

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI
LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE
PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES
Ing. P. LOSPENNATO
Ing. S. PELLEGRINI
Ing. A. POLLI
Ing. M. MARELLI
Ing. A. LUCIA

Ing. M. PROCACCI
Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. M. CARAFFINI
Geom. M. BINAGLIA

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. E. RASIMELLI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. F. RUGGIERI

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
SWISS

Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
ITALIA

Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

PIANO DI MONITORAGGIO GEOTECNICO

Relazione di monitoraggio geotecnico

| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | | | | REVISIONE | PAG. |
|-------------------------|--|---------------------|--|-------------|--|-----------|----------------------|
| PROGETTO D P C A 2 2 | | T00_MO01_GEO_RE01_A | | | | | |
| LIV. PROG. D | | N. PROG. 2 0 0 2 | | | | | |
| CODICE ELAB. T 0 0 | | M O 0 1 | | G E O | | R E 0 1 | A |
| D | | | | | | | 1 di 10 |
| C | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| A | | PRIMA EMISSIONE | | AGOSTO 2020 | | A. LUCIA | M.MARELLI RASIMELLI |
| REV. | | DESCRIZIONE | | DATA | | REDATTO | VERIFICATO APPROVATO |

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 2 di 10</p> |
|---|--|

SOMMARIO

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 | <i>Oggetto e scopo</i> | 4 |
| 2 | DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO | 4 |
| 3 | ESECUZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE MISURE | 6 |
| 4 | GESTIONE DEI DATI | 7 |
| 5 | CARATTERISTICHE TECNICHE | 8 |
| 5.1 | <i>Strumentazione topografica</i> | 8 |
| 5.2 | <i>Celle di carico</i> | 8 |
| 5.3 | <i>Tubazioni inclinometriche</i> | 8 |

1 INTRODUZIONE

Il progetto in oggetto rientra nei lavori della nuova SS389 della quale sono stati già realizzati i tratti a nord dello svincolo di Villagrande Strisaili.

L'intervento prevede una variante della SS389 nel tratto tra Villagrande Strisaili e Arzana, a due corsie (categoria C ex DM 05.11.2001) per un'estensione di circa 6 Km. La variante si sviluppa nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diversi viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente. L'opera migliora le caratteristiche geometriche della strada statale, che presenta attualmente elevata tortuosità, incrementando il livello di sicurezza in esercizio.

Nello specifico, il tracciato prevede:

- la realizzazione di 7 viadotti di luce variabile da un minimo di 40.00 m ad un massimo di circa 260.00 m;
- la realizzazione di 3 tratti in galleria artificiale dal Km 0+400 al Km 0+800, dal Km 1+940 al Km 2+060 e dal Km 4+520 al Km 4+280;
- realizzazione di due intersezioni a raso con rotatoria.

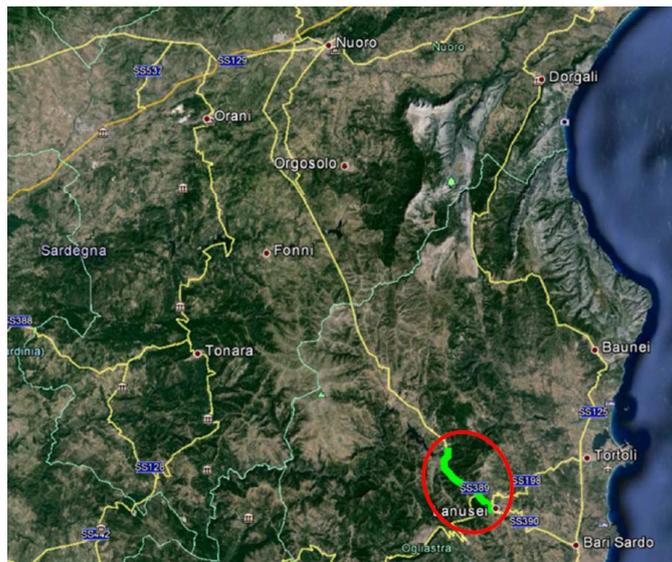


Figura 1: Corografia generale con inquadramento dell'opera

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 4 di 10</p> |
|---|--|

1.1 Oggetto e scopo

Lo scopo della presente relazione è di fornire le indicazioni relative al monitoraggio geotecnico di tale tratta sia durante le lavorazioni sia durante l'esercizio della strada, una volta realizzati i lavori.

2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Le condizioni geotecniche di tale tratta sono state indagate mediante una approfondita campagna geotecnica, che ha permesso di ricostruire in dettaglio le caratteristiche dei materiali in tutta la tratta.

I risultati e l'interpretazione di tale indagine sono riportati in una apposita relazione geotecnica.

I materiali che interessano la tratta hanno buone resistenze meccaniche e sono di natura rocciosa con presenza in superficie una coltre superficiale limitata e di uno strato di spessore variabile di alterazione del substrato.

Lungo la tratta sono presenti le seguenti opere che dovranno essere provviste di apposita strumentazione geotecnica:

- opere di scavo provvisorie chiodate per la realizzazione delle gallerie artificiali e dei muri di sostegno;
- opere di scavo definitive chiodate per la realizzazione dei tratti in trincea;
- paratie provvisionali;
- rilevati nuovi;
- galleria artificiale scavata con metodo Milano;
- strada esistente da preservare durante i lavori.

Verranno quindi previste per il monitoraggio di tali elementi le seguenti strumentazioni:

- mire ottiche;
- celle di carico.
- Inclinatori.

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 5 di 10</p> |
|---|--|

Il sistema di monitoraggio previsto comprende la seguente strumentazione:

1. Gli spostamenti tridimensionali delle superfici verranno monitorati tramite target tape normalmente impiegati per il monitoraggio dei movimenti con misure topografiche. I target tape dovranno essere solidarizzati a basamenti in cemento o strutture similari in modo da muoversi con la superficie del terreno. Le misure verranno eseguite tramite stazione totale (teodolite)
2. I carichi nei puntoni verranno monitorati tramite celle di carico opportunamente posizionate tra la piastra di appoggio e la base.
3. Gli spostamenti orizzontali sulla verticale nei rilevati verranno monitorati mediante tubazioni inclinometriche. Le tubazioni dotate di 4 guide a 90° servono per far scorrere il sistema inclinometrico che con letture manuali ogni 0.5 m registra le variazioni di inclinazione tra la lettura di zero e le successive.

L'ubicazione e le caratteristiche di installazione di tale strumentazione è mostrata negli elaborati grafici di progetto (T00MO01GE01SZ01A).

Il monitoraggio geotecnico è principalmente basato su target tape, distribuiti lungo lo sviluppo delle opere che consentano di verificare l'entità degli spostamenti e la stabilità delle stesse nel corso dei lavori nonché a lavori terminati e durante il nuovo esercizio dell'infrastruttura.

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 6 di 10</p> |
|---|--|

3 ESECUZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE MISURE

Una volta effettuata l'installazione ed il collaudo della strumentazione, le frequenze indicative delle letture per la durata dei primi 6 mesi post opera potranno essere pari, per tutti gli strumenti, a 1 volta al mese mentre per i successivi sei mesi è sufficiente 1 lettura ogni 2 mesi.

Sulla base della analisi dei cedimenti e delle verifiche di stabilità riportate nella relazione geotecnica e di calcolo, potranno essere adottati i seguenti valori di soglia (attenzione e allarme):

- Spostamenti orizzontali
Soglia di attenzione = 10 mm
Soglia di allarme = 15 mm

- Cedimenti verticali
Soglia di attenzione = 5 mm
Soglia di allarme = 10 mm

- Celle di Carico
Soglia di attenzione = 1000 kN
Soglia di allarme = 2000 kN

Letture nel campo di allarme richiederanno un aumento del controllo. Sulla base inoltre delle letture che saranno effettuate nei primi 12 mesi e della loro relativa interpretazione sul comportamento delle opere saranno inoltre stabiliti dei valori assoluti che, se superati, saranno sicuramente da considerarsi come indizio di uno stato tensio – deformazionale critico su cui intervenire.

L'emissione dei dati derivanti dal monitoraggio dovrà essere restituita tramite apposito report periodo-co in formato editabile (.doc, .pdf, .dwg).

Di seguito le frequenze e le soglie per ogni strumento, quest'ultime espresse in mm.

| | |
|--|--|
| ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico | File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 7 di 10 |
|--|--|

| | Frequenza di misura | | | | soglia di allerta | soglia di allarme |
|------------------------------|---------------------|---|--|-------------------------|-------------------|-------------------|
| | Ante opera (3 mesi) | Corso d'opera | Post (12 mesi) | | | |
| Mire ottiche | - | 1 volta al giorno (pareti di scavo) 1 volta a settimana (berlinesi provv.) 1 volta a settimana (GA01) | 2 volte a settimana | cedimenti | 5 mm | 10 mm |
| | | | | spostamenti orizzontali | 10 mm | 15 mm |
| Celle di carico | - | 3 volte a settimana | - | Carico | 1000 kN | 2000 kN |
| Tubi inclinometrici (L= 15m) | - | - | 1 volta al mese per i primi 6 mesi e ogni 2 mesi per i successivi sei mesi | spostamenti orizzontali | 10 mm | 15 mm |

4 GESTIONE DEI DATI

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 resi disponibili agli 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 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 co-struzione 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;

| | |
|--|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 8 di 10</p> |
|--|--|

- 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. - Appaltato-re - 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.

5 CARATTERISTICHE TECNICHE

5.1 Strumentazione topografica

Il target tape consiste in un telaio in materiale plastico con un supporto piano ruotabile di 360° sul quale vengono applicate delle mire catarifrangenti adesive ad elevata precisione e visibilità da 50x50 mm. Ha un campo di misura variabile da 2 a 80 metri, dipendente dalle condizioni ambientali e dall’angolo con lo strumento topografico di misura (teodolite).

5.2 Celle di carico

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nei puntone dovranno essere posizionate in corrispondenza di una delle due estremità del puntone. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di 4000 kN e una sensibilità di almeno 0.06 % del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all’installazione del puntone, prima dell’esecuzione di ulteriori lavorazioni.

5.3 Tubazioni inclinometriche

Il tubo inclinometrico è uno speciale tubo scanalato, progettato per garantire una giunzione tubo-tubo perfettamente allineata e priva di discontinuità.

| | |
|---|--|
| <p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 9 di 10</p> |
|---|--|

L'elevata qualità del polimero plastico utilizzato (ABS) e la tecnologia di produzione, permettono di ri-durre al minimo la spirallatura delle guide e garantiscono installazioni senza problemi di implosione del tubo fino a 100 m di profondità.

Le tubazioni inclinometriche sono composte da una tubazione inclinometrica in ABS.

I rilievi inclinometrici consistono nelle misure di deviazione dalla verticalità di punti significativi disposti lungo una verticale. Dalle misure, mediante integrazione numerica, si risale agli spostamenti evidenziando così le zone in movimento nel sottosuolo. I rilievi sono generalmente effettuati in modo manuale con attrezzature removibili munite di guide (sonde inclinometriche) che vengono calate in appositi tubi scanalati, cementati in un foro di sondaggio (Figura 3). Un rilievo comporta di solito l'esecuzione di quattro cicli di misura, ruotando la sonda di 90° nel foro per annullare gli errori sistematici. Le misure saranno effettuate sia in discesa che in risalita, con passo pari a 0.5m.

Ogni elaborazione di rilievi inclinometrici è confrontata con la deformata della lettura iniziale (di zero). Gli spostamenti lungo la verticale possono essere riferiti alla testa della tubazione inclinometrica (la cui posizione deve essere determinata con misure ottiche) oppure al fondo foro (considerato fisso). La deformata, determinata dagli angoli di rotazione della sonda rispetto alla verticale in due piani verticali normali, viene di solito descritta con riferimento a un sistema di coordinate polari (modulo ed azimuth). È anche possibile utilizzare altri sistemi di riferimento, per esempio un sistema di coordinate cartesiane x-y.

L'accuratezza delle misure inclinometriche dipende dalla qualità della strumentazione e dall'esecuzione delle misure. Sono causa di errori sistematici:

1. la variazione della sensibilità delle apparecchiature di misura (derive di temperatura e invecchiamento dei sensori);
2. la variazione dei valori di zero degli stessi sensori;
3. la variazione di assetto dei sensori inclinometrici, dovuta alla meccanica dello strumento;
4. gli errori dovuti alla spirallatura delle tubazioni.

Ai primi tre si pone parziale rimedio con una frequente taratura dello strumento. Sono invece causa di errori accidentali la variazione dell'assetto della sonda (dovuta a

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><i>ANAS S.p.A.</i> S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 Relazione di monitoraggio geotecnico</p> | <p>File: T00_MO01_GEO_RE01_ A Data: Agosto 2020 Pag. 10 di 10</p> |
|--|---|

variazioni di tolleranza meccanica tra ruote e guide, a causa di impurità, incrostazioni, giunti, ecc.) e gli errori nella determinazione della quo-ta della sonda. Essi si possono ridurre con la ripetizione delle misure.