REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO
Ing. Stefano PINASCO

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE
Ing. Luca BERRUTI

DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. Mario CANGIANO

PROGETTO ESECUTIVO E DIREZIONE LAVORI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

SOJL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio
HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO
Ing. Paolo GALLO
Ing. Francesco DE SANCTIS
Dott.ssa Francesca GIOMI

GRUPPO DI IMPRESE:

COSTRUIRE PER GENOVA

ReseArch · AD Progetti · manelli · AMEC · AICOM

Direttore Tecnico
Ing. Francesco Barra

PROGETTO COSTRUTTIVO

CAPOGRUPPO MANDATARIA
HYpro srl

MANDANTE
TUNNEL CONSULT

MANDANTE
Progetti e opere

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche
Ing. Vincenzo Secreti

Progettazione scavo meccanizzato
Ing. Moreno Pescara

Progettazione gallerie naturali
Ing. Vincenzo Secreti

Progettazione opere marittime
Ing. Elio Ciralli

Gruppo di progettazione

Gallerie naturali, imbocchi e opere di sostegno	Ing. Francesco Conte
Strutture	Ing. Antonello Mastropierro
Scavo meccanizzato	Ing. Mario Coppola
Opere marittime	Ing. Giancarlo Inserra
Gestione T&R da scavo	Geol. Carla Leonetti
Aspetti ambientali	Ing. Valentina Bonifati
Cantierizzazione	Ing. Raffaele Ciardullo
Monitoraggio geotecnico	Geol. Giovanni De Fazio
Geologia	Geol. Alessandro Grispino
Indagini	Geol. Davide Fabbricatore
Computi e stime	Ing. Francesco Trovati

Geologo
Dott. Giuseppe Cerchiaro

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE CALABRIA
DOTT. GEOLOGO GIUSEPPE CERCHIARO ALBO N° 528

Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

MODIFICA TECNICA DI VARIANTE

N° Progr.

Codice elaborato
BIS2V - C - PMS00 - RE02 - 1

Oggetto della tavola

PIANO DI MONITORAGGIO DI SUPERFICIE

Piano di monitoraggio di superficie e degli edifici sensibili

Scala
-

Data
30/06/2021

Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
1	30/06/2021	PRIMA EMISSIONE	CIARDULLO	SECRETI	SECRETI

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 INTRODUZIONE 2

2 SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE 3

2.1 Monitoraggio da piano campagna 3

2.1.1 Caposaldi di livellazione 3

2.1.2 Monitoraggio piezometrico 3

2.1.3 Tubi inclinometrico 4

2.1.4 Monitoraggio opere di sostegno 5

2.1.5 Monitoraggio struttura di rinforzo statico degli arconi (C.so Italia) 7

2.2 Monitoraggio degli edifici 7

2.2.1 Caposaldi di livellazione 8

2.2.2 Clinometro da parete 8

2.2.3 Tazze livellometriche 9

2.2.4 Monitoraggio vibrazionale 9

2.3 Monitoraggio delle gallerie esistenti RFI 10

2.3.1 Martinetti piatti 10

2.3.2 Monitoraggio dei binari 11

3 UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE E FREQUENZE DI LETTURA 13

3.1 Finestra di servizio 13

3.2 Galleria Scolmatrice – Imbocco lato monte 15

3.3 Galleria Scolmatrice – Imbocco lato mare 15

3.4 Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato 16

3.5 Gallerie esistenti RFI 17

3.6 Frequenza di lettura 18

1 INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto nell'ambito del Progetto di Variante tecnica inerente il secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del Torrente Bisagno in Comune di Genova.

Tale progetto prevede la predisposizione di una sistema di monitoraggio che, oltre a consentire un continuo ed efficace controllo delle modalità di avanzamento in sotterraneo, permetta di raccogliere informazioni relativamente al comportamento dell'ammasso roccioso sovrastante alle gallerie, sia con strumentazione profonda (inclinometri e piezometri), sia con strumentazione in superficie (principalmente mire topografiche. Questi elementi risultano tanto più importanti tenendo conto che i lavori vengono realizzati in ambito urbano, con notevole presenza di edifici in superficie. A tal proposito il progetto comprenderà anche un attento e capillare monitoraggio degli edifici, al fine di valutare eventuali fenomeni di interferenza con le lavorazioni di scavo.

Nel seguito si analizzerà nel dettaglio il monitoraggio previsto da piano campagna e per il controllo degli edifici, rimandando invece ad uno specifico elaborato la trattazione del monitoraggio in sotterraneo.

2 SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Nei paragrafi seguenti si riporta una descrizione delle specifiche tecniche relative alla strumentazione da installare, distinguendo tra il monitoraggio dell'ammasso eseguito da piano campagna (monitoraggio topografico e, puntualmente, strumentazione profonda) e quello specificatamente dedicato al controllo degli edifici interferenti con il tracciato delle gallerie.

Come già anticipato, uno specifico monitoraggio sarà inoltre dedicato alle gallerie della linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia che verranno sottopassate dalla Galleria Scolmatrice alla progr. Km 1+520 circa.

2.1 MONITORAGGIO DA PIANO CAMPAGNA

2.1.1 Caposaldi di livellazione

Al fine di raccogliere informazioni sulle deformazioni nel terreno a seguito delle perdite di volume connesse allo scavo delle gallerie occorrerà misurare lo spostamento di punti, identificati mediante caposaldi di livellazione, ubicati a piano campagna in corrispondenza di elementi ritenuti significativi o di allineamenti disposti, ove possibile, perpendicolarmente all'asse della galleria. La distanza tra due allineamenti successivi sarà variabile e dipenderà anche dal grado di urbanizzazione della zona.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del caposaldo ed una testa semisferica per la battuta topografica. Ogni borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro di idonea lunghezza, che verrà cementata all'interno di appositi fori in modo da garantire la solidarietà con il terreno.



Figura 1 – Esempio di borchia topografica

Le misure saranno effettuate con strumento topografico a lettura manuale.

2.1.2 Monitoraggio piezometrico

Il monitoraggio piezometrico verrà effettuato mediante piezometri di tipo Casagrande che consentono il rilievo, mediante apposita sondina elettrica (freatimetro) munita di cavo graduato, della profondità della superficie piezometrica, attraverso l'inserimento in un foro di sondaggio di un piezometro costituito da un filtro cilindrico collegato a due tubicini rigidi in PVC per il raccordo con la superficie.

La cella tipo Casagrande è costituita da un cilindro poroso di materiale plastico (ad es. polietilene soffiato) o di ceramica, che dovrà avere un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza non inferiore a 200 mm; il collegamento del cilindro poroso con la superficie è assicurato da due tubicini rigidi in PVC (andata e ritorno). Le caratteristiche generali della cella piezometrica dovranno essere le seguenti:

Filtro	Diametro esterno 55 mm circa e lunghezza tra 100 e 500 mm
Materiale	Agglomerato di polietilene o equivalente
Porosità	Tra 20 e 60 micron



Figura 2 – Esempio di cella Casagrande

Il piezometro potrà eventualmente essere automatizzato, con l'installazione al suo interno di un trasduttore di pressione con le seguenti specifiche:

Principio di funzionamento	A corda vibrante
Massimo sovraccarico	30 % del F.S.
Deriva termica	Non superiore a 0,05% del FS /°C
precisione	0.3% F.S.
sensibilità	0.01% F.S.
Segnale in uscita	frequenza
Campo di temperatura	-10 ÷ +55°C
Materiale	Acciaio inox

2.1.3 Tubi inclinometrico

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

I tubi inclinometrici dovranno essere di alluminio o in ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Le specifiche da considerare sono le seguenti:

Diametro perforazione	101 mm
Diametro interno tubo	76 mm
Diametro interno guide	82 mm
Diametro esterno guide	86 mm
Massa tubi	≥ 1350 g/m
Spiralatura tubi	≤ 0,5°/m
Assoluta perpendicolarità delle sezioni terminali degli spezzoni di tubo rispetto all'asse del tubo, con la tolleranza di 1°	

2.1.4 Monitoraggio opere di sostegno

2.1.4.1 Mire ottiche per il monitoraggio topografico

Il controllo degli spostamenti orizzontali delle opere di sostegno sarà effettuato attraverso il sistematico rilievo ad alta precisione delle coordinate di punti di misura disposti lungo la sviluppata della paratia e attrezzati con miniprismi rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

Principio di Misura	Puntamento ottico e misurazione elettronica (angoli e distanze)
Precisione sistema collimazione automatica	</= 1 mm a 200 metri
Precisione lettura angolare	1"
Precisione misura della distanza	1 mm + 2 ppm

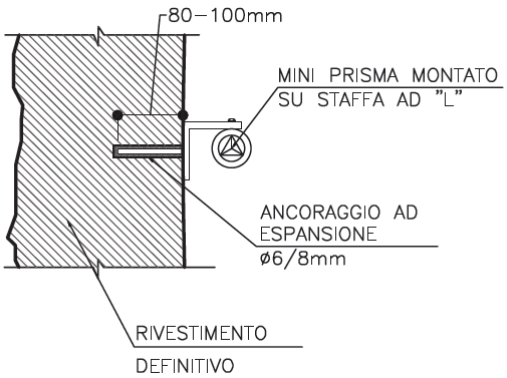


Figura 3 – Mire ottiche per il monitoraggio degli spostamenti delle opere di sostegno

Ciascun miniprisma sarà montato su apposite staffe ad L, opportunamente solidarizzate alla paratia per mezzo di ancoraggi ad espansione. Le misure saranno effettuate con strumento topografico a lettura manuale.

2.1.4.2 *Estensimetri per monitoraggio dei puntoni*

Il controllo del comportamento dei puntoni di contrasto predisposti per il sostegno delle paratie sarà effettuato mediante la posa in opera di estensimetri che consentiranno di valutarne il tasso di lavoro e la sua evoluzione nel tempo.

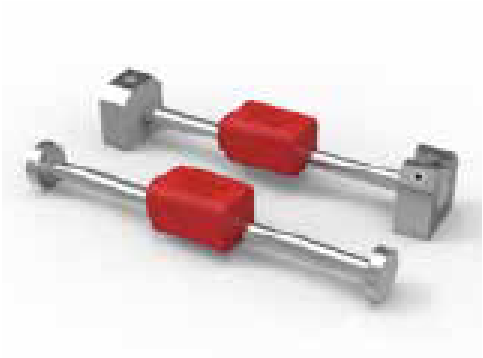


Figura 4 – Esempio di estensimetri

2.1.4.3 *Tirante strumentato*

Il controllo del comportamento dei tiranti di ancoraggio predisposti per il sostegno delle paratie sarà effettuato mediante la posa in opera di celle di carico toroidali in corrispondenza della testa dei tiranti stessi, che consentiranno di valutarne il tasso di lavoro e la sua evoluzione nel tempo.

Principio di Misura	Cella di carico idraulico dotata di manometro di Bourdon
Campo di misura	300 ÷ 2500 KN
Carico ammissibile	120 % del F.S.
Precisione	≤ 0,5% F.S.
Accuratezza	±1,5% F.S.
Materiale	Acciaio inossidabile AISI 304
Campo di temperatura	-35° ÷ +60°C



Figura 5 – Esempio di cella di carico con manometro Bourdon

Le celle potranno eventualmente essere dotate di trasduttore di pressione elettrico per effettuare le letture da remoto.

2.1.5 *Monitoraggio struttura di rinforzo statico degli arconi (C.so Italia)*

Il monitoraggio della struttura di rinforzo statico degli arconi in corrispondenza di Corso Italia prevede, oltre al posizionamento di mire ottiche ed estensimetri (già descritti nei precedenti paragrafi) la predisposizione di celle di carico in corrispondenza degli appoggi delle travi di rinforzo.

2.1.5.1 *Celle di carico*

Il controllo dei carichi trasmessi dalle travi di rinforzo sugli appoggi verrà misurato per mezzo di celle di carico costituite da due piatti in acciaio saldati lungo il loro perimetro e separati internamente da una cavità saturata sotto vuoto con olio disareato che ne garantisce la massima rigidità. Un trasduttore di pressione elettrico permette di remotizzarne la lettura.

Materiale	acciaio inossidabile 17- 4PH
Segnale in uscita	mV/V o 4-20 mA
campo di misura	Fino a 3.700 KN
range di temperatura	-10, +55 °C
Precisione	1% F.S.
Carico ammissibile	150% F.S.



Figura 6 – Esempio di cella di carico

2.2 MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI

Uno specifico sistema di monitoraggio è stato predisposto per valutare eventuali deformazioni e/o assestamenti degli edifici interferenti con il tracciato della galleria Scolmatrice del torrente Bisagno e della Finestra di servizio.

Gli edifici potenzialmente sensibili sono stati individuati sulla base di due parametri fondamentali:

- Area di influenza dello scavo: ricadono nell'area di influenza quegli edifici il cui sedime è posto entro un raggio di 50 metri dall'asse galleria.
- Profondità del tracciato in relazione agli edifici (copertura): sono stati considerati come interferenti quegli edifici posti entro l'area di influenza della galleria ove quest'ultima riporta una copertura max pari a 5 diametri (50 metri).

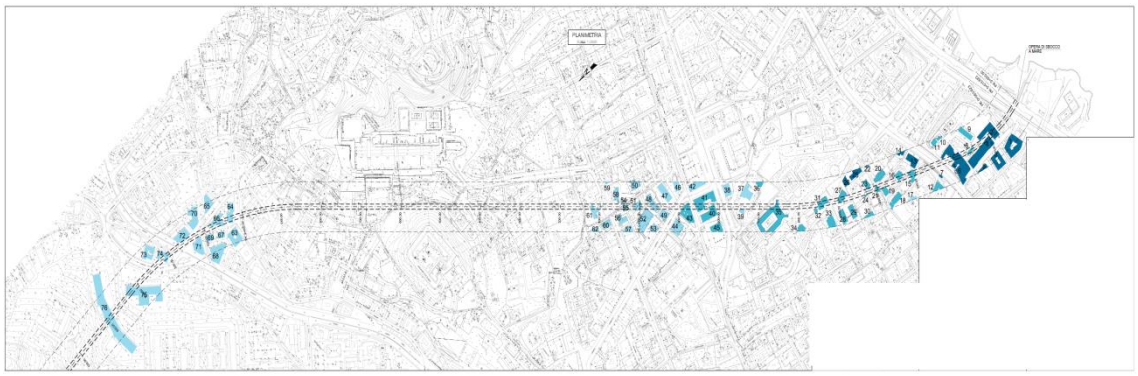


Figura 7 – Stralcio planimetrico con individuazione degli edifici interferenti

2.2.1 *Caposaldi di livellazione*

Al fine di raccogliere informazioni su eventuali deformazioni o assestamenti di edifici prossimi ai lavori di scavo occorrerà controllare lo spostamento di punti solidali agli edifici, di tipo "verticale" (particolarmente significativo risulta essere il cedimento differenziale tra punti dello stesso edificio a seguito di un eventuale cedimento fondazionale).

Si predisporrà a tal fine un reticolo topografico di superficie composto da aste graduate (costituite da una lamina in acciaio inox o alluminio) per la livellazione topografica di precisione, solidali agli edifici, poste in opera a livello del piano viabile.

Le misure saranno finalizzate alla determinazione della sola componente verticale di movimento (cedimenti) e saranno eseguite con stadia e livello di precisione che garantisce una risoluzione della misura pari a 0,1 mm. La strumentazione sarà letta manualmente da unità topografiche dedicate.

2.2.2 *Clinometro da parete*

Puntualmente, per gli edifici ritenuti più significativi, il monitoraggio topografico con aste graduate sarà integrato con la posa in opera di clinometri da parete, così da ottenere informazioni anche in relazione a possibili movimenti di rotazione rispetto alla verticale delle strutture indagate.

Il clinometro da parete è costituito da un sensore monoassiale o biassiale (servoaccelelrometrico o magnetoresistivo) incorporato in una protezione di acciaio inossidabile, che misura l'inclinazione su uno o due piani. Il sensore sarà reso solidale alla parete dell'edificio per mezzo di un piatto di ancoraggio equipaggiato co un supporto per l'azzeramento meccanico dell'inclinazione iniziale.

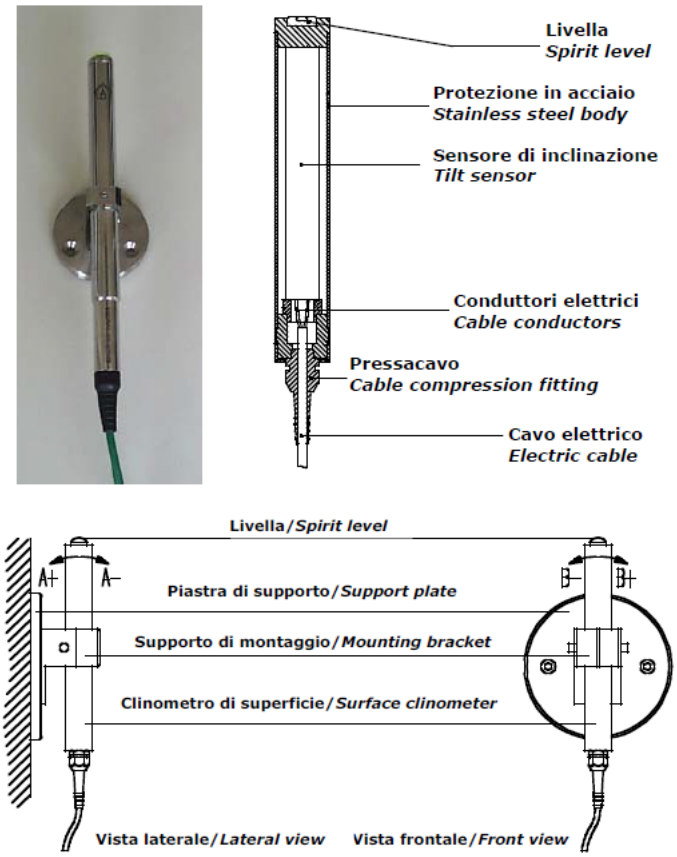


Figura 8 – Clinometro da parete

Le misure potranno essere eseguite manualmente o anche in modo automatico, collegando lo strumento ad un apposito sistema di acquisizione dati.

2.2.3 *Tazze livellometriche*

L'applicazione di tazze livellometriche consente il rilevamento degli spostamenti verticali assoluti e relativi di punti di misura basandosi sul principio della variazione di pressione di una colonna di liquido in funzione dell'altezza. Le differenza di quota che si verificheranno nel tempo tra il punto di riferimento assestimetrico e ciascun punto di misura determineranno proporzionali variazione idi pressione idraulica, misurabili manualmente o in automatico.

2.2.4 *Monitoraggio vibrazionale*

Il monitoraggio delle vibrazioni indotte dallo scavo delle gallerie sarà effettuato per mezzo di accelerometri triassiali, che consentiranno la misurazione dei seguenti valori indice:

- **Velocità di picco puntuale - PPV** (peak particle velocity): valore massimo del modulo del vettore velocità. La sua determinazione richiede la misurazione simultanea delle tre componenti mutuamente perpendicolari della velocità nel punto considerato (di solito due componenti orizzontali e la verticale) che successivamente devono essere combinate vettorialmente per determinare, istante per istante, il modulo della velocità risultante.

- **Velocità di picco di una componente puntuale – PCPV** (peak component particle velocity): valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali del vettore velocità.

I dati rilevati dovranno essere opportunamente elaborati con operazioni di filtraggio, utili all'eliminazione di eventuali componenti di rumore generalmente a bassa frequenza, e di integrazione, per il passaggio accelerazioni, velocità, spostamenti, così da fornire valori confrontabili con i riferimenti normativi.

2.3 MONITORAGGIO DELLE GALLERIE ESISTENTI RFI

Il sistema di monitoraggio predisposto per le gallerie RFI esistenti prevede, oltre alla strumentazione descritta nel seguito, il posizionamento di mire ottiche sul profilo della galleria, per la cui descrizione si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti.

2.3.1 Martinetti piatti

Per la determinazione della tensioni assiali che agiscono sul rivestimento definitivo delle gallerie esistenti è prevista la realizzazione di 2 prove di martinetto piatto all'altezza dei piedritti. I martinetti piatti utilizzati per la prova saranno lasciati in posizione e strumentati con trasduttori di pressione elettrici collegati a una centralina di acquisizione automatica per registrare eventuali variazioni dello stato tensionale nel tempo.

La prova prevede l'esecuzione, mediante una sega circolare diamantata si esegue un taglio dello spessore di 4 mm. Il rilascio delle tensioni determina una parziale chiusura dell'intaglio che è rilevata mediante misura con estensimetro meccanico rimovibile. Si inserisce quindi un martinetto piatto avente la stessa sagoma dell'intaglio e spessore di 4 mm. Il martinetto è pressurizzato fino ad ottenere l'annullamento della deformazione verificatasi in fase di realizzazione dell'intaglio.

Lo stato di sollecitazione in direzione normale al piano di prova è ottenuto dalla pressione esistente nel martinetto quando si verifica l'annullamento della deformazione (pressione di ripristino), moltiplicata per una costante sperimentale < 1 dipendente dalla geometria del martinetto, dalla sua rigidezza, etc.. La costante sperimentale è determinata attraverso calibrazione dei martinetti in laboratorio con una pressa da 5000 kN.

Martinetto piatto	
Forma martinetto	Semi-ogivale
Dimensioni	350 x 260 x 3,5 mm
Trasduttore di pressione	
Fondo scala	10 MPa
Carico ammissibile	100% FS
Risoluzione	0,025% FS
Accuratezza	<0,5% FS
Segnale di uscita	Frequenza
Temperatura operativa	-20°C +100°C
Materiale	Acciaio inossidabile



Figura 9 – Martinetto piatto

2.3.2 *Monitoraggio dei binari*

Il monitoraggio dei binari verrà realizzato mediante sistema RDS (Railway Deformation System) che consenti di misurare (in modo automatizzato) l'evoluzione della geometria dei binari per arrivare a calcolarne allineamento, profilo longitudinale e sghembo senza fermi del traffico ferroviario.

Le deformazioni trasversali vengono misurate attraverso un sensore di inclinazione digitale montato sulle traversine. Le deformazioni longitudinali invece saranno rilevate solidarizzando un mini prisma direttamente sul sensore trasversale che viene monitorato con stazione totale robotizzata.

Tipo di sensore	Inclinometro MEMS digitale monoassiale
Campo di misura	±10° (±5° su richiesta)
Sensibilità	0.0013°
Precisione totale sensore (Linearità, ripetibilità e isteresi)	<± 0.05% FS (<±0.025 mm con sensore da ±10°)
Deriva in temperatura sensore	± 0.005 %FS / °C
Alimentazione	12 – 24 V cc
Segnale in uscita	RS-485 protocollo Modbus RTU
Temperatura di esercizio	da -30° a +70°C
Grado di protezione	IP67
Connettori	2 connettori da 5 pin, stagni fino a 1.0 MPa
Cavi sensore (inclusi)	N.2 cavi, 2 m cad
Cavo di segnale	0WE606IPDZH
Distanza max acquisitore	1000 m

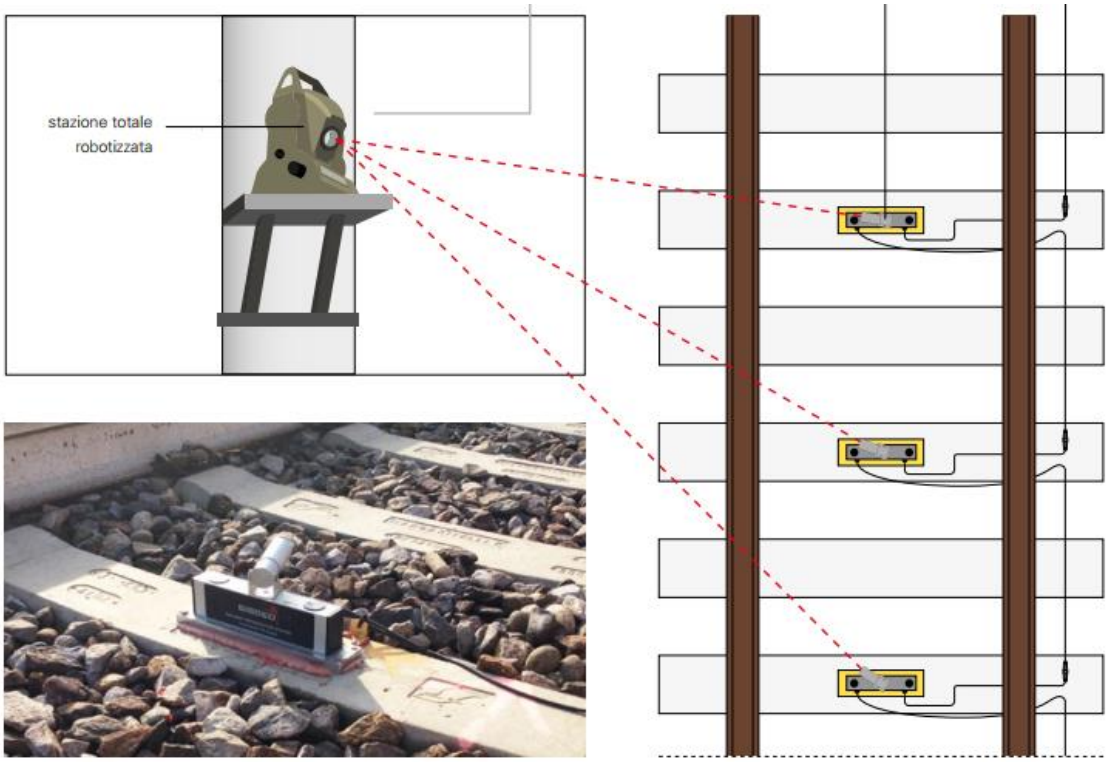


Figura 10 – Sistema RDS per il monitoraggio dei binari

3 UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE E FREQUENZE DI LETTURA

3.1 FINESTRA DI SERVIZIO

La Finestra di servizio ha uno sviluppo complessivo di 368 m e verrà realizzata con scavo in tradizionale a partire dall'area dell'ex canile municipale.

Le coperture risultano per buona parte del tracciato inferiori a 50,0 m. Intorno alla tratta iniziale della galleria, fino ad una distanza di circa 120,0÷130,0 m dalla paratia di imbocco, è individuato un gruppo di edifici interferenti (individuati in Figura 27 dal numero 90-91-92-93-94) a ridosso del Rio Sciorba e nella parte inferiore della scarpata naturale che comprende la zona urbanizzata di Via Terpi. Lungo Via Terpi verso monte, dietro il campo sportivo adiacente al complesso ecclesiastico di San Michele Arcangelo e circa 100 m più a Sud rispetto all'Imbocco della Finestra, viene riportato un altro gruppo di edifici interferenti (90a-90b-90c-90d-90e) che nonostante la distanza dall'asse del tracciato viene volutamente inserito nel piano di monitoraggio perché l'area è compresa nella zona a rischio geomorfologico secondo quanto riferito dal servizio geologico del Comune e riportato nelle carte del PAI - area con franosità quiescente – classe elevata di suscettività al dissesto – Pg3a.

Il sistema di monitoraggio predisposto prevede il posizionamento di aste graduate per la livellazione topografica sulle pareti degli edifici coinvolti.

Riguardo all'ubicazione della strumentazione inclinometrica installata nell'area in disamina, si è prevista la collocazione secondo allineamenti che seguono la massima pendenza del versante. Gli allineamenti sono stati individuati in funzione dell'accessibilità delle aree a mezzi d'opera, in corrispondenza dei fabbricati ai civici 20 di V. Terpi, del campo sportivo parrocchiale e del sedime compreso fra la Chiesa e l'edificio scolastico.

Si prevede l'installazione di 6 verticali piezometriche, di cui 2 equipaggiate con celle casagrande e 4 con tubo aperto. Si precisa tuttavia che la profondità esatta delle 2 celle di Casagrande sarà definita in corso d'opera a valle delle operazioni di carotaggio con le quali saranno realizzate le perforazioni destinate appunto ad ospitare la strumentazione piezometrica (si esclude, pertanto, la conduzione delle perforazioni per i piezometri con la modalità a distruzione di nucleo).

Tale strumentazione, assieme con i tubi inclinometrici, potrà essere impiegata nell'ambito della predisposizione di un sistema di allerta preventiva, anche in relazione alle evidenze che saranno restituite dal monitoraggio inclinometrico, piezometrico e topografico messo in opera sul versante prima dell'avvio degli scavi.

Il sistema di monitoraggio prevedrà almeno l'effettuazione della lettura di zero e l'esecuzione del rilievo topografico di dettaglio secondo i tempi e le modalità indicate, fatto salvo la possibilità di avviare l'attività di monitoraggio con il massimo anticipo possibile, nell'ambito della finestra temporale resa disponibile dalla data dell'avvio dei lavori, allo scopo di acquisire uno storico misure quanto più ampio. Sarà prevista inoltre l'installazione di un pluviografo registratore nell'area imbocco finestra (apprestamento rientrerà fra gli oneri a carico dell'appaltatore).

Il monitoraggio vibrazionale previsto sugli edifici individuati come recettori sarà condotto con un sistema di monitoraggio fisso per il gruppo di edifici concentrato intorno all'asse del tracciato, mentre potrà essere condotto con un sistema di monitoraggio mobile per gli altri recettori individuati, più ulteriori eventuali segnalati in corso d'opera, in funzione delle evidenze riscontrate.
Si sottolinea come sarà necessario prevedere un monitoraggio in corso d'opera da svilupparsi secondo tempistiche articolate sulla base dell'effettivo andamento delle lavorazioni, previa verifica dell'assenza di condizioni al contorno tali da alterare in maniera significativa le risultanze del monitoraggio stesso. Mediante il monitoraggio vibrometrico si consentirà di poter prontamente apportare, in funzione dei risultati ottenuti, eventuali modifiche o integrazioni ai tempi di lavorazione.

Si sono disposti capisaldi per il controllo topografico anche sul muro di sostegno alla base del rilevato su cui è posta la "*Scuola Professionale Vespertina*", e su tutti gli altri muri delimitanti le aree di pertinenza degli edifici interferiti, al fine di poter valutare eventuali cedimenti differenziali e garantire un controllo ulteriore sull'eventuale innesco di movimenti per effetto dello scavo della galleria.

Il monitoraggio degli edifici sarà infine integrato con il posizionamento di un clinometro da parete sul campanile della chiesa di San Giustino e Santa Maria e con la predisposizione del monitoraggio delle vibrazioni sull'abitato di via Spalato 53, che essendo ubicato a maggiore distanza dall'imbocco, dove lo scavo interesserà ormai completamente la formazione del Flysch di Monte Antola, caratterizzata da maggiore rigidezza e assetto massivo, e potrebbe quindi risentire maggiormente delle vibrazioni indotte dagli scavi. Un ulteriore clinometro da parete sarà applicato sull'edificio 90 b (costruzione in c.a. di 7 piani) e servirà per monitorare eventuali deformazioni delle strutture generate dalle subsidenze indotte dallo scavo.

Sarà altresì attuato sistema di monitoraggio mediante installazione di deformometri centesimali e/o millesimali su edifici specificatamente identificati in quanto maggiormente sensibili agli eventuali effetti indotti dalla realizzazione delle opere in progetto (si rimanda agli elaborati grafici relativi per l'individuazione degli edifici in argomento – Piano di monitoraggio di superficie – Planimetrie).

Al fine di valutare il comportamento del versante anche in profondità e misurare gli spostamenti del versante detritico prima e dopo lo scavo della galleria, si è prevista inoltre la realizzazione di quattro inclinometri posti lungo il versante di riporti antropici ad una distanza crescente dall'area di Imbocco, in corrispondenza del piazzale antistante e laterale della chiesa di San Giustino e Santa Maria, sul campo di calcio adiacente alla Chiesa e in prossimità dell'edificio 90 b. Questi si estenderanno fino a 28,0 m al di sotto del piano campagna, raggiungendo la quota del piano di scavo della galleria.

Uno specifico sistema di monitoraggio è infine previsto per la paratia in pali in c.a. ø800 da realizzarsi all'imbocco.

Il comportamento tenso-deformativo della paratia e degli elementi di contrasto previsti (puntoni metallici e tiranti) sarà controllato mediante:

- Mire ottiche disposte sulla trave di testata ed in corrispondenza di ciascun ordine di tiranti previsto (variabile in funzione del tratto di paratia in esame);
- tiranti strumentati con celle di carico;
- 1 puntone strumentato con estensimetro.

3.2 GALLERIA SCOLMATRICE – IMBOCCO LATO MONTE

Il tratto di monte della galleria Scolmatrice, scavato con metodo tradizionale, ha uno sviluppo complessivo di circa 650 m ed è caratterizzato dalla presenza di alte coperture ad eccezione della porzione finale più prossima all'opera di presa, in cui si raggiungono valori minimi di ricoprimento dell'ordine di 3,0÷4,0 m in corrispondenza del passaggio sotto la via Adamoli.

Proprio in virtù della presenza di ricoprimenti molto ridotti (e tenendo conto che al di sotto della via Adamoli è presente uno strato di riporto antropico piuttosto esteso, che potrebbe risentire in modo rilevante degli effetti dello scavo della galleria) si è previsto, compatibilmente con la configurazione della carreggiata, la predisposizione di 3 sezioni di monitoraggio topografico in superficie, perpendicolari al tracciato degli scavi, così da valutare lo sviluppo di eventuali fenomeni di subsidenza.

Gli edifici interferiti (in totale 2) saranno oggetto di un controllo topografico, con posizionamento di aste graduate su tutti i 4 lati. Sulle facce rivolte verso lo scavo si provvederà inoltre alla posa in opera di clinometri da parete (uno per ciascun edificio), così da valutare anche eventuali distorsioni delle strutture per effetto delle subsidenze indotte dallo scavo.

L'edificio n°87 (via Merello 8), tenuto conto della sua vicinanza al tracciato della galleria, che nel tratto in oggetto interessa la formazione molto competente del Flysh di Monte Antola, sarà inoltre attrezzato con una stazione per il monitoraggio vibrazionale.

Il monitoraggio topografico sarà esteso anche ai muri delimitanti le aree di pertinenza degli edifici, prevedendo la predisposizione di 3+3 caposaldi di livellazione.

E' prevista inoltre l'installazione di un piezometro nell'area a lato della Piscina Comunale Sciorba, da realizzarsi in corrispondenza del sondaggio SEB02 già realizzato.

Da ultimo si segnala la presenza di un cunicolo per sottoservizi che corre lungo la carreggiata direzione sud di via Adamoli, le cui eventuali deformazioni dovranno essere monitorate con l'installazione di tazze livellometriche.

3.3 GALLERIA SCOLMATRICE – IMBOCCO LATO MARE

Il tratto in oggetto comprende i primi 550,0 m circa della galleria Scolmatrice all'estremità lato mare (primo tratto di circa 50,0 m scavato in tradizionale e porzione iniziale – circa 500,0 m – dello scavo in meccanizzato) ed interessa la formazione del Flysh di Monte Antola con basse coperture (bassissime

coperture in corrispondenza dell'asse stradale di C.So Italia e del Forte San Giuliano, caratterizzate inoltre dalla presenza di materiali di riporto sotto il sedime di C.so Italia).

Gli edifici interferiti, come rappresentato nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, s ono in totale 33, con coperture generalmente inferiori a 15,0 m (edifici con campitura blu scura) o comprese tra 15,0 m e 30,0 m (edifici con campitura celeste).

Tenuto conto che, a meno del primissimo tratto sotto C.so Italia, lo scavo viene interamente realizzato all'interno della formazione del Flysch di Monte Antola, caratterizzato da buone caratteristiche geomeccaniche, il monitoraggio degli edifici è stato limitato ai fabbricati più prossimi al tracciato della galleria, su ciascuno dei quali è stato predisposto un sistema di controllo topografico, con posizionamento di aste graduate.

Il monitoraggio topografico è stato esteso anche alle strutture dei bastioni terrapienati del Forte San Giuliano ed alla carreggiata di Corso Italia, dove si provvederà alla predisposizione di 3 sezioni di monitoraggio topografico (costituite da 5 capisaldi topografici ciascuna) perpendicolari al tracciato degli scavi, così da valutare lo sviluppo di eventuali fenomeni di subsidenza.

Tutti gli edifici costituenti il complesso del Forte San Giuliano, sede del Comando Provinciale dei Carabinieri, saranno oggetto di monitoraggio vibrazionale da mettere in atto sia nella fase ante operam, per la definizione di un termine di confronto per i livelli di vibrazione associati alla successiva attività di cantiere, sia in corso d'opera, contestualmente alla realizzazione delle opere di sbocco a mare della galleria scolmatrice, allo scavo della galleria con metodo tradizionale (tratta da Corso Italia verso monte) e con sistema meccanizzato (tratta da monte, a congiungimento con la tratta in tradizionale scavata da valle).

Prima dell'inizio dei lavori l'impresa esecutrice procederà ad un esame preliminare di tutti manufatti ricompresi nel sedime del Forte, potenzialmente interferiti dalle attività di scavo, attraverso un ampio ed esaustivo esame visivo e fotografico, per poi passare al monitoraggio costante del quadro fessurativo rilevato tramite un deformometro centesimale o millesimale, che potrà essere di tipo meccanico oppure di tipo elettronico. Tale monitoraggio si protrarrà per tutta la durata dei lavori nel settore in oggetto.

Uno specifico sistema di monitoraggio è stato infine definito per il controllo della struttura di rinforzo degli arconi presenti in prossimità dell'opera di sbocco a mare. Il sistema prevede l'installazione di:

- 4 mire ottiche (1 x 4) sulle travi di rinforzo metalliche principali;
- 24 mire ottiche (6 x 4) sugli arconi della struttura esistente (arconi centrali);
- 40 mire ottiche (10 x 4) sugli arconi della struttura esistente (arconi adiacenti);
- 8 estensimetri (2 x 4) su travi metalliche principali;
- 4 estensimetri (2 x 2) su travi metalliche secondarie;
- 4 celle di carico (2 x 2) sugli arconi della struttura esistente.

3.4 GALLERIA SCOLMATRICE – SCAVO MECCANIZZATO

Il tratto di galleria Scolmatrice scavato in meccanizzato si estende dalla camera di lancio allo sbocco a mare, per uno sviluppo complessivo di 5876 m.

Dal momento che le coperture risultano generalmente elevate, non si sono previste in generale attività di monitoraggio di superficie e/o degli edifici, a meno di aree localizzate in cui, in presenza di ricoprimenti inferiori ai 50,0 m, si è provveduto alla predisposizione di un sistema di monitoraggio topografico mediante posizionamento di aste graduate sui fabbricati ritenuti più significativi.

In particolare le aree di indagine sono le seguenti:

- Tratto a basse coperture immediatamente prossimo al tratto di imbocco lato mare (indicativamente tra progr. Km 0+600 e Km 1+120);
- Tratto a basse coperture in corrispondenza del graben di Terralba (indicativamente tra progr. Km 2+000 e Km 2+400);
- Tratto a basse coperture in corrispondenza dell'impluvio del Fereggiano (indicativamente tra progr. Km 3+680 e Km 3+760**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);

3.5 GALLERIE ESISTENTI RFI

Uno specifico sistema di monitoraggio verrà dedicato alle gallerie della linea ferroviaria esistente Genova – La Spezia che verranno sottopassate dalla Galleria Scolmatrice alla progr. Km 1+520 circa, con coperture di circa 6,20 m.

In particolare si prevedrà il monitoraggio tenso-deformativo delle gallerie esistenti, con predisposizione di sezioni di misura topografica delle convergenze con posizionamento di 3 mire topografiche in corrispondenza di piano dei centri e chiave calotta (sezione tipo A) puntualmente integrate con rilievi dello stato tensionale del rivestimento mediante martinetto piatto (sezione tipo B). Saranno poste in opera 4 sezioni tipo A e 3 sezioni tipo B, intervallate a distanza di 9,0 m l'una dall'altra.

I binari saranno monitorati con sistema automatico RDS, al fine di valutare possibili deformazioni indotte dallo scavo della galleria Scolmatrice che possano eventualmente interferire con la gestione dell'esercizio. In particolare, come indicato schematicamente Si provvederà al posizionamento di 38 elettrolivelle trasversali (19 per binario) solidali alle traversine, con interasse pari a 3,0m. Sulle elettrolivelle saranno posizionate (con interasse 9,0 m) mire ottiche per la determinazione delle deformazioni longitudinali.

3.6 FREQUENZA DI LETTURA

Le frequenze di lettura di ciascuno degli strumenti indicati sono sintetizzate nella seguente tabella:

Strumento	Ubicazione	Frequenza di lettura
Caposaldi di livellazione		**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Piezometro	Imbocco Lato Monte / F.te San Giuliano	**1 lettura/settimana -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/mese** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Inclinometri	Cantiere di imbocco della Finestra di Accesso	**2 letture/settimana -** distanza dal fronte di scavo < 50 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/15gg** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Aste graduate di livellazione - edifici		**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Clinometri da parete		**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Deformometro centesimale/millesimale		**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Monitoraggio vibrazioni		**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).

Strumento	Ubicazione	Frequenza di lettura
Tazze livellometriche	Cunicolo impianti (lato monte)	**1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 100 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana** – distanza fronte di scavo > 100 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Monitoraggio paratia	Area ex canile	**1 lettura/giorno** – durante gli scavi di ribasso della paratia **1 lettura/giorno -** distanza dal fronte di scavo < 15 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/settimana -** distanza dal fronte di scavo < 30 m precedentemente e successivamente la misurazione. **1 lettura/mese** – distanza fronte di scavo > 30 m precedentemente e successivamente la misurazione (fino a stabilizzazione).
Monitoraggio struttura di rinforzo arconi	Imbocco Lato Mare	**Lettura in continuo** – dal completamento della struttura di rinforzo (messa in opera della strumentazione di monitoraggio) per tutta la durata delle lavorazioni di scavo in tradizionale della galleria con metodo tradizionale e la prosecuzione delle attività previste in progetto, sino alla consegna delle opere alla SA.
Monitoraggio Gallerie RFI esistenti		**Lettura in continuo** – distanza fronte di scavo < 100 m (fino a stabilizzazione)

Tabella 1 – Frequenze di lettura

I valori indicati potranno comunque essere tarati in corso d'opera in funzione di quanto effettivamente rilevato nel corso delle lavorazioni.