine dell'installazione dovrà essere verificata la funzionalità della tubazione e si dovrà procedere al lavaggio del tubo con acqua pulita immessa in pressione dal fondo con apposita cannetta.

#### **4.2.2. Sistema di lettura**

Ad ogni lettura si dovrà provvedere al rilievo della temperatura esterna e garantire adeguata stabilizzazione termica della strumentazione in foro.

La prima lettura di zero verrà eseguita ad avvenuta presa della boiaccia di cementazione (comunque non prima di 4 giorni dalla stessa).

Per misure inclinometriche la lettura di zero dovrà essere eseguita procedendo dal basso verso l'alto sulle 4 guide e con passo di misura pari a quella dei carrelli della sonda (passo della sonda di misura)

Le letture di esercizio potranno essere eseguite sulle due guide che hanno fornito minor medio valore di semi scarto fra letture opposte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00 Piano di monitoraggio
	Foglio 14 di 19

In caso di anomalie di misura o presenza di fenomeni deformativi significativi, potrà essere richiesta, sul singolo tubo, l'esecuzione di letture di esercizio su 4 guide.

I dati di misura dovranno essere restituiti sia sotto forma di letture strumentali che elaborati (in forma tabellare e di grafici profondità-spostamento incrementale ed assoluto).

#### 4.2.3. *Frequenza dei rilevamenti*

La lettura sarà effettuata in corrispondenza delle diverse fasi di scavo ed in funzione delle tipologie di elementi in cui il sistema si andrà ad innestare:

- per lo scavo fra paratie in diaframmi:
  - o in corrispondenza della posa in opera dell'elemento;
  - o per ogni fase di approfondimento dello scavo:
    - prima dell'esecuzione dello scavo;
    - al termine della fase di scavo;
  - o in corrispondenza dei ritombamenti o sistemazioni della viabilità superficiale dove previsto;
- per lo scavo con metodo cut & cover:
  - o in corrispondenza della posa in opera dello strumento;
  - o per ogni fase di approfondimento dello scavo:
    - prima dell'esecuzione dello scavo;
    - al termine della fase di scavo;
  - o in corrispondenza dei ritombamenti o sistemazioni della viabilità superficiale dove previsto.

Completati gli scavi, il programma di misure dove possibile potrà proseguire, 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.

### **4.3. Monitoraggio piezometrico. Tubo piezometrico**

L'installazione di un piezometro ha come scopo quello di potere controllare il livello della falda o delle falde di acqua presenti nel terreno e di seguirne nel tempo le variazioni.

Per il caso in esame lo strumento ha lo scopo di poter verificare gli effetti degli interventi di aggotamento ovvero, preliminarmente, verificarne la necessità in funzione del reale livello di soggiacenza presente nell'area in un determinato periodo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio <span style="float: right;">Foglio 15 di 19</span>

L'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe) prevede la posa di una batteria di tubi in PVC rigido; tali tubi hanno uno spessore di  $1 \div 2$  mm e diametro di  $40 \div 80$  mm (2"-4"); vengono forniti in spezzoni ciechi microfessurati di lunghezza non superiore a 3 m con giunti filettati ben sigillanti; è necessario rivestire con calza geotessile il tratto ove, in base alla precedente perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Il tratto fessurato, di lunghezza variabile, sarà realizzato all distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di  $0.4 \div 1.0$  mm. Nel fondo sarà applicato l'apposito tappo di chiusura.

L'impiego di questi piezometri è generalmente limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ( $K > 10^{-5}$  m/sec).

L'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti potrà essere adottato previa approvazione da parte della direzione dei lavori.

#### 4.3.1. Modalità d'installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- a) prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- b) posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita ( $\varnothing = 1 - 4$  mm);
- c) discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e fenestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc. ed innastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura  $\geq 1$  mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;
- d) posa di sabbia grossa ( $\varnothing = 1 \div 4$  mm) pulita o materiale granulare pulito ( $\varnothing = 2 \div 4$  mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto fenestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
- e) posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ( $\varnothing = 1 \div 2$  cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di  $2 \div 3$  cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;
- f) riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili ( $3/8" \div 1/2"$ ) discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo argilloso sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;
- g) sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate al direttore dei lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;"><b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio</p> <p style="text-align: right;">Foglio 16 di 19</p>

piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della direzione dei lavori, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;

h) spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freaticometriche (scandagli elettrici).

#### 4.3.2. Sistema di lettura

Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freaticometriche (scandagli elettrici).

I dati di misura dovranno essere restituiti indicando la posizione dello strumento o l'indicativo dello strumento, il valore rilevato, la data.

#### 4.3.3. Frequenza dei rilevamenti

La lettura sarà effettuata in funzione alle fasi di scavo previste ed alle necessità di aggettamento ad essa connesse:

- alla fase di messa in opera, secondo le modalità sopra riportate;
- preliminarmente all'esecuzione dell'abbassamento della falda, in modo da verificarne l'effettiva necessità;
- preliminarmente alle fasi di ribasso degli scavo, in modo da effettuare un controllo preventivo della situazione idraulica;
- monitoraggio periodico in corrispondenza del raggiungimento del fondo scavo con frequenza minima mensile, incrementata nei periodi di variazione attesa della falda ovvero in corrispondenza di periodi piovosi o di disgelo.

Completati gli scavi, il programma di misure dove possibile potrà proseguire, con frequenza minima mensile fino a 6 mesi dopo il termine delle lavorazioni.

### 4.4. Monitoraggio tenso-deformativo del rivestimento definitivo (strain-gauge).

Per la determinazione delle deformazioni e la stima delle tensioni nel rivestimento definitivo è prevista l'installazione di stazioni strumentate che prevedono l'utilizzo di strain gauge per la misura dello stato tensionale nella struttura.

Gli estensimetri a corda vibrante per cls sono costituiti da un corpo tubolare in acciaio inox sigillato, all'interno del quale si trova un filo di acciaio, tensionato tra due estremità a due supporti ancorati alla struttura da monitorare. Ogni deformazione della struttura comporterà uno spostamento relativo dei due blocchetti e una conseguente variazione di tensione della corda di acciaio. Tale tensione



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio
	Foglio 17 di 19

viene misurata eccitando la corda mediante un elettromagnete e rilevandone la frequenza di risonanza.

#### 4.4.1. Modalità di installazione

Le procedure di installazione da adottarsi dovranno essere le seguenti:

- preparare in cantiere un telaio metallico appositamente realizzato con tondini di ferro;
- fissare la struttura metallica così preparata nell'orientazione desiderata in maniera tale da renderla stabile durante il getto di calcestruzzo;
- fissare sul telaio l'estensimetro con del filo di ferro non troppo tesato. Ad una distanza simmetrica di 3-4 cm dall'elettromagnete fare 2 spirali di filo di ferro sui braccetti dello strumento e fissarle ai tondini della struttura metallica;
- fissare i cavi di segnale dell'estensimetro lungo il paramento della galleria con semplice filo di legatura fino ad un pannello di centralizzazione o direttamente all'Unità di Acquisizione Dati.

Qualora si debba effettuare l'installazione in cemento armato le procedure sono simili a quelle precedenti se non che l'estensimetro verrà fissato ai ferri dell'armatura preesistenti.

Per installare gli estensimetri in un cubo di calcestruzzo le procedure di installazione da adottarsi dovranno essere le seguenti:

- preparare un cassero di legno o una struttura a pannelli metallici di 1 m<sup>3</sup> ove effettuare il getto di calcestruzzo;
- preparare un telaio metallico appositamente realizzato in officina meccanica con tondini di ferro al fine di poter fissare con legature metalliche i 3 estensimetri con orientazione ortogonali gli uni agli altri;
- fissare sul telaio gli estensimetri con del filo di ferro non troppo tesato. Ad una distanza simmetrica di 3-4 cm dall'elettromagnete di ogni strumento, fare 2 spirali di filo di ferro sui braccetti e fissarle ai tondini della struttura metallica;
- fissare i cavi di segnale degli estensimetri con fascette di plastica alla struttura metallica posta all'interno del cassero;
- fare uscire i cavi di segnale dalla sommità del cassero e collegarli ad un pannello di centralizzazione o direttamente all'Unità di Acquisizione Dati.

#### 4.4.2. Frequenza dei rilevamenti

Il numero minimo dei rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento, per ogni barretta estensimetrica è il seguente:

- Lettura giornaliera (manuale) oppure ogni 4 ore (con centralina di acquisizione automatica), a partire dal momento in cui viene gettato l'elemento in calcestruzzo, per i primi 28 giorni. Tali letture permetteranno di valutare le deformazione all'interno della struttura in concomitanza con i fenomeni di ritiro ed escursione termica tipici del calcestruzzo in fase di maturazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	<b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio

Foglio  
18 di 19

- a partire dal 28° giorno saranno effettuate letture manuali in funzione delle operazioni di scavi o reinterri;
- a cadenza mensile o ogni 2 mesi fino a 6 mesi dopo il termine delle attività.

#### 4.4.3. Restituzione dati

Si prevede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- Deformazioni in funzione del tempo (per gli estensimetri a corda vibrante);
- Deformazioni in funzione della distanza dal fronte di avanzamento dello scavo (ipotizzando lo scavo fra diaframmi avvenga con modalità frontale a partire dalla TR14);

La restituzione dei dati deve avvenire sia su formato cartaceo, che tramite supporto informatico in formato testo ed "Excel".

#### 4.4.4. Specifiche tecniche

Lunghezza	250 mm
Segnale in uscita	Hertz
Accuratezza	<2,0% FS
campo di misura	3000 $\mu$ s
range di temperatura	-20, +80 °C
Sensibilità	0,5 microstrain
Coefficiente di espansione termica	12,0 $\mu$ s /°C

**Tabella 4-1. Caratteristiche tecniche strain meters per cls**

## 5. DEFINIZIONE DEI VALORI DI SOGLIA DELLE GRANDEZZE MONITORATE

Nel seguito si riportano i valori di deformazione da assumersi quale riferimento in fase di scavo della paratia di imbocco per i riferimenti topografici sulla trave di testata e sui paramenti della paratia stessa.

Le soglie di attenzione e di allarme sono espresse con riferimento allo spostamento assoluto della paratia nel corso del singolo ribasso dello scavo e a scavo ultimato ed al gradiente con cui i fenomeni deformativi si manifestano.

I valori di progetto sono ricavabili all'interno della relazione di calcolo delle opere in c.a., per ciascuna delle fasi di progetto.

	Spostamento		Gradiente	
	Soglia di attenzione	Soglia di allarme	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
	80% dei valori di progetto	110% dei valori di progetto	5mm/g	10mm/g
A circa metà dell'altezza di scavo di progetto	0.30cm	0.45cm		
A scavo ultimato	0.40cm	0.55cm		

**Tabella 5-1. Definizione delle soglie per le opere di sostegno. Paratia in diaframmi**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p><b>IG51-02-E-CV-RO-GA1M-0X-004-A00</b> Piano di monitoraggio</p>	<p>Foglio 19 di 19</p>

Spostamenti anomali del singolo riferimento topografico dovranno essere confermati attraverso una serie di letture ripetute in un arco temporale limitato.

Inoltre, i valori di spostamento sopra indicati non saranno valutati con riferimento al singolo riferimento topografico, ma verranno comparati con il valore medio dello spostamento registrato dal gruppo di riferimenti topografici appartenenti al medesimo settore di paratia in esame.

Il raggiungimento della soglia di attenzione comporterà il proseguimento delle lavorazioni secondo le indicazioni di progetto, associato all'intensificazione delle letture di monitoraggio dell'opera. Questo in ragione del fatto che l'opera, anche raggiungendo valori deformativi/tensionali pari quelli di calcolo, mantiene comunque ancora dei fattori di sicurezza sui materiali.

L'eventuale raggiungimento della soglia di allarme comporterà la temporanea interruzione delle lavorazioni, per consentire l'interpretazione dei fenomeni deformativi in atto e la definizione delle necessarie misure correttive, ovvero verificare se le deformazioni rilevate risultino compatibili con la resistenza delle strutture in progetto.