UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

Abstract

STABILIZZAZIONE DI UNA FRANA PROFONDA CON OPERE STRUTURALI. ANALISI DI UNA CASE HISTORY

RELATORI

Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

Ch.mo Prof. Antonio Santo

Co-relatore

Prof.ssa Ing. Marianna Pirone

CANDIDATO

Salvatore Gentile

Matr. M67/196

ANNO ACCADEMICO 2017/2018

CASO DI STUDIO

Il caso studio riguarda il progetto di stabilizzazione e messa in sicurezza, realizzato da Rete Ferroviarie Italiane, del fenomeno franoso del versante tra i km 70+200 e 70+600 della linea ferroviaria Napoli-Reggio Calabria, nel Comune di Pisciotta in provincia di Salerno.

Il tratto dell'asse ferroviario cilentano che interessa la zona costiera nel territorio comunale di Pisciotta dal punto di vista geologico attraversa versanti molto sensibili alla franosità. Questo è accertato da vari studi effettuati nel corso degli anni a seguito della formazione di dissesti nei terreni e nelle infrastrutture presenti nell'area. *[Figura-1]*.

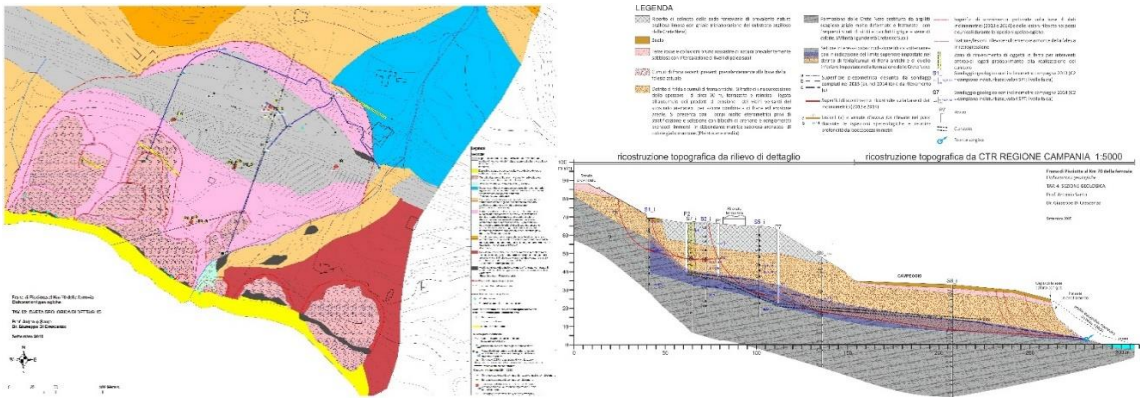

Figura 1 – pianta e sezione geologica a cura del Prof. Antonio Santo

Il motivo di tale instabilità generale è legato alla conformazione geologica della costa alla concomitante e continua azione erosiva operata dal mare e al carico dovuto dal rilevato ferroviario.

L'innesco ed il movimento di queste frane è altresì favorito da una costante circolazione idrica sotterranea che si instaura alla base dei detriti di frana, permeabili per porosità, e i sottostanti terreni della Formazione delle Crete Nere a prevalente componente argillosa e perciò impermeabile. Il netto contrasto di permeabilità crea una falda le cui emergenze superficiali sono evidenti in numerose piccole sorgenti.

Gli spostamenti e i dissesti hanno comportato un abbassamento delle condizioni di sicurezza e del livello prestazionale della ferrovia che per tali motivi è continuamente monitorata. Pertanto RFI ha deciso di effettuare degli interventi di stabilizzazione del versante. Il problema analizzato risulta essere molto impegnativo a causa dello spessore della frana; il costo dell'intervento progettato è di circa 5000000 di euro. In altre condizioni sarebbe stato preferibile e meno costoso realizzare un viadotto o deviare la tratta ferroviaria. Purtroppo per le conformazioni del versante e per la presenza di due gallerie che costituiscono dei punti obbligati per il passaggio dei binari del treno si è deciso,

nonostante le enormi difficolta progettuali e di realizzazione, di effettuare questo intervento che può essere definito al di fuori dei canoni convenzionali.

MONITORAGGIO: MISURA DEGLI SPOSTAMENTI PROFONDI

Le attività di monitoraggio eseguite nel cantiere di Pisciotta, con inclinometri (realizzati in due fasi), hanno permesso l'acquisizione e l'elaborazione degli spostamenti profondi della frana.

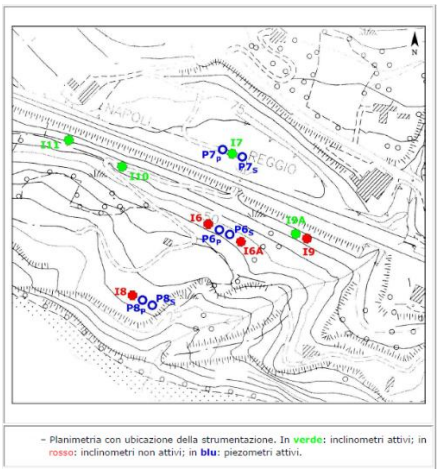

Figura 2 – Ubicazione delle canne inclinometriche.

Dall'elaborazione di tali dati è possibile affermare che il movimento franoso avviene, seppur molto lentamente, lungo una superficie di scorrimento situata lungo il contatto stratigrafico tra il substrato (stabile delle Crete Nere) e la parte superiore costituita dai detriti di frana *[Figura 3]*.

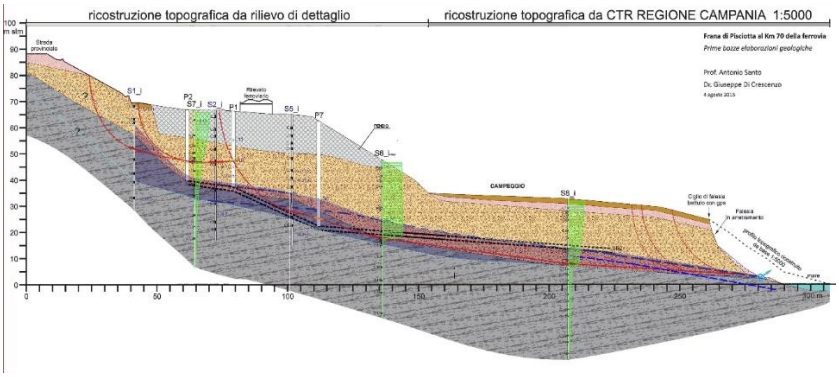

Figura 3 – Sezione con profili inclinometrici.

Sono stati inoltre ricavati e montati in pianta i vettori spostamento dei singoli inclinometri *[Figura 4]*.

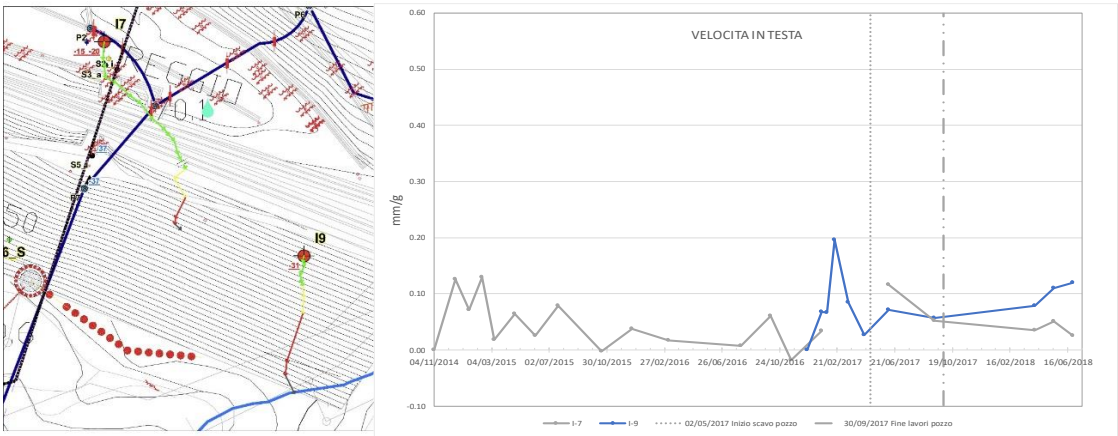

Figura 4 – A sinistra:In verde i vettori spostamento misurati prima dell'inizio dei lavori. In giallo quelli misurati durante la realizzazione del pozzo strutturale. In rosso quelli misurati dopo la realizzazione del pozzo. In nero quelli misurati dopo la realizzazione di 4 pali. A destra le velocità in testa agli inclinometri

Dalla lettura dei vettori spostamento, come confermato anche dalle velocità ricavate in testa ai due inclinometri riportati in *[Figura 4]*, è possibile notare che prima della realizzazione del pozzo strutturale tali inclinometri avevano rilevato degli spostamenti comparabili. Ultimati i lavori del pozzo, gli spostamenti (e la velocità) si sono ridotti notevolmente per l'inclinometro I7, che risente quindi dell'effetto benefico dell'infrastruttura, mentre ciò non accade per l'inclinometro I9, troppo lontano dal pozzo e per il quale sarà fondamentale l'esecuzione della fila di pali sul fianco sinistro della frana.

ANALISI E VERIFICA DEL CARICO LIMITE DEI PALI

Con il proseguire delle lavorazioni di realizzazione dei pali è stato poi possibile ricavare una sezione trasversale dei terreni del versante nella quale si evince che partendo dal corpo centrale (dove è ubicato il pozzo) e spostandosi verso il fianco sinistro della frana si ha una riduzione dello spessore dei detriti e, essendo i pali tutti della medesima lunghezza, un incremento del tratto ammorsato nelle Crete Nere *[Figura 5]*.

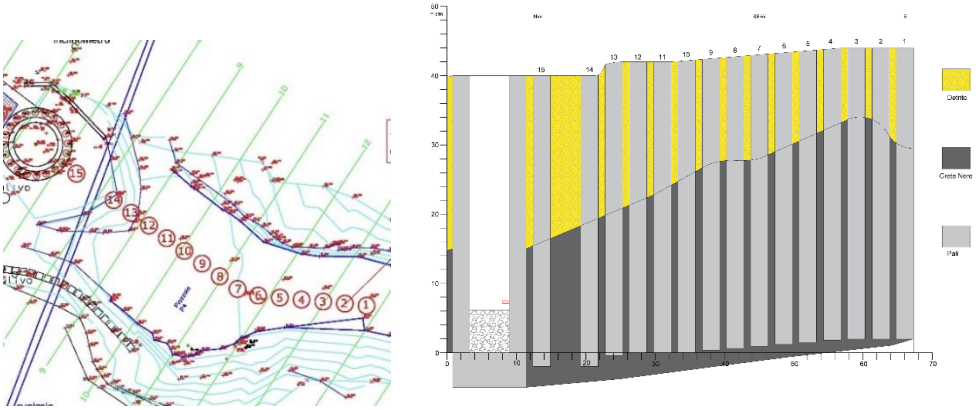

Figura 5 – Sezione trasversale al corpo di frana

E' stata effettuata un'analisi e verifica del carico limite dei pali e degli eventuali meccanismi di rottura che possono verificarsi. A tale scopo si è fatto riferimento alle soluzioni di Di Laora et al.(2017) ricavate per le condizioni drenate dove sia terreno che pali sono stati schematizzati come rigido plastici *[Figura 6]*. In tali abachi sulle ascisse è riportato il rapporto tra la lunghezza del tratto infisso l2 e del tratto instabile l1. Md rappresenta il valore del momento di plasticizzazione adimensionalizzato della sezione dei pali, td, invece, il valore del taglio adimensionalizzato.

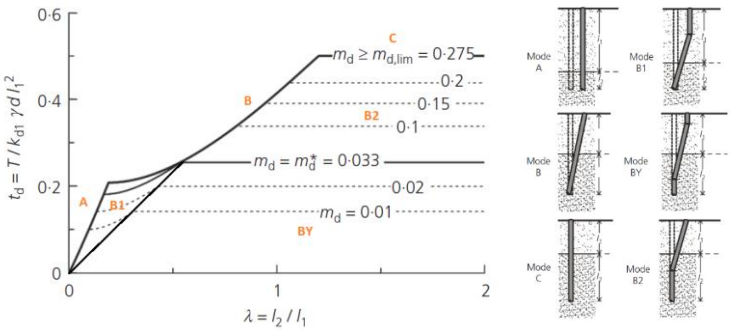

Figura 6 – Abachi adimensionali per l'analisi del carico limite dei pali. Di Laora et al.(2017)

In *[Figura 7]* sono rappresentati i risultati dell'analisi.

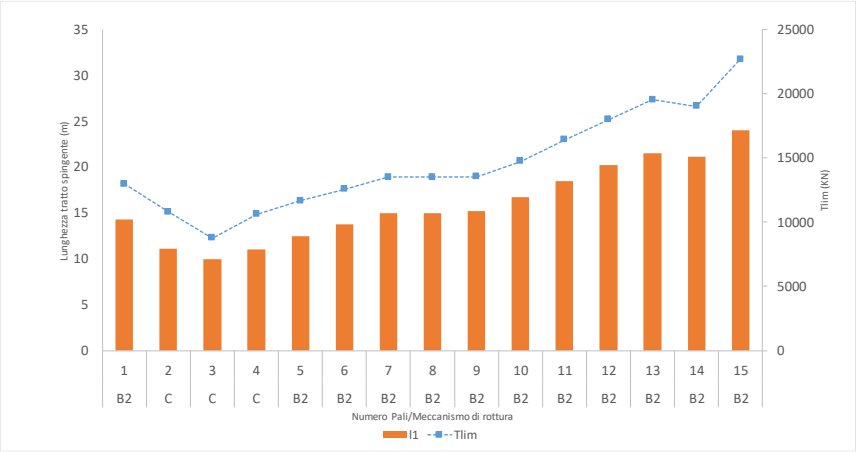

Figura 7 – Meccanismi di rottura dei pali al variare del tratto spingente

DESCRIZIONE DELLE PROCEDURE DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Date le dimensioni e la natura non convenzionale delle opere di stabilizzazione previste è stata riportata poi una descrizione delle modalità e procedure di esecuzione delle stesse.

Per quanto riguarda il pozzo strutturale (Dest=10.80 m , Dint=7.20 m , Profondità = 45 m) è stata prima realizzata una corona costituita da 20 pali φ1000 rototrivellati per poter effettuare lo scavo del pozzo, eseguito secondo la modalità top-down, in tutta sicurezza. Con l'avanzare dello scavo (11 fasi) è stato realizzato all'interno dello stesso l'anello di irrigidimento del pozzo *[Figura 8]*.

Figura 1 – Scavo del pozzo e realizzazione dell'anello di irrigidimento

Per quanto concerne invece la realizzazione dei pali (D=2.5 m , L=42 m), essa è stata eseguita in 5 fasi (tarate sui tentativi fatti precedentemente su dei pali prova) *[Figura 9]*.

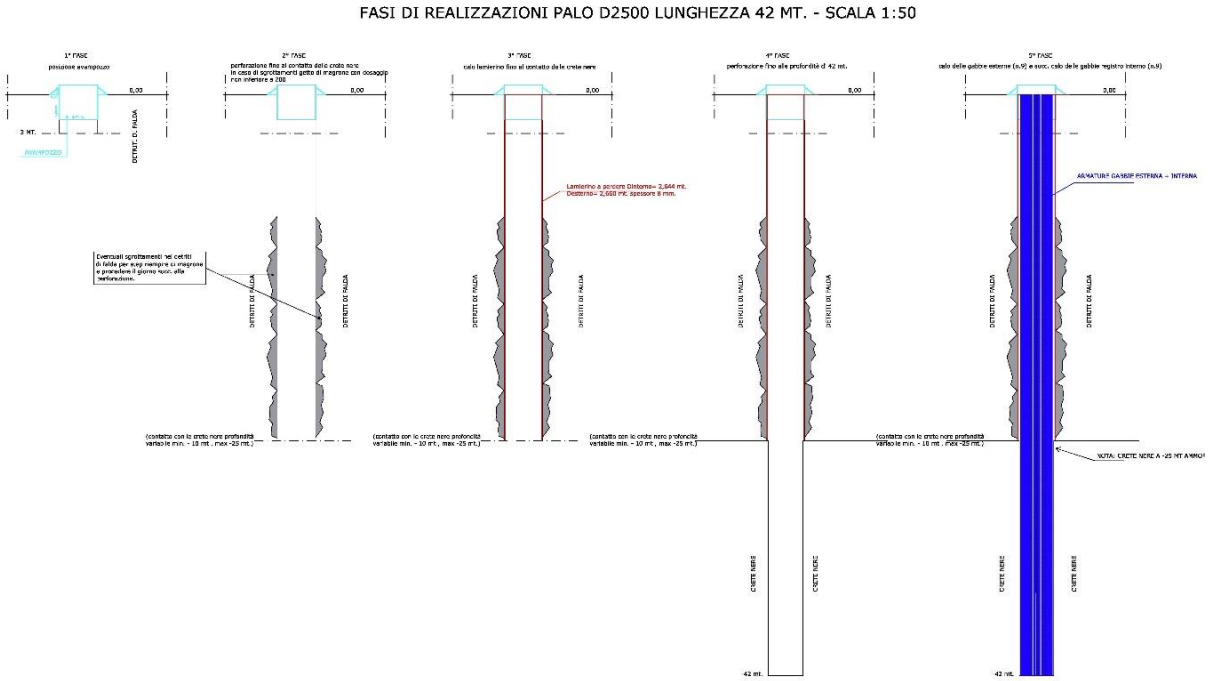

Figura 9 – Fasi realizzative pali φ2500

CONCLUSIONI

Dalle elaborazioni delle misure inclinometriche risulta evidente che il movimento franoso seppur molto lento (vedi classificazione di Varnes) è ancora in atto. La superficie di scorrimento è attestata al contatto tra i due litotipi prevalenti, ovvero tra il substrato stabile delle Crete Nere e il sovrastante detrito di frana.

Dall'analisi dei vettori spostamento e delle velocità in testa agli inclinometri è evidente che il pozzo drenante sta attenuando gli spostamenti della verticale. Tali spostamenti sono inferiori a quelli registrati nella verticale nonostante questo sia sul fianco e non nel corpo centrale della frana.

Dalle analisi effettuate sul carico limite e sui meccanismi di rottura dei pali risulta che il meccanismo di rottura prevalente è di tipo strutturale e comporta la formazione di una cerniera plastica nel tratto di palo che attraversa il substrato. Confrontando però il valore dello sforzo di taglio che il palo in tali condizioni trasferisce al terreno si nota che è sempre maggiore (e in alcuni casi ben di un ordine di grandezza) del taglio ultimo ricavato nella verifica della sezione allo SLU. Per tali motivi nessuno dei meccanismi di rottura ricavati dall'abaco si verifica, ma l'azione limitante risulta quella tagliante (rottura fragile) contraddicendo il principio della gerarchia delle resistenze.

La stabilizzazione della frana di studio è stata molto impegnativa sia dal punto di vista progettuale che da quello realizzativo per la profondità della frana e per le dimensioni delle opere previste (oltre che per le difficolta riscontrate in cantiere). Pertanto tale intervento può essere definito al di fuori dei canoni convenzionali.