

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA CATANIA - SIRACUSA

DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Collegamento ferroviario con il Porto di Augusta

GEOTECNICA

Relazione sul monitoraggio

Fase 1

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RS62 01 R 11 RH GE0006 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	G. Filippi 	Maggio 2023	L. Gosoliti 	Maggio 2023	P. Carlesimo 	Maggio 2023	L. Berardi Maggio 2023

File: RS6201R11RHGE0006003A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	5
2.2	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	6
3	CRITERI DI PROGETTO DEL MONITORAGGIO	6
3.1	OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO	7
4	PROGETTO DEL MONITORAGGIO RELATIVO AL BY-PASS DI AUGUSTA	8
4.1	MONITORAGGIO DELLE OPERE DI SOSTEGNO IN COSTRUZIONE E DEL TERRENO A TERGO DELL'AREA DI SCAVO.....	8
4.2	MISURA DELLE DEFORMAZIONI DEI BINARI	9
4.3	MONITORAGGIO DEI VERSANTI INTERESSATI DA FENOMENI DI DISSESTO.....	12
4.4	MONITORAGGIO DEI RILEVATI	14
4.5	CEDIMENTI DEL PIANO CAMPAGNA E DELLA SOMMITÀ DEL RILEVATO	15
4.6	CEDIMENTI VERTICALI NEL TERRENO DI FONDAZIONE	16
4.7	PRESSIONI INTERSTIZIALI.....	18

1 PREMESSA

La presente relazione descrive i criteri progettuali per la realizzazione del piano di monitoraggio preliminare previsto nell'ambito del progetto progetto di fattibilità tecnico economica del collegamento ferroviario con il porto di Augusta (SR).

L'area di studio si colloca a ridosso della costa sud-orientale ionica della Sicilia in corrispondenza del nuovo binario I del porto di Augusta che si sviluppa per una lunghezza di circa 1.4 km nella tratta Catania-Siracusa. Il tracciato di progetto interessa il territorio del comune di Augusta, in provincia di Siracusa (SR).

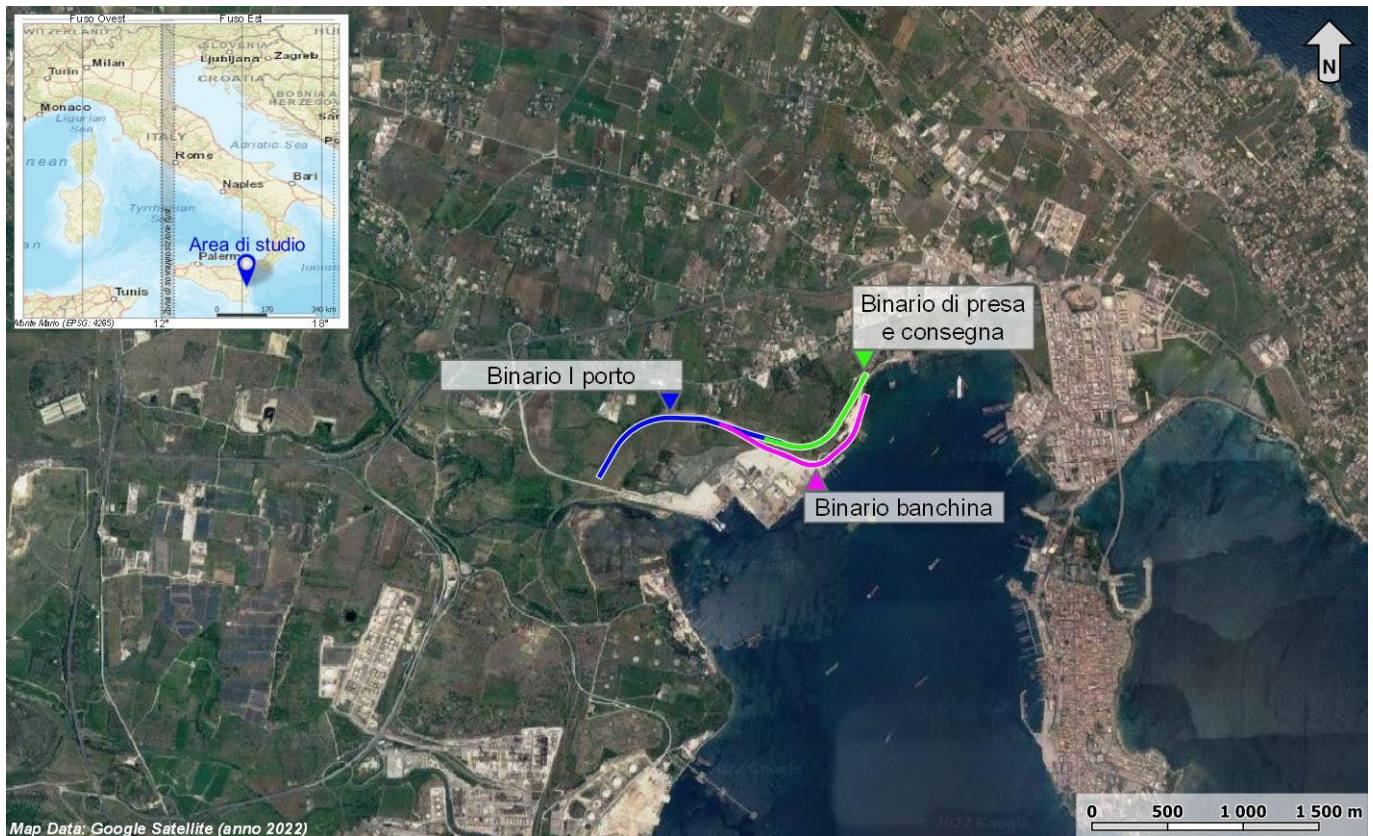



Figura 1-1 – Corografia in scala 1:50000 dell'area di studio geologico con individuazione delle opere in progetto (blu, magenta, verde, celeste).

Per monitoraggio si intende l'esecuzione di misure di grandezze di interesse per l'ingegneria geotecnica, ripetute nel tempo con strumenti adeguati. Il monitoraggio, dunque, è a supporto dell'ingegneria

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 4 di 18

geotecnica con la finalità di ridurre il rischio associato al raggiungimento delle condizioni di collasso o alle limitazioni d'uso dell'opera.

La normativa italiana vigente sulle costruzioni (NTC 2018 – 6.2.6) afferma che il monitoraggio del complesso opera-terreno e degli interventi consiste nella installazione di un'appropriata strumentazione e nella misura di grandezze fisiche significative - quali spostamenti, tensioni, forze e pressioni interstiziali - prima, durante e/o dopo la costruzione del manufatto.

Il monitoraggio geotecnico così condotto consente di:

- verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali ed i comportamenti del complesso opera-terreno osservati;
- confermare la validità della soluzione progettuale adottata o, in caso contrario, di individuare la più idonea tra altre possibili soluzioni;
- controllare la funzionalità dei manufatti nel tempo.
- In sintesi, dunque, il monitoraggio assicura:
 - *Supporto alla fase di progettazione mediante la caratterizzazione di un sito.* I parametri più comuni da misurare sono ad esempio i livelli della falda freatica, la permeabilità dei terreni, la resistenza meccanica di ammassi rocciosi e terreni, le deformazioni e gli spostamenti.
 - *Sviluppo di analisi di rischio.* La strumentazione può essere usata per sviluppare analisi di rischio e, una volta definiti gli scenari più pericolosi, può dare inizio al processo di messa in sicurezza di un'area (frane, esondazioni, terremoti...etc);
 - *Supporto alla costruzione mediante la verifica delle ipotesi progettuali.* Si constata se il comportamento reale è quello previsto e, qualora si sia adottato il metodo osservazionale, si adotta la soluzione più idonea tra quelle progettualmente previste.
 - *Miglioramento della qualità del lavoro.* La strumentazione geotecnica può sia migliorare la qualità del lavoro svolto, sia documentare che il lavoro è stato eseguito correttamente.

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 5 di 18


- *Disponibilità di strumenti aggiuntivi per la protezione legale.* Il monitoraggio può essere usato come strumento di difesa giuridica durante la realizzazione di un'opera da eventuali terze parti che si dichiarano essere danneggiate dalla stessa.
- *Supporto alla gestione delle opere da realizzare con l'obiettivo di ridurre il rischio associato al raggiungimento della condizione di collasso (SLU) o alle limitazioni d'uso dell'opera (SLE):* controllare in fase di esercizio la strumentazione installata può dare indicazioni precise sul comportamento di un'opera durante il corso della sua vita.

Le NTC 2018 impone invece il monitoraggio nel caso in cui, a causa della particolare complessità della situazione geologica e geotecnica e dell'importanza e impegno dell'opera, dopo estese ed approfondite indagini permangano documentate ragioni di incertezza risolvibili solo in fase di esecuzione dell'opera, la progettazione faccia ricorso al metodo osservazionale. In questo caso dovrà essere istituito un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con i relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti.

2 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- [3] RFI DTC SI MA IFS 001 F del 2023 - "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI";
- [4] Regolamento (UE) N° 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificata dal Regolamento (UE) N° 776/2019

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 6 di 18

2.2 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

[5] Progetto di fattibilità tecnica ed economica – Collegamento ferroviario con il porto di Augusta – Relazione Geotecnica Generale, elaborato RS6000R11GE0006001B.

3 CRITERI DI PROGETTO DEL MONITORAGGIO

Nel seguito vengono illustrati i criteri generali seguiti per la progettazione del sistema di monitoraggio previsto per le zone esterne alla galleria naturale, la relativa strumentazione e le procedure previste per assicurare il corretto svolgimento delle operazioni di monitoraggio per la verifica ed il controllo del territorio a contorno dell'opera.

Gli elaborati che descrivono indicativamente l'ubicazione planimetrica e le caratteristiche geometriche della strumentazione prevista nonché le modalità di acquisizione dei dati (frequenze di lettura, etc.) saranno oggetto della successiva fase progettuale.

Le caratteristiche tecnologiche della strumentazione e le modalità di installazione indicate nei successivi capitoli possono essere migliorate in funzione di quanto disponibile commercialmente e di eventuali accorgimenti operativi.

In tutti i casi, le variazioni dovranno comunque garantire la funzionalità e l'efficacia di quanto installato e la significatività delle misure acquisite, nei riguardi dei criteri e delle necessità progettuali.

In particolare, per la strumentazione di controllo delle opere esistenti vengono fornite indicazioni generali, valide per tutte le tipologie. Tale strumentazione potrà essere integrata opportunamente sulla base della documentazione relativa alla singola struttura e dei primi risultati ottenuti dal monitoraggio, modulando i controlli alle reali necessità riscontrate in sito.

Il sistema di monitoraggio deve essere pensato in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione della situazione in corso d'opera; ciò al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di effetti sulle interferenze con le preesistenze (movimenti franosi, infrastrutture, fabbricati, ecc.) e del comportamento delle nuove strutture in corso di realizzazione.

3.1 OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio viene definito con l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza sia durante la realizzazione dell'opera e sia durante l'esercizio. Il progetto di monitoraggio prevede, oltre al controllo diretto delle strutture previste in progetto, il controllo dei versanti e delle infrastrutture interferenti con la nuova opera.

A questo scopo, il sistema progettato permettere di:

1. Controllare il comportamento delle preesistenze coinvolte utilizzando misurazioni dirette ottenute con strumentazione differente:
 - a. livellazione topografica operata direttamente sulle strutture e nel terreno (ad es. staffe, capisaldi, mire ottiche) avente il fine di determinare i cedimenti/distorsione e quindi le deformazioni indotte sull'opera sottoposta a controllo;
 - b. misure dirette delle inclinazioni delle strutture;
 - c. misure dirette del quadro fessurativo delle strutture;
 - d. misure dirette nel terreno (inclinometri, piezometri).
2. Determinare il comportamento deformativo dei versanti in prossimità delle vecchie e nuove opere;
3. In alcuni punti del tracciato, individuati dallo studio geologico-geomorfologico a corredo del Progetto, vengono posti in opera strumenti atti a determinare spostamenti orizzontali e verticali in superficie:
 - a. Inclinometri;
 - b. Estensimetri;
 - c. Rilievi topografici.

In tal modo è possibile ricostruire complessivamente lo stato deformativo del/i versante/i in tutta la zona d'interesse.

4. Determinare lo stato "deformativo" del terreno lungo una verticale; i movimenti superficiali dovranno essere confrontati, nel corso dei lavori, con i dati provenienti dalle misure inclinometriche per valutare i movimenti in profondità e le possibili influenze sulle opere
5. Determinare lo stato del "regime idraulico" attraverso l'installazione di piezometri (tubo aperto, Cella di Casagrande, piezometri elettrici, sistemi automatici, ecc.) al fine di valutare eventuali variazioni del regime delle pressioni interstiziali in funzione dei regimi idraulici e della risposta

dell'ammasso alle opere. Confronto e correlazioni con i dati provenienti da previste stazioni pluviometriche dedicate.

6. Determinare il comportamento delle nuove opere mediante l'installazione di strumenti nei rivestimenti provvisori e definitivi delle Opere, quali ad esempio capisaldi, mire ottiche, inclinometri, barrette estensimetriche, cella di carico, celle piezometriche, etc.

4 PROGETTO DEL MONITORAGGIO RELATIVO AL BY-PASS DI AUGUSTA

Per le aree interessate dai lavori relativi al collegamento ferroviario con il porto di Augusta in relazione alle diverse tipologie di opere presenti (rilevati, scatolari, trincee, opere di sostegno, viadotto, ecc..) e alle interferenze con strutture esistenti è stata prevista l'installazione di un'appropriata strumentazione e la misura delle grandezze fisiche significative, quali spostamenti, tensioni, forze e pressioni interstiziali - prima, durante e/o dopo la costruzione delle opere previste in progetto.


In particolare, il sistema di monitoraggio verrà così articolato:

1. Monitoraggio delle opere di sostegno e del terreno in prossimità dell'area di scavo;
2. Monitoraggio dei fabbricati ubicati in prossimità delle aree di scavo;
3. Monitoraggio dei binari vicini alle nuove opere;
4. Monitoraggio dei versanti in condizioni geomorfologiche critiche
5. Monitoraggio dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo

4.1 MONITORAGGIO DELLE OPERE DI SOSTEGNO IN COSTRUZIONE E DEL TERRENO A TERGO DELL'AREA DI SCAVO

Al fine di monitorare eventuali movimenti delle paratie e cedimenti del terreno a tergo dell'area di scavo verrà predisposto un apposito schema di misure in grado di valutare le seguenti grandezze:

- cedimenti delle paratie;
- pressione dell'acqua interstiziale;

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 9 di 18

- spostamenti verticali del terreno in prossimità della paratia;
- spostamenti orizzontali delle paratie;
- spostamenti nelle strutture preesistenti.

Per il monitoraggio di queste opere è stata prevista la realizzazione di sezioni strumentate in corrispondenza delle quali predisporre la strumentazione sia in corrispondenza delle opere sia sul terreno a tergo delle stesse.

In corrispondenza delle sezioni strumentate verranno utilizzate le tipologie di strumenti di seguito elencate:

- capisaldi per il livellamento manuale di precisione (cedimenti del terreno)
- mire ottiche (miniprismi) per monitoraggio topografico (spostamenti diaframmi)
- piezometri elettrici (pressioni interstiziali del terreno)
- inclinometri (spostamenti orizzontali)

Gran parte degli strumenti saranno installati prima dell'inizio delle operazioni di scavo, al fine di poter ottenere una serie di almeno 4 letture di zero per ogni strumento, che serviranno come valori di riscontro per le misure successive. Le letture di zero di tali strumenti saranno eseguite, per gli strumenti che lo consentono, immediatamente dopo l'installazione; per gli strumenti che prevedono l'uso di resine o cemento, la lettura di zero sarà eseguita non appena tali sistemi di ancoraggio avranno fatto completamente presa.

4.2 MISURA DELLE DEFORMAZIONI DEI BINARI

Il sistema di monitoraggio previsto ha lo scopo di controllare la "qualità geometrica" dei binari ferroviari vicini alle opere ed agli scavi previsti in area sud e nord.

Verranno determinate le seguenti grandezze:

- cedimenti

- Sghembo “g”

Le misure realizzate, da confrontare con i limiti imposti dall’Istruzione, sono comprensive dei seguenti contributi:

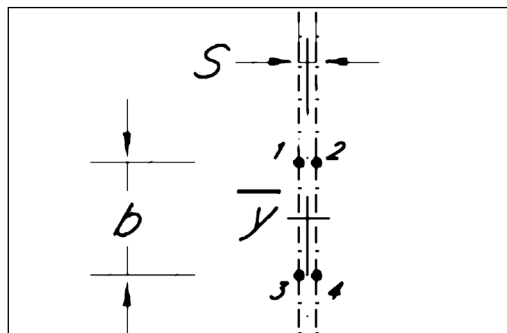
- deformazioni eventualmente già presenti sul binario prima dell’intervento
- deformazioni indotte dalle deformazioni delle opere di sostegno.

Stima dello Sghembo

Il parametro viene definito nel seguente modo:


Sghembo “ γ ”: è l’inclinazione espressa in ‰ relativa di una fila di rotaia rispetto all’altra, calcolata come rapporto tra la differenza di livello trasversale $XL^{(1)}$ fra due sezioni di binario poste ad una distanza data, che è la base di misura dello sghembo, e la base stessa.

Considerando i cedimenti verticali C del piano campagna, la stima dello sghembo si ottiene con la seguente formula:



I valori limite dei parametri considerati sono quelli che comportano vincoli all’esercizio ferroviario, in conformità a quanto riportato nell’Istruzione Tecnica RFI. Le interferenze che si considerano non ammissibili sono quelle per le quali risulta da istituire l’interruzione della circolazione.

¹ Differenza di livello trasversale “XL”: è la differenza di quota di una rotaia rispetto all’altra in una sezione di binario.

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 11 di 18

Per il monitoraggio dei binari si prevede la lettura dei spostamenti verticali di punti posizionati sulla rotaia ad una interdistanza di 3,00 m, contrassegnati in modo indelebile.

Alla fine di ogni sessione di misura verrà costruito il grafico dell'andamento altimetrico delle rotaie ed i valori dello sghembo.

Il parametri geometrici oggetto di monitoraggio saranno:

- Cedimenti
- Sghembo su 3m;
- sghembo su 9 m;

Frequenza dei rilevamenti


Verrà eseguita una lettura iniziale per valutare le condizioni attuali di qualità geometrica del binario.

Durante l'esecuzione dei lavori, il monitoraggio del binario verrà attivato solo nel caso in cui gli spostamenti delle paratie e dei capisaldi più vicini al binario dovessero superare i valori identificati come soglia di attenzione.

La frequenza delle letture sarà definita in base agli spostamenti rilevati dalle misure di livellazione superficiale del piano campagna dei capisaldi più vicini al binario.

Tutti i dati di misura saranno validati giornalmente dall'analista preposto al controllo dei dati.

Le letture verranno eseguite da personale abilitato alla protezione cantiere; non risulta pertanto necessaria la scorta di personale ferroviario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA					
	COLLEGAMENTO FERROVIARIO CO IL PORTO DI AUGUSTA					
RELAZIONE SUL MONITORAGGIO	COMMESSA RS62	LOTTO 01	CODIFICA R11RH	DOCUMENTO GE0006003	REV. A	FOGLIO 12 di 18

4.3 MONITORAGGIO DEI VERSANTI INTERESSATI DA FENOMENI DI DISSESTO

Per tutte le aree interessate dai dissesti, è prevista l'installazione di una specifica strumentazione finalizzata al monitoraggio dell'evoluzione dei movimenti franosi e degli effetti sulle opere di nuova realizzazione.

La scelta della strumentazione da installare è dettata dai parametri che si intendono monitorare. In particolare nella tabella seguente vengono riportate le grandezze da misurare la strumentazione prevista.

Tabella 4-1 Grandezze da misurare e strumentazione prevista

	Grandezza da misurare	Strumentazione prevista
<i>Regime idraulico</i>	Misura di pressioni interstiziali	Celle di Casagrande
<i>Profilo degli spostamenti</i>	Spostamenti dei versanti	Inclinometri
<i>Spostamenti plano-altimetrici</i>	Spostamenti dei versanti	Microprismi
<i>Comportamento delle strutture (paratie, pozzi*, viadotti**)</i>	Spostamenti della struttura	Microprismi, inclinometri

**n.3 microprismi a pozzo, ** n. 4 microprismi per spalle e pile.*

Per le aree in frana, oltre agli strumenti classici (inclinometri, piezometri, capisaldi, mire), si potrà prevedere

l'utilizzo di:

- stazione pluviometrica;
- stazione topografica robotizzata;

- interferometro terrestre;
- interferometria satellitare;
- laser scanner;
- sistema inclinometrico automatico, per il controllo modulare in profondità.

Gli strumenti di monitoraggio dovranno essere installati:

- all'esterno, almeno tre mesi prima dell'inizio dei lavori in modo da poter acquisire un numero di dati significativi ai fini della valutazione della situazione "ante-opera";
- all'interno delle parti componenti l'opera (paratia, rivestimento provvisorio, rivestimento definitivo, ecc.), durante le fasi realizzative.

4.4 MONITORAGGIO DEI RILEVATI

Il monitoraggio dei rilevati previsti in progetto prevede misure di:

- cedimenti del rilevato e del piano campagna;
- cedimenti differenziali all'interno del terreno di fondazione;
- pressioni interstiziali;

La strumentazione per il rilievo delle grandezze sopra riportate è costituita da: capisaldi di superficie, celle piezometriche e assestimetri sia superficiali che profondi.

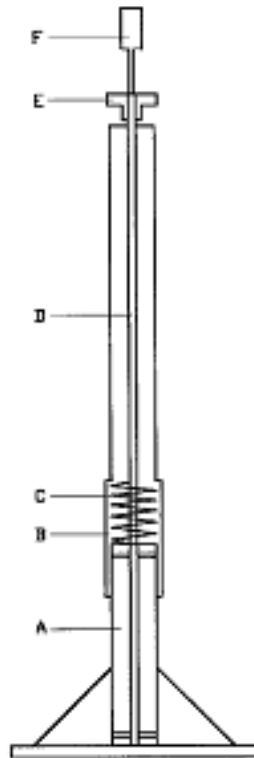
I cedimenti del piano di posa del rilevato saranno misurati attraverso assestimetri a piastra. Alla base della piastra è collegata l'asta di misura, protetta quest'ultima da un fodero isolato dalla piastra per mezzo di un manicotto elastico.

Il piano di appoggio della piastra sarà realizzato da un letto di calcestruzzo magro (sp. 10cm) che consenta di mettere in piano la piastra e quindi perfettamente verticale l'asta.

A protezione dell'asta assestimetica durante la costruzione del rilevato si porrà l'assestometro all'interno di un tubo di calcestruzzo in grado di assorbire le eventuali spinte della terra mossata dai mezzi o dai piccoli urti delle macchine in movimento. Il tubo di calcestruzzo sarà estratto un po' per volta con il progredire della costruzione del rilevato.

I movimenti della base dell'assestometro sono misurati applicando in testa a questo una piccola stadia di riferimento.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto a un sistema di riferimento tridimensionale costituito da capisaldi.



- A. PIASTRA 60 x 60 cm verniciata per protezione contro la corrosione. Completa di tubo h = 60 cm. Il tubo al suo interno ha due anelli saldati per il centraggio dell'asta di misura da 3/8"
- B. TUBO RIVESTIMENTO C/MANICOTTO x MOLLA L = 2,20 mt.
- C. MOLLA
- D. ASTA DI MISURA DA 3/8" in acciaio zincato con manicotto. Lunghezza: 280 cm. Completa di tubo di protezione da 2" in acciaio zincato L = 220 cm con una estremità filettata, e l'altra con manicotto. Compresi porta molla e guarnizione antipolvere.
- E. BOCCOLA x CENTRAGGIO ASTA DI MISURA
- F. DISPOSITIVO SUPERIORE DI TRAGUARDO

PROLUNGHE FILETTATE
Composte da tubo di misura da 3/8" e tubo di protezione da 2" con relativi manicotti
Lunghezze: 150 cm - 200 cm - 250 cm

Figura 4-1 Immagine rappresentative di assestimetri a piastra

4.5 CEDIMENTI DEL PIANO CAMPAGNA E DELLA SOMMITÀ DEL RILEVATO

Il rilevamento dei cedimenti superficiali del piano campagna e della sommità del rilevato avverranno attraverso battuta topografica. Il rilievo avverrà tramite lettura della stadia appoggiata in un pozzetto appositamente realizzato in opera nel punto di misura. Tale pozzetto presenterà idoneo coperchio in cls e un tubo in pvc di altezza minima di 1.0m. Il pozzetto sarà collegato a una barra d'acciaio ad aderenza migliorata infissa nel terreno per almeno 1.0m così come mostrato in Figura 4-2.

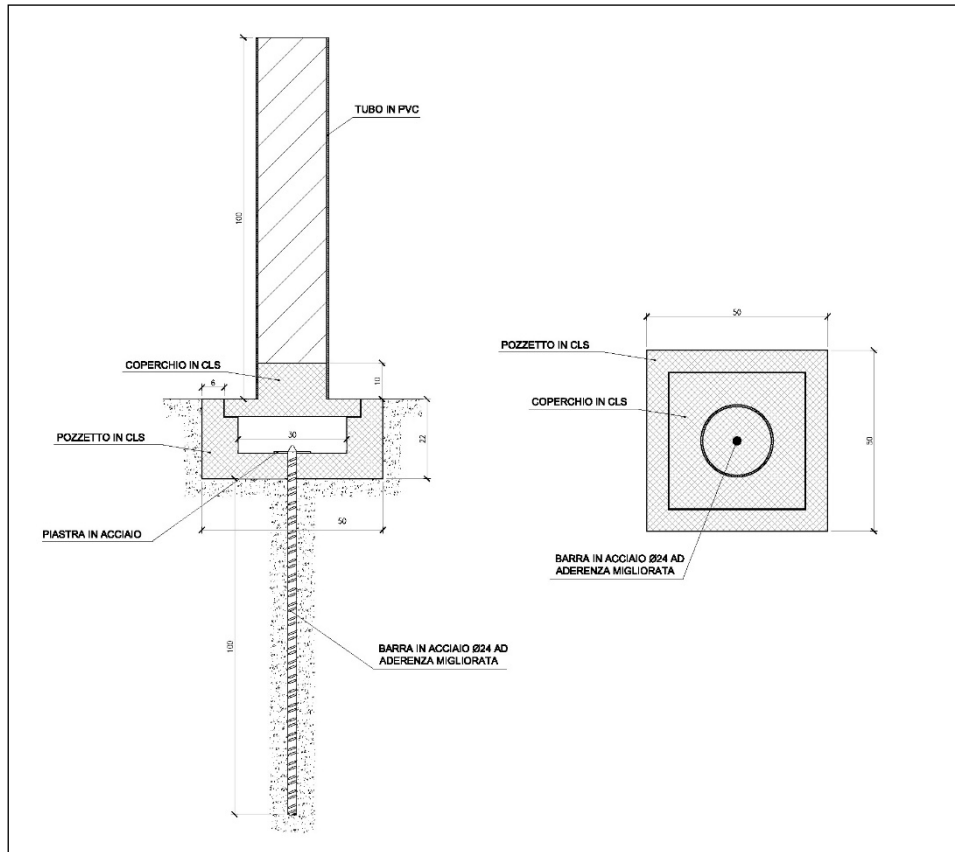


Figura 4-2 Pozzetto tipo per l'alloggiamento della stadia per la livellazione superficiale

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto a un sistema di riferimento tridimensionale.

Dall'elaborazione dei dati si ricaveranno i grafici dell'evoluzione di cedimenti e spostamenti orizzontali in funzione del tempo.

4.6 CEDIMENTI VERTICALI NEL TERRENO DI FONDAZIONE

Cedimenti verticali profondi nel terreno di fondazione del rilevato saranno rilevati attraverso assestimetri magnetici verticali. Tale strumento è costituito da un'asta, opportunamente svincolata dagli attriti con il terreno, attorno alla quale sono installati anelli magnetizzati che costituiscono i punti di misura. Il terreno soggetto a cedimento trascina con sé gli anelli ad esso ancorati. La misura consiste nel rilievo dell'approfondimento degli anelli rispetto alla testa

della colonna. Lo strumento di lettura è costituito da una sonda dotata di cavo millimetrato e di un puntale/interruttore azionato dal campo magnetico creato dagli anelli.

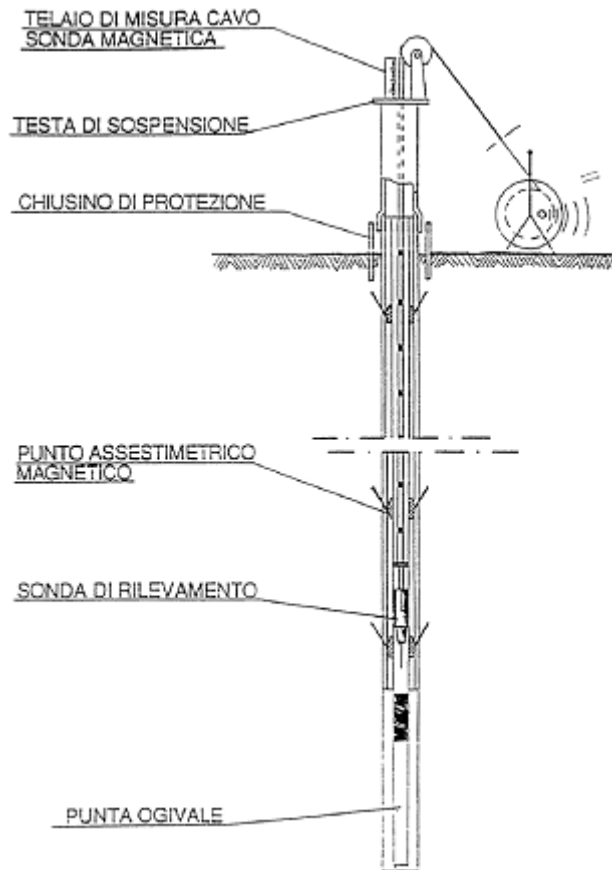


Figura 4-3 Assesti metro magnetico verticale tipo

4.7 PRESSIONI INTERSTIZIALI

Celle piezometriche saranno installate in perforazioni verticali realizzate a distruzione di nucleo. Le perforazioni avranno profondità di circa 10m all'interno del quale saranno alloggiati 2 celle piezometriche. Le caratteristiche delle celle dovranno essere adatte a misure piezometriche in terreni a bassa permeabilità ($k=1 \times 10^{-7} \div 1 \times 10^{-9} \text{m/s}$).

Al termine della procedura di una corretta installazione delle celle nel foro di perforazione (secondo indicazioni del fornitore), si dovrà verificare con una o più letture il funzionamento dello strumento installato.

Il cavo delle celle piezometriche dovrà essere portato al di fuori dal rilevato infossato in una trincea precedentemente preparata a partire dal foro di installazione. Alla base della trincea sarà posato un letto di sabbia (sp. 20cm) in cui verrà adagiato il cavo con andamento sinusoidale.

Terminate tutte le operazioni di installazione della cella piezometrica si provvederà a proteggere il terminale del cavo in attesa di una definitiva centralizzazione.

Il sistema di acquisizione dati potrà essere costituito da una centralina dotata di memoria. I dati saranno periodicamente riversati su PC per la loro elaborazione.