

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

Abstract

**ASTE DRENANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI UNA  
FRANA PROFONDA – ANALISI DI UN CASO**

**Relatore**

*Chiar.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli*

**Candidato**

*Gianluigi Ciasullo*

*Matr. M67/191*

ANNO ACCADEMICO 2017/2018

## **INTRODUZIONE**

I fenomeni franosi costituiscono una delle cause principali di rischio per l'incolumità di beni e persone. Le cause scatenanti sono molteplici e dipendono da elementi di diversa natura. I fattori da monitorare sul territorio sono numerosi e riguardano diversi aspetti (naturali, antropici, idrogeologici); alcuni di essi risultano caratteristici di un versante e restano invariati nel corso del tempo, altri invece devono essere soggetti ad un controllo continuo per la loro rapida variabilità.

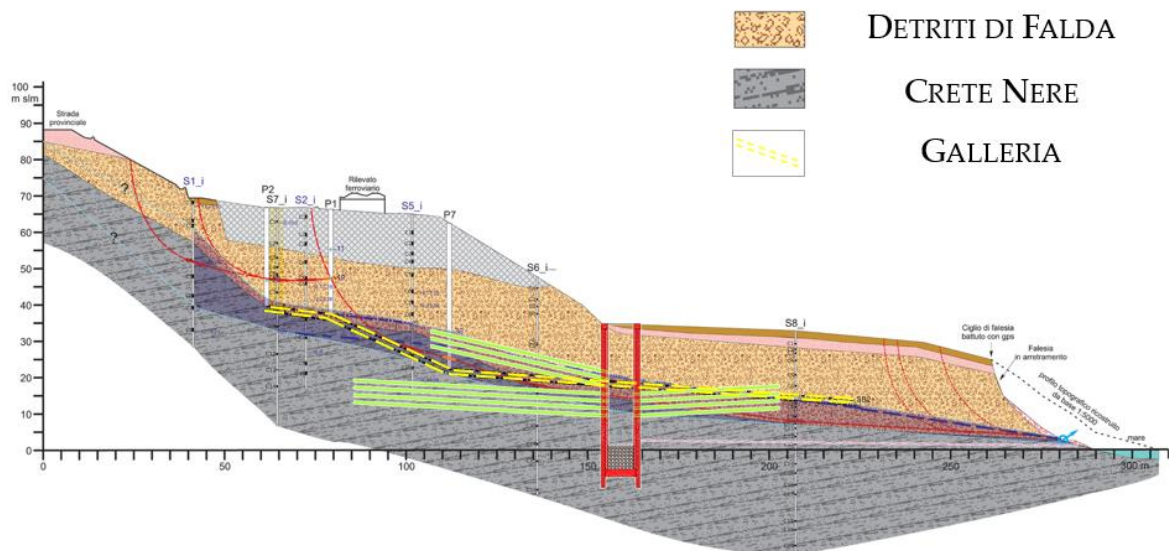
La tipologia di frana oggetto di studio è una frana profonda da scorrimento rotazionale che richiede un intervento di tipo attivo finalizzato ad elevare il coefficiente di sicurezza del pendio.

L'esame del caso ha messo in evidenza il notevole spessore della frana in atto che, nella sua parte più profonda raggiunge i 40 m, il che configura una situazione estremamente impegnativa sotto il profilo geotecnico e progettuale. Pertanto, si è deciso di realizzare un duplice intervento; è stato costruito un pozzo strutturale da cui parte una serie di aste drenanti con l'obiettivo di abbassare la falda freatica fino alla superficie di scorrimento critica e una fila di pali di grande diametro che svolge una ulteriore funzione strutturale di stabilizzazione del movimento franoso.

## **INTERVENTO DI DRENAGGIO**

L'area interessata dal dissesto attivo si estende dalla strada per Marina di Pisciotta alla linea di costa, e comprende – oltre al tratto di linea ferroviaria - alcune abitazioni. Un articolato sistema di drenaggio delle acque sotterranee, risalente all'inizio del '900, fu realizzato per stabilizzare il versante a seguito della costruzione del primo binario ferroviario della linea Battipaglia – Reggio Calabria.

La presenza di questo sistema pone l'attenzione su quanto fosse importante, già all'epoca, regolare il flusso delle acque sotterranee e abbassare le pressioni neutre nel pendio; con le medesime finalità è stato realizzato l'intervento di drenaggio oggetto di studio. L'intervento è costituito da un pozzo di grande diametro in cui la funzione drenante viene affidata ad un sistema di aste sub-orizzontali disposte su più livelli a partire dalla superficie interna del pozzo.



**Figura 1** – Sezione longitudinale dell'intervento di aste drenanti realizzato

Come si può osservare dalla figura, quattro livelli di aste drenanti si trovano a una profondità maggiore di quella della galleria, ciò al fine di deprimere le pressioni neutre a una profondità superiore a quella prevista dal preesistente sistema di drenaggio.

Durante le fasi di manutenzione del fondo pozzo, in cui sono state interrotte momentaneamente le perforazioni, è stato possibile raggiungere i microdreni ed effettuare due campagne di misura delle portate uscenti dalle aste drenanti, la prima a fine maggio e la seconda a fine giugno. Le portate ottenute fanno riferimento ad aste in cui la portata uscente è misurabile; si segnala la presenza di numerose aste drenanti dove la portata uscente non raggiunge valori misurabili.

INTERSPAZIO PALI	LIVELLO	PROFONDITA' (m)	LUNGHEZZA (m)	PORTATA (l/s)	
P3_P4	C	-19.55	70	n.m.	0.0077
P17_P18	D	-21.55	70	0.02	n.m.
P3_P4	D	-21.55	70	0.55	0.018
P1_P2	D	-21.55	70	0.83	0.25
P7_P8	E	-23.55	40	0.4	n.m.
P8_P9	E	-23.55	40	0.058	0.2
P14_P15	F	-25.55	40	0.07	0.01
P10_P11	G	-27.00	40	0.025	0.055
n.m. = portata non misurabile				MAGGIO	GIUGNO

*Figura 2* – Portate uscenti dalle aste drenanti

Le acque captate e raccolte nel pozzo drenante, sono convogliate e sversate a mare tramite lo scarico di fondo del pozzo, realizzato con perforazione teleguidata. I valori della portata uscente dallo scarico di fondo sono risultati in crescita nel corso delle misurazioni; tra la prima e l'ultima misura effettuata la portata è aumentata da 0,7 l/s a circa 0,83 l/s, rientrando perfettamente nell'intervallo di valori attesi in fase di calcolo preliminare.



*Figura 3* – Operazioni di misura della portata delle aste drenanti

## MISURE PIEZOMETRICHE E DI PERMEABILITA'

La misura della permeabilità in laboratorio è stata eseguita durante le campagne di indagine realizzate in fase di progetto sui terreni campionati. Dai risultati ottenuti si evince una variabilità della permeabilità dei campioni indagati legata fortemente alla quantità di materiale fine presente all'interno del terreno. Per questo motivo si è deciso di realizzare prove di permeabilità in sito a carico variabile. Le prove sono

state realizzate immettendo nei piezometri lo stesso volume di acqua (corrispondente a circa 70 litri), le misure del livello di falda sono state effettuate con l'ausilio di un freatimetro. Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

PERMEABILITA' MEDIE			
DETRITI DI FALDA	P8_S	4.89E-06	(m/s)
	P6_S	1.41E-06	(m/s)
CRETE NERE	P8_P	5.37E-07	(m/s)
	P6_P	5.53E-07	(m/s)

Figura 4 – Permeabilità misurate attraverso le prove in sito

Il sistema di monitoraggio gestito dal CNR-IRPI di Cosenza consente di accedere ai dati relativi alle profondità dei livelli di falda in corrispondenza dei piezometri strumentati P7\_S, P7\_P e P6\_S. Sono stati diagrammati i valori dei livelli di falda forniti dal sistema di monitoraggio, i valori delle misure freaticometriche registrate durante i sopralluoghi in sito e i dati di pioggia giornaliera. Si nota un forte abbassamento della piezometria, di circa **2m** tra il valore di falda allo stato di fatto e quello attuale, in corrispondenza del piezometro P6\_S. Negli altri due piezometri i valori sono più modesti a causa della distanza dal sistema drenante.

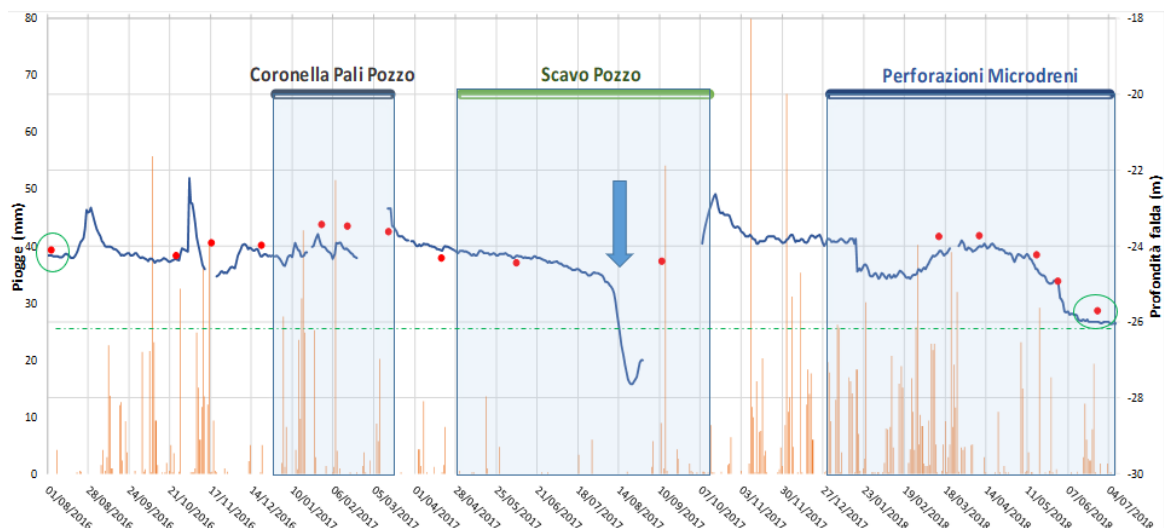
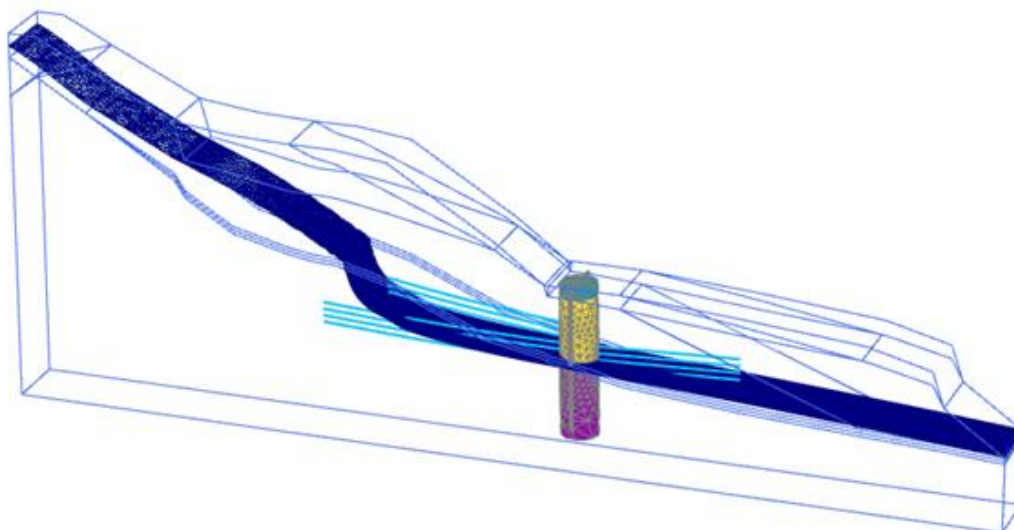


Figura 5 – Andamento della piezometria nel piezometro P6\_S

## MODELLAZIONE IN PLAXIS 3D

Il programma PLAXIS 3D FOUNDATION è un codice di calcolo agli elementi finiti che offre la possibilità di eseguire analisi di deformazione e stabilità nell'ambito di molteplici applicazioni geotecniche. La generazione di un modello agli elementi finiti comincia con la creazione di un modello geometrico che è la rappresentazione del problema da studiare; nel caso in esame è stato modellato un volume di terreno di dimensione trasversale pari a 19 m e dimensione longitudinale pari a 281 m.

A seguito della realizzazione del modello stratigrafico, dell'inserimento degli elementi strutturali e drenanti e della modellazione della superficie di falda allo stato di fatto si è proceduto all'analisi di calcolo del livello piezometrico allo stato stazionario. Il risultato ottenuto è il seguente:

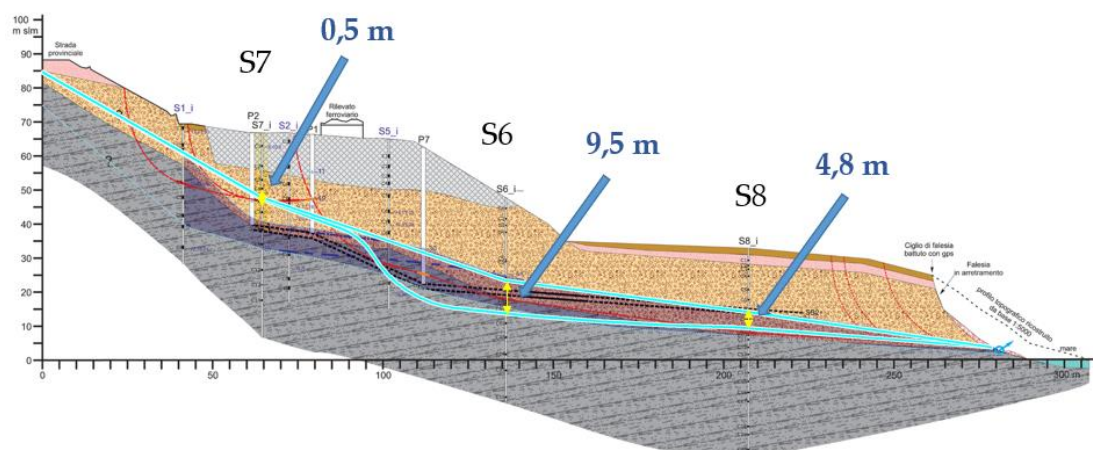


*Figura 6* – Risultato dell'analisi di calcolo della condizione stazionaria

La superficie piezometrica ottenuta dall'analisi mostra un andamento in cui la falda raggiunge profondità superiori alla superficie di scorrimento. Questa condizione crea un forte abbassamento delle pressioni neutre con un conseguente incremento del coefficiente di sicurezza del pendio.

ABBASSAMENTO DEL LIVELLO DI FALDA TRA LO STATO DI FATTO (AGOSTO 2016) E

LA CONDIZIONE STAZIONARIA ( $T=\infty$ )



*Figura 7* – Abbassamento del livello di falda

## CONCLUSIONI

La modellazione in Plaxis 3D evidenzia la grande efficacia dell'intervento di stabilizzazione realizzato. L'abbassamento del livello di falda registrato in condizioni stazionarie ( $t=\infty$ ), è indice di una forte riduzione delle pressioni neutre agenti sulla superficie di scorrimento. Durante il processo di filtrazione le pressioni neutre passano da una condizione iniziale molto prossima a quella idrostatica a una in cui le pressioni neutre si annullano per effetto del moto di filtrazione verticale innescato dalle aste drenanti; tale risultato viene conseguito per la presenza di più livelli di aste drenanti al di sotto della galleria preesistente.

Lo studio delle portate uscenti dalle opere di drenaggio preesistenti e dal sistema di aste realizzato, ha consentito di valutare l'effettivo incremento della portata di acqua allontanata dal sottosuolo. Confrontando i valori di portata uscenti dai dreni misurati in sito con quelli ricavati dalla modellazione si evince che i valori sono comparabili; per mezzo di questo risultato si può affermare che le prove di permeabilità in sito hanno fornito valori affidabili e che attraverso la modellazione si è potuto analizzare la loro incidenza sui valori di portata uscenti dalle aste.