

**AUTOSTRADA A2 "MEDITERRANEA"
COLLEGAMENTO PORTO GIOIA TAURO GATE SUD CON
AUTOSTRADA A2 - LOTTO 1 E LOTTO 2**

DG 54/17 LOTTO 1

COD. UC165

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC167

GRUPPO DI PROGETTAZIONE: R.T.I.: INTEGRA CONSORZIO STABILE (capogruppo mandataria)
Prometeoengineering.it S.r.l. - Dott. Geol. Andrea Rondinara

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Franco BRAGA (Integra Consorzio Stabile)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
Prof. Ing. Franco Braga

GEOLOGO:

Dott. Geol. A. CANESSA (Prometeoengineering.it S.r.l.)

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Alessandro Orsini (Integra Consorzio Stabile)

MANDANTI:



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alessandro FOCARACCI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

Dott. Geol. Andrea Rondinara

**05 - OPERE D'ARTE
05.01 - OPERE D'ARTE MAGGIORI
05.1.1 Galleria artificiale GA.01**

Monitoraggio opere provvisionali e linea ferroviaria - Relazione descrittiva

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO DPUC0165		T00GA01STRRE05_A			
LIV. PROG. N. PROG. D 21		CODICE ELAB. T00GA01STRRE05		A	-
A	EMISSIONE	Settembre 2022	Citterio	Salcuni	Focaracci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Pagina lasciata intenzionalmente bianca

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE E PRINCIPALI FASI DI ESECUZIONE	4
2.1	INFISSIONE MONOLITE A SPINTA.....	4
2.2	PARATIA PROVVISORIALE PER REALIZZAZIONE CAMERA DI SPINTA.....	4
3	DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ATTENZIONE/ALLARME E FREQUENZE DI LETTURE	5
4	MONITORAGGIO DELLA LINEA FERROVIARIA	6
4.1	SEDE FERROVIARIA.....	7
4.2	LINEA DI CONTATTO	7
4.3	FREQUENZE DELLE MISURE	8
4.4	SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	9
5	MONITORAGGIO DELLA PARATIA	10
5.1	FREQUENZE DELLE MISURE	10
5.2	SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	11
6	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITA' DI INSTALLAZIONE	12
6.1	CONTROLLI TOPOGRAFICI E MIRE OTTICHE	12
6.2	CELLE DI CARICO TOROIDALI PER TIRANTI	14
7	PIATTAFORMA GESTIONE DATI E CONTROMISURE IN CASO DI SUPERAMENTO DELLE SOGLIE DI ALLERTA	16
7.1	SISTEMA DI RACCOLTA E GESTIONE DATI SU PIATTAFORMA WEB-GIS	20
8	CONCLUSIONI	22

1 PREMESSA

La seguente relazione è inserita nell'ambito del Progetto Definitivo della nuova viabilità realizzata nell'ambito del "Collegamento del Porto di Gioia Tauro con l'Autostrada A2".

Il documento illustra il piano di monitoraggio progettato per la verifica ed il controllo degli spostamenti indotti dalla realizzazione delle opere sulla linea ferroviaria a singolo binario Battipaglia-Reggio Calabria, sottopassata mediante la realizzazione di un manufatto a spinta.

Poiché l'effettiva entità dei fenomeni deformativi che si manifestano durante la realizzazione delle opere di scavo e presidio dipende in maniera considerevole dalle variabilità locali delle condizioni geologico-geotecniche e dalle reali modalità esecutive adottate, è necessario prevedere l'implementazione di un adeguato sistema di monitoraggio, caratterizzato dalla messa in opera di una strumentazione sia di misura degli spostamenti superficiali e delle strutture esistenti che di un controllo deformativo e tensionale del terreno e delle opere in esecuzione, da mantenersi in opera con riferimento alle successive fasi realizzative sino al completamento dell'opera.

Tale sistema permetterà il confronto della situazione teorica progettuale con le reali condizioni che si manifesteranno in corso d'opera attraverso:

- la verifica dell'efficacia delle soluzioni progettuali adottate in relazione alle effettive condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche attraverso le misure dello stato deformativo e tensionale delle strutture in corso di realizzazione;
- la misura degli effetti deformativi indotti in superficie e nel terreno a seguito della decompressione del terreno dovuto allo scavo.

I parametri rilevati verranno confrontati con opportuni valori Soglia di Attenzione e di Allarme definiti sulla base delle previsioni progettuali, consentendo la conferma delle assunzioni effettuate in fase di progetto e la tempestiva adozione di opportune contromisure in caso di deviazione dai comportamenti attesi, al fine di garantire l'avanzamento in sicurezza delle opere, in relazione sia alle opere stesse che alle strutture preesistenti.

Per la geometria delle opere, la caratterizzazione geotecnica, la descrizione dei carichi e delle fasi di esecuzione si rimanda agli elaborati specifici.

La seguente relazione risulta redatta in conformità alle "Linee guida del Monitoraggio Geotecnico" Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori ANAS.

2 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE E PRINCIPALI FASI DI ESECUZIONE

Si descrivono brevemente le opere interferenti con il tratto di binario della linea ferroviaria Casalecchio-Porretta.

2.1 INFISSIONE MONOLITE A SPINTA

In corrispondenza del sottoattraversamento della linea ferroviaria Tirrenica Meridionale (doppio binario) si prevede l'infissione a spinta in fasi successive di due monoliti che costituiranno la sede definitiva delle due carrarreggiate.

Nella fase di spinta il manufatto avrà pertanto una lunghezza massima pari a circa 40,25 m ed è inclinato rispetto alla normale ai binari di circa 11°.

Sul lato della spinta lo scatolare presenta il rostro, inclinato di circa 30° gradi rispetto alla verticale, il quale sarà poi demolito a seguito delle operazioni di infissione, previo taglio delle componenti in cls continue.

Per l'esecuzione dell'opera si prevede la spinta dal lato monte verso lato mare. La spinta avverrà in direzione orizzontale.

I rallentamenti sulla linea ferroviaria e le IPO necessarie dovranno essere concordati con RFI di concerto con l'esecutore del manufatto a spinta.

2.2 PARATIA PROVVISORIA PER REALIZZAZIONE CAMERA DI SPINTA

Per la realizzazione della camera di spinta del monolite è prevista la realizzazione di una paratia di sostegno degli scavi.

La paratia sarà costituita da pali aventi diametro nominale di 1200 mm (interasse 1.40 m), contrastata da tiranti in trefoli. Tale opera, presenta uno sviluppo planimetrico complessivo pari a circa 65 m in corrispondenza di ciascuna carreggiata, con un'altezza di scavo massima pari a circa 14.8 m.

La paratia è sostenuta da n.3 ordini di tiranti definitivi.

L'azione di contrasto dei tiranti attivi è distribuita sui pali attraverso delle travi di collegamento e ripartizione costituite da un doppio profilato in acciaio S 275 della serie HEB240. Gli stessi tiranti saranno ancorati a suddette travi tramite apposite piastre di ripartizione che garantiscono la stabilità e la ripartizione necessaria a trasferire gli elevati carichi concentrati dei tiranti al sistema di travi contrasto.

3 DEFINIZIONE DEI LIMITI DI ATTENZIONE/ALLARME E FREQUENZE DI LETTURE

La possibilità di controllo della situazione reale si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una particolare situazione tensio-deformativa.

Sulla base di queste soglie è messa in opera tutta una serie di azioni e contromisure.

I valori di soglia fissati sono funzione dei risultati previsti (in termini di spostamento, deformazione, tensioni, ecc.) in fase progettuale.

Questi limiti sono definiti come:

- **limite di attenzione**: è definito come una quota parte delle risultanze dei calcoli in progetto. Il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve in modo da valutare il potenziale instaurarsi di fenomeni ad evoluzione rapida;
- **limite di allarme**: è definito in funzione del livello deformativo più gravoso per una determinata situazione di scavo.

Al raggiungimento della soglia di allarme, sentito il Progettista e la Direzione Lavori, sarà necessaria la valutazione dell'attuazione di opportune contromisure.

4 MONITORAGGIO DELLA LINEA FERROVIARIA

Il monitoraggio della linea ferroviaria a singolo binario, nel tratto interferente con le lavorazioni, si svilupperà in 3 macrofasi:

- La fase iniziale di rilievo topografico della linea da eseguirsi prima dell'inizio di ogni attività e che coinciderà con la fase di "lettura di zero" tipica del monitoraggio;
- La fase di monitoraggio vera e propria durante lo svolgimento delle lavorazioni per il controllo dell'evoluzione deformativa della sede ferroviaria e la verifica in tempo reale delle condizioni minime necessarie a garantire la continuità dell'esercizio ferroviario;
- La fase definitiva da condurre alla fine di ogni lavorazione e/o alla fine delle attività.

Nella fase iniziale di rilievo topografico, da svilupparsi in contraddittorio tra RFI, Stazione Appaltante, Direzione Lavori e Appaltatore, sarà sviluppata con l'ausilio di un sistema di misurazione integrato, costituito da una stazione totale e da un carrello strumentato che viene posizionato direttamente sul binario.

Si procede inizialmente alla georeferenziazione della Stazione Totale mediante triangolazione sui capisaldi topografici precedentemente identificati; dopodiché la stazione totale rileverà automaticamente il carrello strumentato mediante un prisma 3D e permetterà di rilevare la posizione del carrello lungo tutto il tracciato da rilevare.

La configurazione del sistema di misura proposto, permetterà quindi il rilevamento automatico ad alta precisione delle seguenti grandezze:

- le Coordinate-Asse, nelle tre dimensioni (X/Y/Z) consentendo di materializzare su supporto informativo l'asse reale del Binario, da utilizzare come base per le misurazioni successive;
- Scartamento, Sopraelevazione e Sghembo del binario;

Il carrellino, essendo equipaggiato anche da sensore laser, permetterà di rilevare con elevata precisione anche i supporti di sospensione della linea di contatto.

4.1 SEDE FERROVIARIA

La sede ferroviaria sarà monitorata in continuo con sezioni di monitoraggio costituite ciascuna da

- **n.2 Punti di controllo topografico 3D sulle traverse (PCT)** ovvero mire ottiche fissate alletraversine con materiali adesivi in quanto non è ammessa la perforazione delle traversine di cls e
- **n.2 Punti di controllo sulle rotaie (PCR)** costituiti da target adesivi installati sul fungo della rotaia da utilizzare per avere la ridondanza delle misurazioni nel caso di danneggiamento dei PCT.

La distanza tra le sezioni di rilevamento è di 4,8 metri (ogni 8 traverse). La base di calcolo delle frecce orizzontali e verticali ($h Pf / v Pf$) è di 9,6 metri e lo sghembo verrà calcolato ogni 4,8 metri.

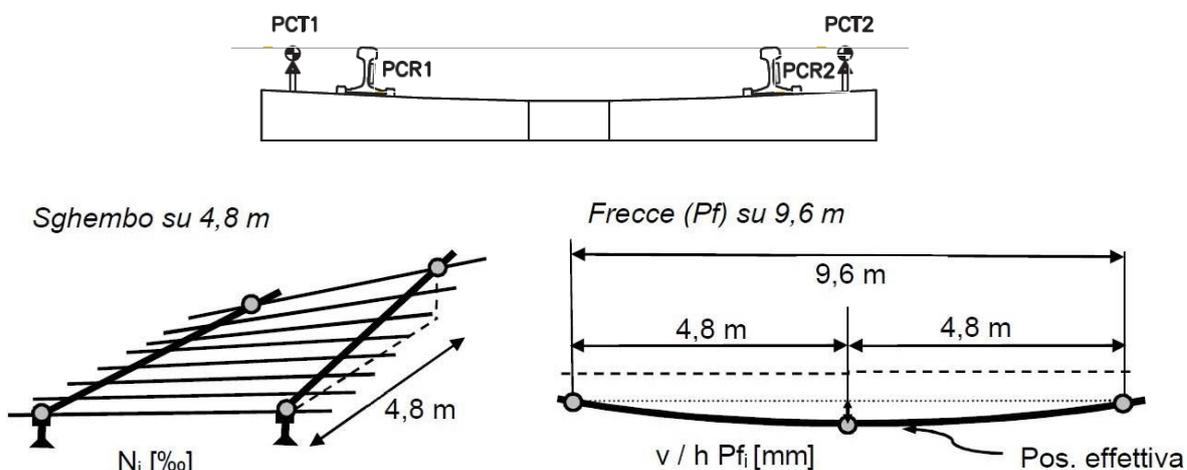


Figura 1: Sezione di monitoraggio sede ferroviaria

4.2 LINEA DI CONTATTO

Il monitoraggio della linea di contatto (LC) assicurerà il mantenimento del livello della sicurezza strutturale dei pali LC e la stabilità della posizione del filo di contatto.

La posizione del filo di contatto può variare anche in relazione agli spostamenti delle fondazioni dei pali LC.

Le variazioni d'inclinazione e gli spostamenti laterali saranno determinati in senso trasversale e longitudinale rispetto al binario.

Per il monitoraggio della verticalità saranno installate 2 mire ottiche (PRLC1-PRLC2) e la variazione della verticalità sarà definita in funzione delle letture di zero.

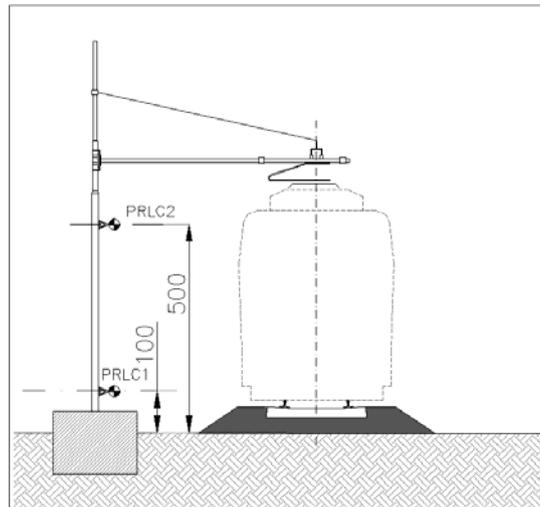


Figura 2: Sezione di monitoraggio linea di contatto

4.3 FREQUENZE DELLE MISURE

Nella tabella seguente sono indicati, in funzione di ogni strumento, il sistema di misura previsto, la modalità di misurazione e la frequenza di lettura in funzione delle lavorazioni.

Tabella 1 – Linea ferroviaria: Sintesi strumentazione e frequenza lettura

Strumenti	Sistema di misura	Modalità misurazione	Frequenza lettura
<p>Riscontri topografici costituiti da prismi ottici topografici sulle traverse (PCT) e target sulle rotaie (PCR)</p> <p>Riscontri topografici per il rilievo della linea di contatto (PRLC)</p>	<p>Rilievo topografico 3D ad alta precisione con stazione Totale e prismi ottici</p>	<p>Automatica con STR</p>	<p>1 Lettura di zero all'installazione lettura</p> <p>1 lettura/1gg durante la realizzazione della berlinese in micropali e durante la realizzazione dei pali nel tratto adiacente alla ferrovia</p> <p>1 lettura/1g durante tutte le attività di scavo</p> <p>1 lettura/mese durante i lavori di finitura</p> <p>Letture di fine lavori</p> <p>Un'eventuale intensificazione del numero di misurazioni sarà eseguita al raggiungimento delle soglie d'attenzione.</p>
<p>Stazioni Totali Robotizzate (STR)</p>	<p>Sistema di controllo automatico della Stazione con interfaccia GPRS</p>	<p>Automatica programmabile</p>	<p>1 lettura / 1-2 ore in funzione delle lavorazioni</p>

4.4 SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Nelle tabelle seguenti sono indicate le soglie di attenzione e di allarme definite in funzione delle caratteristiche della linea ferroviaria sia per la sede ferroviaria che per la linea di contatto.

Tabella 2 – Limiti sede ferroviaria: soglie di attenzione, allarme e contromisure

Limiti sede ferroviaria	U.M.	Soglia di attenzione	Soglia di allarme	Contromisure
Velocità treno	km/h	$120 \leq V \leq 160$ km/h		Fermo lavori e notifica alle autorità competenti (RFI, Ente Appaltante, DL, Progettista).
Sghembo	‰	2	2,5	
Freccia verticale	mm	4	6	
Freccia orizzontale	mm	4	6	Limitazione della velocità di servizio da concordare previamente con RFI Rinforzo delle opere di presidio a protezione della sede ferroviaria Ottimizzazione/modifica tecnologie lavoro Ricalzo della sede ferroviaria per il ripristino dei parametri minimi per garantire l'esercizio

Tabella 3 – Limiti linea di contatto: soglie di attenzione, allarme e contromisure

Linea di contatto	Soglia di attenzione	Soglia di allarme	Contromisure
Variazione d'inclinazione	$\alpha = 5$ mm/m	$\alpha = 10$ mm/m	Fermo lavori e notifica alle autorità competenti (RFI, Ente Appaltante, DL, Progettista).
Assestamento	20 mm	30 mm	
Spostamento laterale	10 mm	20 mm	Verifica della posizione effettiva in relazione al binario; Definizione degli interventi per l'immediato ripristino dell'esercizio della linea

Nelle fasi di infissione del monolite dovrà essere richiesta una limitazione sulla velocità massima da concordarsi con RFI.

5 MONITORAGGIO DELLA PARATIA

Il sistema di monitoraggio delle paratie di pali contempla:

- monitoraggio del cordolo in cemento armato in testa alla paratia e delle travi di ripartizione dei tiranti attivi attraverso mire ottiche;
- monitoraggio dei tiranti attraverso opportune celle di carico posizionate sulle piastre di ancoraggio dei tiranti attivi.

Per maggiori informazioni si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

5.1 FREQUENZE DELLE MISURE

Nella Tabella seguente, sono riportate le tabelle riassuntive della frequenza di lettura di tutti gli strumenti installati.

Tabella 6 – Frequenza di lettura della strumentazione

FASE DI LAVORO	FREQUENZA DI LETTURA
Prima dell'inizio dei lavori	1 Lettura di Zero
In fase di lavorazione	1 Lettura giorno
Dopo il termine degli scavi e sino a stabilizzazione	1 Lettura/mese

La data di installazione della strumentazione dovrà consentire, in funzione delle tempistiche operative rilevate in cantiere, la realizzazione di una serie di letture di riferimento atte a riconoscere l'oscillazione naturale delle grandezze misurate ed il grado di errore (strumentale, di lettura, ambientale, ecc.) degli strumenti.

La strumentazione dovrà, inoltre, essere posta in opera prima dell'esecuzione degli interventi e le letture dovranno essere effettuate per tutta la durata di esecuzione degli interventi.

5.2 SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Nella tabella seguente sono indicati i limiti da rispettare per il monitoraggio degli spostamenti orizzontali delle pararie.

La soglia di allarme è fissata in misura pari a circa il 50% della deformazione determinata allo SLE:

Tabella 9 - CTC - Punti di controllo paratia

	Valore di riferimento [mm]	Limite di attenzione [mm]	Limite di allarme [mm]
Paratia	1.5	N.O.	0.7

N.O. = normali oscillazioni dello strumento

Celle di carico dei tiranti

La valutazione dei valori di soglia di attenzione è effettuata considerando lo Stato Limite di Esercizio, il limite di soglia di allarme viene assunta coincidente con il limite di resistenza del bulbo di ancoraggio del tirante, con riferimento ai valori minimi determinati dalle analisi numeriche.

Tabella 10 - CDC – Tiro massimo sulla cella di carico dei tiranti in SLE

	Tiranti	Limite di attenzione [kN]	Limite di allarme [kN]
Paratia	Prima fila	521	687

6 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITA' DI INSTALLAZIONE

Il monitoraggio delle opere di presidio è finalizzato principalmente a conseguire i seguenti scopi:

- valutare durante le fasi esecutive lo stato tensio-deformativo dell'opera provvisoria, lo stato tensionale dei tiranti, ed eventuali movimenti indotti in testa allo sbancamento a tergo dell'opera provvisoria;
- valutare il comportamento tensio-deformativo dei pali;
- verificare la rispondenza delle grandezze definite e segnalare eventuali anomalie e situazioni di rischio potenziali.

A tali scopi è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- **targhet topografici** sulle travi di testata e di ripartizione delle berlinesi e in corrispondenza delle celle di carico toroidali sulle teste dei tiranti e in sommità degli estensimetri incrementali;
- **celle di carico toroidali** sulle teste dei tiranti;
- **sistemi di acquisizione dati** e pannelli di centralizzazione a cui cablare tutti gli strumenti elettrici dell'opera al fine di facilitare la lettura.

6.1 CONTROLLI TOPOGRAFICI E MIRE OTTICHE

Modalità di esecuzione

L'installazione di mire ottiche e miniprismi sulle opere di sostegno (cordolo di sommità e travi di contrasto ad interasse di circa 25.60m) permette attraverso l'esecuzione di rilievi topografici di precisione, eseguiti periodicamente, sia di valutare le condizioni deformative e di controllo degli spostamenti dell'opera durante le lavorazioni.

L'acquisizione dei dati consentirà di intervenire preventivamente e valutare al meglio gli eventuali effetti indotti.

I riscontri topografici possono essere rilevati con sistema manuale tradizionale o con sistema automatico robotizzato e in generale l'utilizzo di miniprismi in luogo dei targets permette una maggiore precisione di letture.

Le **mire ottiche** (target topografico) presentano le seguenti caratteristiche:

Tipologia	Target adesivo riflettente con croce di mira
Dimensione	40x40 mm
Campo di temperatura	da -30° a 80°

I **miniprismi** presentano le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche	Protezione metallica dagli agenti atmosferici e dai raggi del sole in quarzo con supporto metallico in alluminio
Dimensione del quarzo	32 mm

L'installazione dei targets e dei miniprismi dovrà essere realizzata secondo le seguenti modalità:

- tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
- fissaggio della staffa di supporto all'opera mediante tassellatura su cls o saldatura su struttura metallica;
- installazione del miniprisma o del target adesivo alla staffa di supporto.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzato il primo rilievo topografico di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero).

La documentazione relativa all'installazione dovrà comprendere:

- informazioni generali quali commessa, cantiere, ubicazione, data, nome dell'operatore;
- quota del piano campagna, quota assoluta o relativa e coordinate planimetriche di ogni target topografico o miniprisma;
- stralcio planimetrico con ubicazione della strumentazione installata;
- caratteristiche dei target installati;
- lettura topografica di riferimento.

Frequenza delle misure

Si prevede una frequenza di misura settimanale nel corso di esecuzione dello sbancamento, eventualmente da intensificare qualora i risultati ne indicassero la necessità, fino alla completa stabilizzazione.

La frequenza delle letture sarà così prevista:

Tabella 12 – Programma delle letture dei controlli topografici

STRUMENTI	Ante operam (2 mesi)	Corso d'opera (x mesi)	Post opera (12 mesi)
Mire ottiche/miniprismi	1 volta ogni 15 gg	1 volte al giorno	1 volta al mese

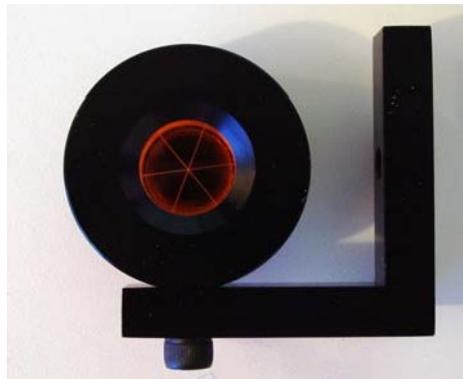


Figura 3: Miniprisma

6.2 CELLE DI CARICO TOROIDALI PER TIRANTI

Modalità di esecuzione

Le celle di carico elettriche sono composte da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauges di tipo resistivo e una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico all'interno della cella. Sotto carico la cella toroidale subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri che variando il loro valore di resistenza generano un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le principali caratteristiche dello strumento risultano:

Materiale	Acciaio inossidabile
Fondo scala	1200 kN
Carico ammissibile	150% FS
Sensibilità	0.001mV
Accuratezza	<0.5% FS

Le procedure di installazione da adottarsi dovranno essere le seguenti:

- Spianare e lisciare la superficie di contatto nell'intorno del foro predisposto per il tirante da strumentare e stendere un leggero strato di cemento a rapida presa per garantire la planarità;
- Appoggiare la cella di carico sulla superficie predisposta e collegarla a una centralina portatile procedendo alla fase di tesatura del tirante fino al valore di progetto;
- Annotare il valore del carico di progetto e la relativa perdita di tesatura dopo aver scollegato il martinetto e fissare i cavi delle celle di carico lungo il paramento della paratia fino a un pannello di centralizzazione.

La documentazione da fornire al termine dell'installazione comprende:

- Informazioni generali (commessa, cantiere...);

- Codifica dello strumento con schema grafico del cablaggio a centralina di lettura;
- Prospetto di progetto dell'opera con indicazione dell'ubicazione dello strumento;
- Risultati della tesatura iniziale, con indicazione di tutte le misure effettuate (lettura di controllo prima della tesatura, lettura in fase di tesatura, lettura appena dopo la tesatura);
- Documentazione tecnica dello strumento e certificato di taratura della cella di carico.

Frequenza delle misure

La frequenza delle letture sarà così prevista:

Tabella 13 – Programma delle letture delle celle di carico

STRUMENTI	Ante operam (2 mesi)	Corso d'opera (x mesi)	Post opera (12 mesi)
Celle di carico	-	3 volte a settimana	1 volta al mese

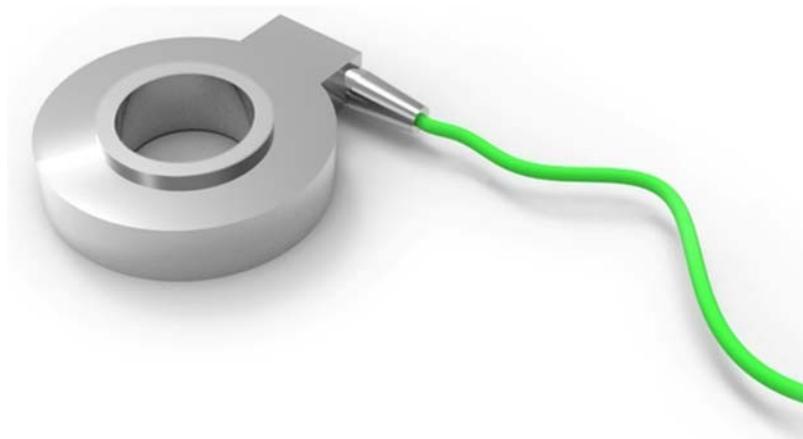


Figura 4: Cella di carico per tiranti

7 PIATTAFORMA GESTIONE DATI E CONTROMISURE IN CASO DI SUPERAMENTO DELLE SOGLIE DI ALLERTA

La necessità di un sistema di monitoraggio in grado di tenere sotto controllo gli effetti dell'avanzamento dei lavori in un intorno significativo dell'opera comporta la realizzazione di un sistema complesso, proporzionale alla complessità dell'opera da realizzare e si traduce in grandi moli di dati da archiviare, valutare ed interpretare.

In quest'ottica, un valido supporto alle decisioni è rappresentato dai Sistemi Informativi, ovvero sistemi in grado di gestire ed elaborare grandi quantità di dati e da essi produrre informazione che possa essere riutilizzata a scopo di pianificazione.

Nello specifico, risultano particolarmente indicati i Sistemi Informativi Geografici (abbreviati in GIS), che sono speciali sistemi informativi adatti alla manipolazione e visualizzazione di dati spazialmente distribuiti riferiti ad elementi (territoriali), attività, eventi o valori.

Il Sistema Informativo Geografico per il Monitoraggio ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini inclusi i dati relativi al territorio e alle opere dell'uomo che in un intorno significativo dall'opera in oggetto possono essere da quest'ultima influenzati, fornendo così un supporto alle decisioni in tempo reale.

In generale, il sistema informativo di supporto al monitoraggio di opere di ingegneria civile che dovrà essere previsto dovrà essere consultabile:

- al momento desiderato e con la frequenza desiderata;
- da tipologie di utenti diversi con modalità diverse;
- da luoghi diversi.

Inoltre, data la differenziazione notevole di utenti che possono accedere al sistema, l'interfaccia GIS-Utente dovrà essere realizzata affinché possa essere il più possibile amichevole.

La piattaforma per la gestione dei dati di monitoraggio comunemente usata è del tipo web-based o equivalente.

Dovrà prevedere un sistema di archiviazione dati su database SQL o equivalente, garantendo la totale sicurezza dei dati.

La piattaforma web di gestione dovrà avere le seguenti funzionalità:

- Consentire l'accesso alle informazioni solamente agli utenti autorizzati;
- Archiviare e visualizzare tutti i documenti;
- Archiviare e visualizzare le tavole di progetto;
- Visualizzare gli elaborati relativi al monitoraggio;
- Raggruppare gli elaborati secondo una struttura logica;
- Consentire il download degli elaborati;
- Visualizzare le informazioni all'interno di una planimetria (GIS).

Il sistema di gestione dati dovrà garantire la riservatezza delle informazioni attraverso un accesso protetto da password fornito esclusivamente agli utenti autorizzati, inoltre dovrà consentire la corretta archiviazione di tutti i documenti, dalle tavole di progetto alle relazioni tecniche con possibilità di visualizzazione online.

Il Sistema, basato su Web Server GIS, dovrà presentare almeno le seguenti peculiarità:

- la banca dati risiederà fisicamente su un unico computer ma sarà consultabile a chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni.
- qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server;
- si dovrà prevedere almeno la realizzazione di due postazioni, una ubicata in area locale e una presso l'entità che gestisce il server Web.

Quella locale (cantiere) sarà dotata di Personal Computer su cui saranno installati tutti i software applicativi e dedicati alla strumentazione installata oltre che i software idonei all'interrogazione automatica dei datalogger e lo scarico dei dati (Multilogger).

Il Server remoto, installato presso gli uffici del gestore del sito Web, sarà invece dotato dei programmi e degli strumenti per la gestione del Data Base sul Web.

Il flusso delle informazioni sarà il seguente:

- Esecuzione delle misure in automatico mediante interrogazione degli strumenti installati da parte dei Data Logger.
- Esecuzione delle misure manuali (p.es con strumentazione portatile) o automatiche con scarico manuale (mediante collegamento locale ai sensori con centralina portatile o personal computer portatile).
- Nell'ufficio di cantiere/locale: creazione nel Data Base dei nuovi eventuali strumenti/famiglie di strumenti.
- Nell'ufficio di cantiere/locale: scarico automatico dei dati acquisiti in automatico mediante trasmissione con GSM o dispositivo analogo e caricamento o scarico manuale da centralina/pc computer portatile dei dati acquisiti/trasferiti manualmente; trasferimento e caricamento manuale dei dati tramite opportuni file excel/csv direttamente nel database o tramite maschere di inserimento; creazione di archivio locale dei dati grezzi di cantiere (backup locale) in modo da avere sempre disponibili i dati sperimentali di cantiere.
- trasferimento da ufficio di cantiere/locale a ufficio remoto di gestione Web via rete dei dati grezzi e loro caricamento sul Data Base Web.
- interrogazione da ufficio di cantiere/locale (PCSR) del Web per validazione dei dati prima della pubblicazione definitiva sul Web. La validazione dei dati, intesa come valutazione critica dell'accettabilità del dato grezzo e le motivazioni relative saranno comunque disponibili agli utenti autorizzati per la verifica del processo;

- da ufficio remoto: pubblicazione dei dati su Web resi disponibili ai vari utenti con diversi livelli di abilitazione.
- da ufficio di cantiere/locale: verifica degli eventuali superamenti delle soglie preimpostate, comunicate dai "Responsabili". Tali soglie, definite come "di attenzione" e "di allarme" porteranno all'attivazione di contromisure. Nel caso di superamento della soglia di attenzione potranno essere aumentati il numero degli strumenti o la frequenza delle misure allo scopo di meglio individuare e definire la problematica in atto e valutare le possibili ricadute sull'avanzamento dei lavori. Nel caso di superamento della soglia di allarme, dovranno intervenire il Progettista e la Direzione Lavori per l'individuazione delle opportune contromisure.

Un'apposita interfaccia consentirà di realizzare i grafici e/o le tabelle del periodo desiderato (dalla data xxx alla data yyy) o degli ultimi nn ore/giorni/mesi e consentirà di impostare manualmente e/o automaticamente la scala delle ascisse.

Sarà possibile realizzare report personalizzati consultabili a schermo o stampabili in PDF, eventualmente sarà anche possibile mandare automaticamente via mail questi report agli indirizzi desiderati.

I dati potranno essere esportati in formato ASCII/csv per l'importazione ed elaborazione ulteriore con Excel.

L'individuazione della strumentazione potrà essere effettuata tramite mappa georeferenziata (GIS). Gli hot-spot consentiranno di visualizzare grafici, schede tecniche (monografie, certificati, ecc.) e fotografie relative agli strumenti.

In funzione dell'importanza dell'Opera e delle difficoltà, si dovrà prevedere all'interno della struttura organizzativa una figura professionale tipo "Responsabile Scientifico" esperto in materia di Monitoraggio geotecnico applicato alle Opere che possa garantire una corretta valutazione di tutti i dati, dei risultati e che determini, insieme alle altre figure professionali coinvolte nei lavori i valori di soglia di attenzione e di allarme.

Le attività di monitoraggio, in generale, dovranno essere definite secondo la seguente modalità:

- progettazione del monitoraggio di dettaglio (verifica delle posizioni di progetto, verifica della funzionalità degli strumenti installati durante le precedenti fasi progettuali, del PD e PE; prese in carico ed attivazione degli strumenti già in posto; redazione dei diagrammi di flusso; ecc..
- identificazione dei vari responsabili operativi;
- attivazione delle procedure;
- redazione ed attivazione della Piattaforma informatica per elaborazione, distribuzione e stampa dei dati di monitoraggio;
- redazione di una relazione di installazione o Norme;
- acquisizione dati in manuale;
- acquisizione dati in automatico;

- verifica del corretto funzionamento del sistema di misura ed eventualmente elaborazione dati giornaliera con notifica di superamento soglie di allerta;
- elaborazione dati periodica secondo le cadenze prefissate, variabile in funzione dei risultati e/o secondo le richieste della D.L., con trasmissione del report di monitoraggio mensile.

Per l'esecuzione dei lavori in sicurezza assume particolare importanza nell'ambito del monitoraggio in corso d'opera l'esecuzione di controlli al fine di verificare tempestivamente la sicurezza sia dell'opera e del personale addetto alla sua realizzazione, sia dei fabbricati prossimi alle aree interessate dagli scavi.

Il sistema di monitoraggio dovrà essere progettato in modo da fornire all'Ufficio Centrale di Gestione Dati, nel modo più completo e rapido, tutti gli elementi atti e necessari ad una corretta valutazione della effettiva situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione.

L'Ufficio di gestione del monitoraggio avrà i seguenti compiti:

- raccolta di tutti i dati utili esistenti (bibliografia, progetto...);
- raccolta dei dati provenienti dalle indagini e dai rilevamenti puntuali;
- coordinamento dell'attività di raccolta dei dati del monitoraggio;
- verifica e controllo in tempo reale dei dati rilevati prima dell'inserimento nel database, valutazione e validazione dei dati;
- elaborazione dei dati e successiva restituzione in forma grafica e numerica;
- organizzazione del database da inserire nel GIS di riferimento.

L'Ufficio di gestione del monitoraggio, inseriti i dati, eseguirà le seguenti operazioni:

- verranno vagliati e filtrati (Ufficio di monitoraggio, Direzione di progetto) i dati ricevuti in maniera che tutte le variazioni misurate siano riconducibili univocamente a reali comportamenti del terreno e delle strutture, quindi, qualora non vengano raggiunti valori di soglia, si attiverà la procedura di modulistica standard. I dati relativi saranno consultabili tramite GIS dagli attori dell'ufficio di gestione del monitoraggio (Appaltatore - Direzione di progetto, Direzione di cantiere, Ufficio del monitoraggio, Responsabile Scientifico – ufficio tecnico, progettisti, Direzione Lavori);
- una volta evidenziato il superamento della soglia di "attenzione", oltre alla pubblicazione automatica tramite GIS agli stessi soggetti del punto precedente, si provvederà ad un incremento della frequenza delle misure e ad un approfondimento dei dati da parte della Direzione di Progetto e della D.L.. A questo punto, la procedura da seguire dipende da quanto registrato:
 - il fenomeno evidenziato risulta puntuale o abituale (valori già sperimentati in corso di costruzione dell'opera senza problemi di rilievo). Si predispongono eventuali controlli e quindi si prosegue con l'attivazione della procedura di reportistica standard;
 - il fenomeno evidenziato evolve ulteriormente senza però raggiungere i valori di relativi alla soglia d'allarme: la soglia di "attenzione", quindi, resta fino al

raggiungimento dei valori asintotici e si mantengono in atto le procedure di allerta precedentemente descritte;

- il fenomeno evidenziato può aggravarsi, i dati sono prossimi alla soglia di "allarme": Oltre alla pubblicazione tramite GIS dell'allarme ai soggetti indicati, si provvederà ad attivare la procedura di allarme e alla convocazione "dell'unità di crisi" composta da D.L. - Appaltatore - Direzione di progetto (eventualmente i progettisti, Direzione di cantiere, ufficio del monitoraggio – ufficio tecnico).

Tale struttura sarà attivata direttamente dal direttore dell'Ufficio di gestione del monitoraggio, sentite la Direzione di Progetto o la Direzione di Cantiere e/o la Direzione dei Lavori.

7.1 SISTEMA DI RACCOLTA E GESTIONE DATI SU PIATTAFORMA WEB-GIS

Per il salvataggio, la condivisione ed il trattamento dei dati (strumentali e non) acquisiti in fase di monitoraggio, si farà riferimento ad un portale informatico WEB-GIS, strutturato in modo da poter raccogliere, memorizzare, elaborare e visualizzare tutte le misure effettuate in cantiere e le diverse fasi di avanzamento dei lavori.

Il software utilizzato sarà in grado, attraverso un front-end di driver completamente trasparenti all'utente, di acquisire, a qualsiasi frequenza, misure automatiche provenienti da qualsiasi tipologia di sensore o acquisitore, noto il protocollo di comunicazione, attraverso differenti tipi di collegamento quali linea seriale, fibra ottica, GSM/GPRS, cavo coassiale, sistemi WiFi, anche simultanei. Il portale web sarà dotato di un driver di lettura di dati acquisiti mediante le proprie Unità di Acquisizione Dati. Mediante questo driver l'inserimento dei dati nel database sarà automatico.

La piattaforma inoltre potrà ricevere misure manuali raccolte nei più comuni formati di scambio dati (modalità semi-automatica) o direttamente introdotte dall'utente, tramite un'interfaccia completamente manuale di inserimento dati.

Tutti i dati raccolti saranno organizzati in una banca dati SQL server, georeferenziabile e comunque completamente compatibile con banche dati georeferenziate (ad esempio GIS).

La banca dati sarà completamente personalizzabile per le esigenze del particolare cantiere con la creazione di viste veloci o tabelle dinamiche rapidamente consultabili.

Inoltre il portale potrà permettere la consultazione della documentazione di cantiere, opportunamente digitalizzata, così come la visualizzazione delle immagini provenienti dalle eventuali postazioni WEB-CAM se installate in cantiere.

Sarà inoltre opportuno prevedere un applicativo per telefonia mobile che permette la consultazione del sistema anche via smartphone.

L'indagine e la ricerca dei dati e delle misure potranno essere svolte in modo intuitivo dall'utenza. La schermata principale del programma riporterà la mappa dell'intera zona di interesse con l'ubicazione di tutti i sensori.

Ogni strumento avrà una schermata dedicata corredata da foto, descrizione, note sintetiche sullo stato di funzionamento e visualizzazione immediata delle ultime misure.

Esse saranno fornite nei comuni formati di interscambio (ad esempio Excel) e sotto forma di diagramma. Lo schema di navigazione, gli strumenti, le descrizioni, le fotografie e ogni elemento della vista/strumento/grafico saranno interamente personalizzabili dall'amministratore per via grafica.

L'utente-amministratore sarà dunque in grado di personalizzare l'interfaccia del sistema. Nella pagina principale, l'utente potrà automaticamente visualizzare lo stato dei sensori ritenuti più importanti, costruire un'agenda delle ricerche e visualizzazioni preferite e procedere con una ricerca per tipologia di sensore visualizzando tutti i sensori di un tipo piuttosto che di un altro. Inoltre, il sistema potrà gestire il superamento delle soglie di allerta/allarme dando immediata comunicazione (via SMS od e-mail) ai soggetti coinvolti. Il sistema di gestione dei dati di monitoraggio sarà ovviamente accessibile a tutti i soggetti interessati dalle attività. Si potranno configurare diversi "livelli" di utenza, in base ai quali l'accesso a certi dati potrà essere limitato.

8 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati gli strumenti per il monitoraggio della linea ferroviaria e delle opere di presostegno e di sostegno della galleria artificiale.

L'attenzione è stata posta sugli effetti di subsidenza indotti dallo scavo sulla linea ferroviaria in esercizio con l'obiettivo di definire i limiti deformativi attesi ed individuare tutti gli interventi necessari da mettere in opera per garantire la continuità dell'esercizio della linea in condizioni di sicurezza.

Ogni fase di lavoro sarà oggetto di controlli continui in corso d'opera, tramite lo sviluppo di un piano di monitoraggio che con sistema WEBGIS, per l'acquisizione e la gestione delle letture in tempo reale, consentirà di controllare l'evoluzione deformativa della sede ferroviaria, individuare tempestivamente eventuali anomalie che potrebbero comportare dei rischi sull'esercizio ferroviario ed intervenire con contromisure conseguenti.

I fruitori finali dei dati di monitoraggio per la parte afferente alla ferrovia e recettori degli eventuali allarmi saranno stabiliti, in accordo con RFI, sviluppando un organigramma dettagliato come richiesto dalle "Linee guida del Monitoraggio Geotecnico" Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori ANAS.