



*“I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
Un esempio di gestione di problematiche geotecniche”*



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

LINEA TORINO-GENOVA

Tratta San Paolo Solbrito-Villafranca Cantarana (provincia di Asti)

La tratta si caratterizza per la presenza di una sequenza di rilevati “di grande altezza” storicamente interessati da fenomeni franosi, già a partire dai primi anni successivi alla loro realizzazione, e per tanto oggetto nel corso del tempo di diversi interventi di consolidamento.



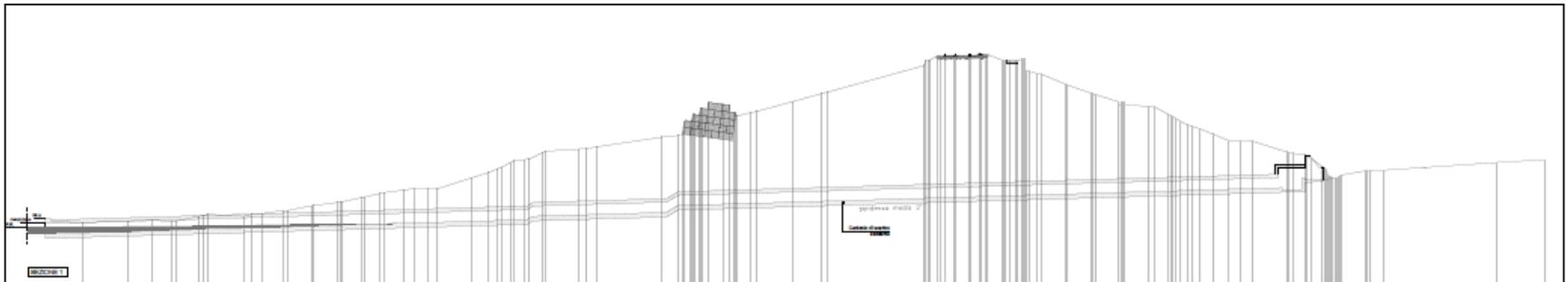
*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Rilevato al km 34+830

- Lunghezza di circa 300 m
- Larghezza di base di oltre 100 m
- Altezza media di oltre 20 m
- Cunicolo idraulico di base

Scarpata Nord: pendenza media del 35 % ed è suddivisibile in due settori separati da una pista di servizio intermedia

Scarpata Sud pendenza media del 35 %, nella porzione medio terminale è presente una gabbionata di altezza media pari a 4 m



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Problematica principale:

Area interessata da un processo di instabilizzazione relativo alla scarpata lato monte del rilevato.

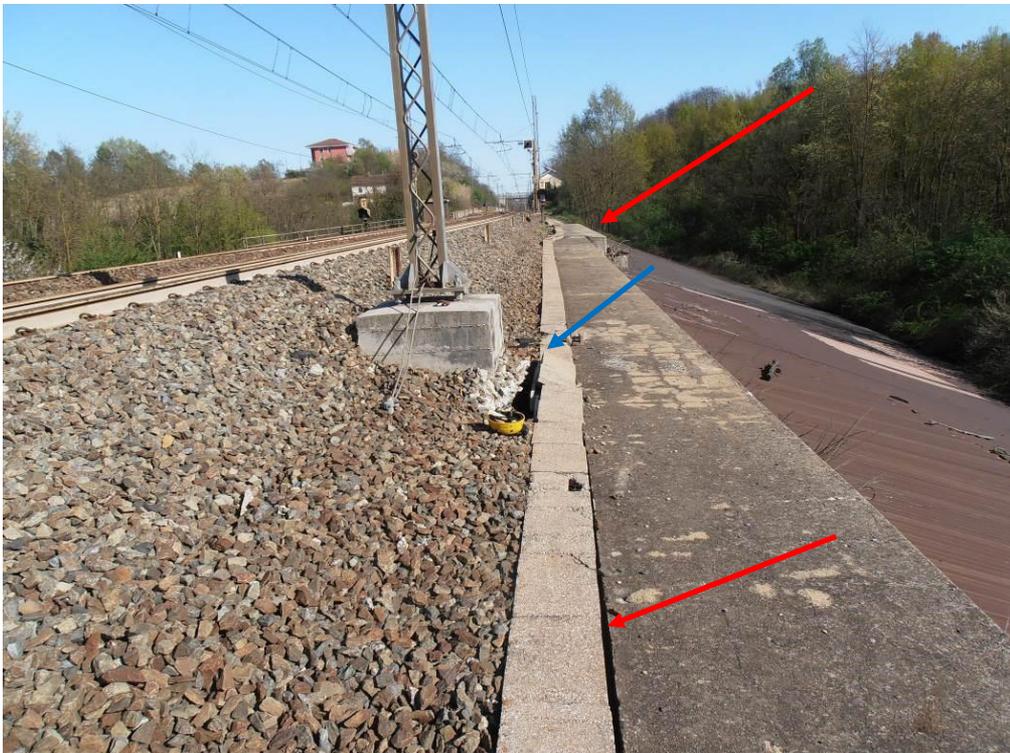
- Riattivazione di un processo di instabilizzazione che ha coinvolto la piattaforma ferroviaria sino in prossimità del binario pari.
- Danneggiamento dell'imbocco del cunicolo in muratura che attraversa il rilevato a partire dal piede del medesimo.
- Formazione di fessure di trazione lungo lo sviluppo della scarpata inferiore, con formazione di rigetti con dislivello pluridecimetrico.

*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Elementi indicativi del processo in atto

Cordolo interessato da deformazioni e spostamenti

Parziale scalzamento fondazioni pali TE



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Elementi indicativi del processo in atto

Scopertura monconi di rotaia su cui il marciapiede era fondato e micropali reticolo di consolidamento in corrispondenza settore adiacente

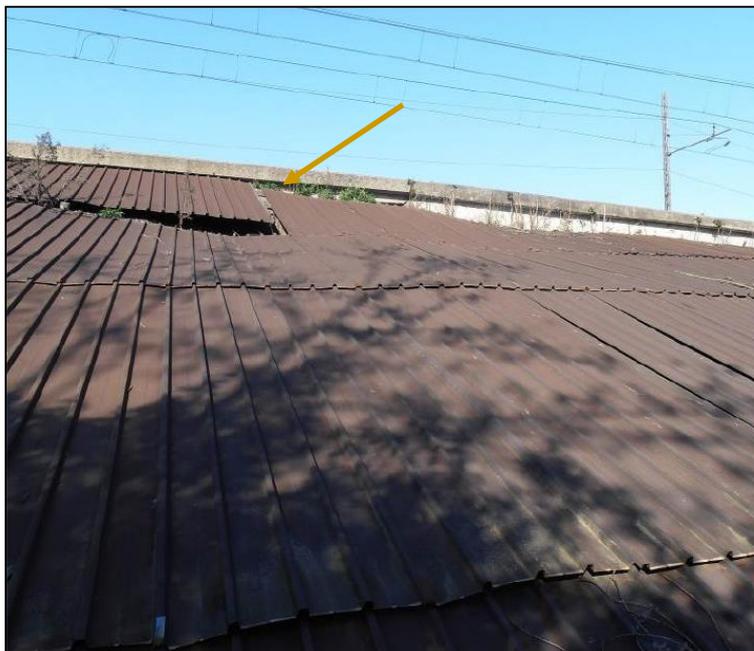


*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Elementi indicativi del processo in atto

Deformazione e disarticolazione rivestimento in lamiera della scarpata

Danneggiamento cunetta in c.a. al piede della scarpata superiore



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Elementi indicativi del processo in atto

Lesioni dell'imbocco del cunicolo (sia sul portale che sui muri d'ala)

Lesioni anulari del manufatto (inclinate di circa 20 ° sulla verticale) in prossimità dell'imbocco



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Elementi indicativi del processo in atto

Evidenza di tension crack lungo la scarpata inferiore con dislocazione verticale pluridecimetrica



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Approccio per la risoluzione delle problematiche in essere:

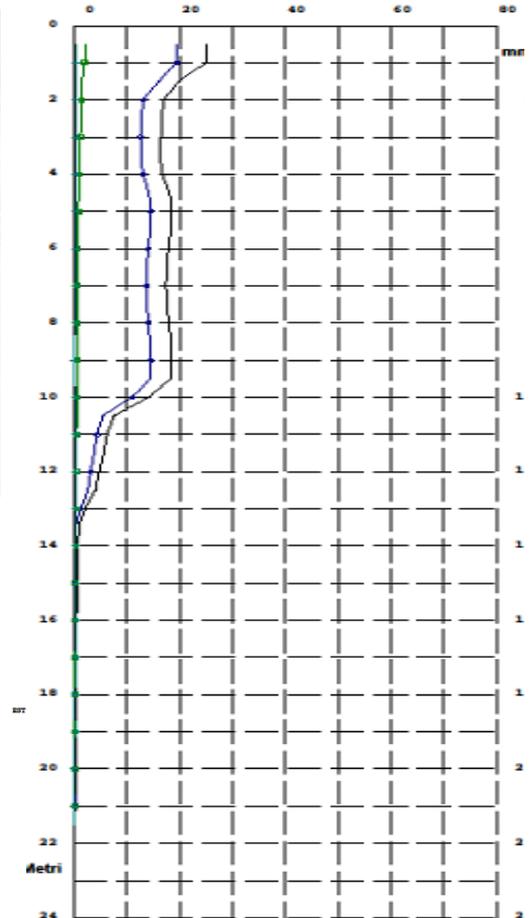
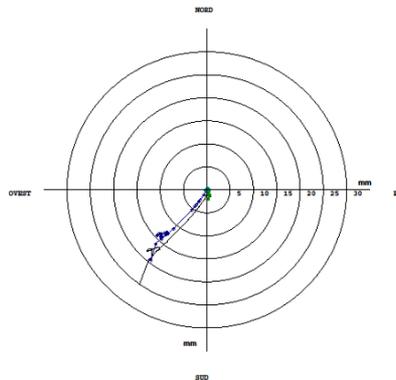
- Istituzione rallentamenti sul binario pari
- Programmazione ed esecuzione indagini geognostiche, monitoraggio geotecnico e topografico
- FASE 1 – Intervento d’urgenza di consolidamento settore sommitale e presidio del binario con contestuale implementazione del sistema di monitoraggio
- FASE 2 – Interventi per la stabilizzazione della scarpata

I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Monitoraggio geotecnico

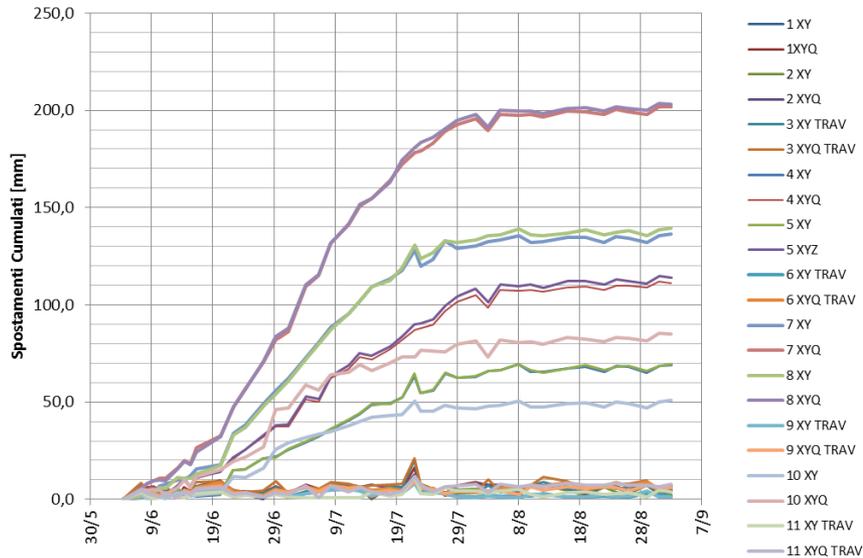
n. 8 colonne inclinometriche

Individuazione e monitoraggio deformazioni profonde del versante
Individuazione profondità superficie di scorrimento
Delimitazione estensione laterale del fenomeno



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Monitoraggio topografico



- Le misure evidenziano che i maggiori spostamenti si concentrano nella porzione centrale che può verosimilmente essere definito il corpo principale di frana, riducendosi sensibilmente sui margini laterali dello stesso.



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Caratteristiche del movimento franoso:

- Superficie di scorrimento collocata a circa 8 – 10 m di profondità nel settore centrale della scarpata che coinvolge l'intera scarpata, dal piede del versante sino in prossimità della massicciata ferroviaria.
- Larghezza pari a circa 55 – 60 m.
- Presenza di livelli di soggiacenza anomali lungo l'asse del dissesto collocati a circa -3,0 m dal piano della pista di servizio esistente e quindi all'interno del corpo del rilevato.

Back analysis del fenomeno in atto



Riproduzione del dissesto manifestatosi al fine di confermare le ipotesi su:

- Geometria del dissesto
- Falda freatica
- Parametri di resistenza del terreno

Analisi condotte per successivi gradi di approfondimento :

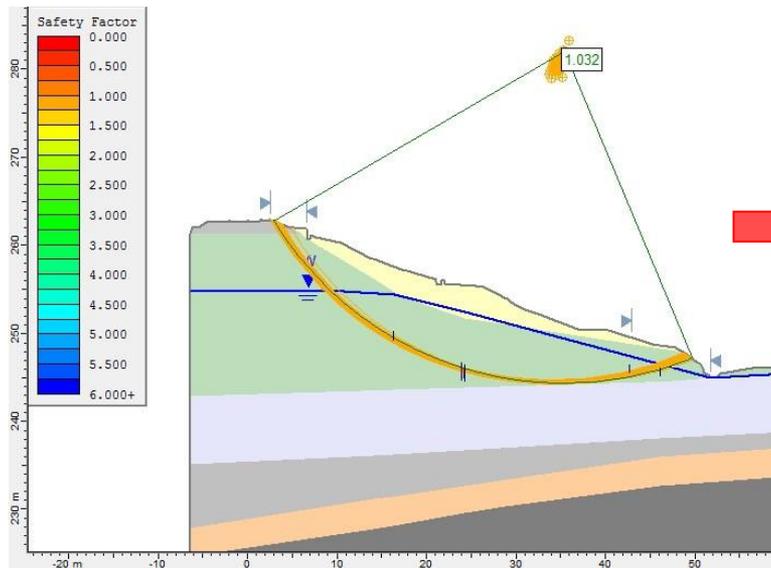
- Metodo dell'equilibrio limite globale (LEM)
- Modellazione numerica alla differenze finite (FDM)

I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

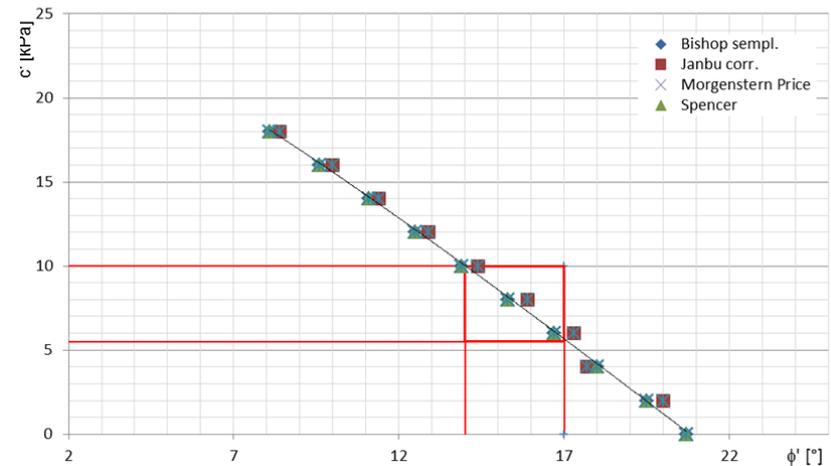
Analisi equilibrio limite globale (LEM) – Codice di calcolo SLIDE Rocscience

Metodo dei conci

Hp: superficie di scivolamento circolare vincolata alle risultanze del monitoraggio inclinometrico ed alle evidenze morfologiche



Back Analysis del dissesto - Sezione 1
Analisi Parametrica per FS ~ 1



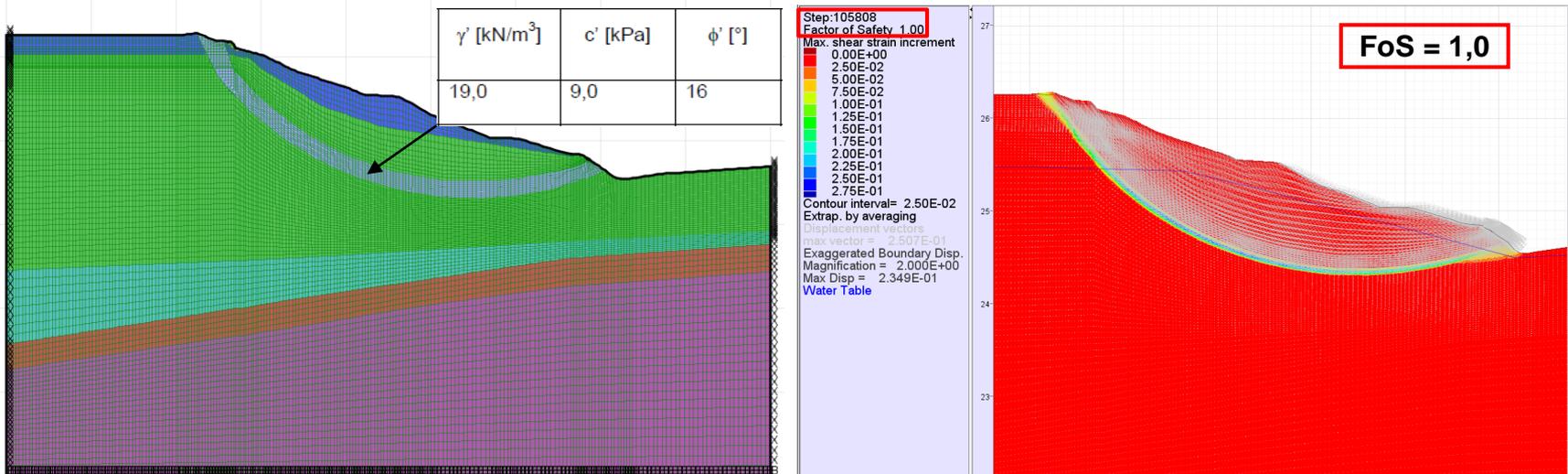
*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Modellazione numerica alle differenze finite (FDM) – Codice di calcolo *FLAC Itasca*

Strength Reduction Method

... il FoS è definito come il fattore per il quale i parametri caratteristici di resistenza al taglio devono essere divisi al fine di portare il pendio al collasso. (Dawson & Roth, 1999)

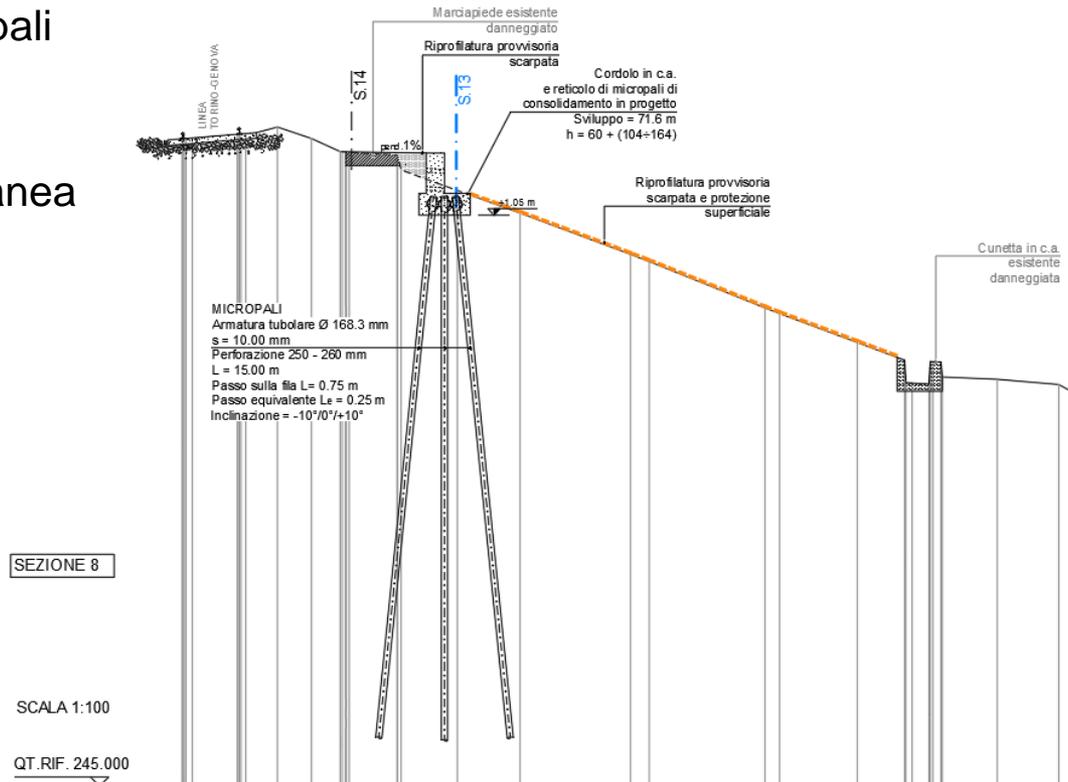
Hp: modellazione di una fascia di materiale con caratteristiche geotecniche più scadenti (*soft band*), individuata dalle risultanze delle indagini disponibili, in corrispondenza della quale le risultanze del monitoraggio inclinometrico evidenziano deformazioni riferibili al fenomeno in atto



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Fase I - Intervento d'urgenza a presidio del binario

- Realizzazione reticolo di micropali
- Riprofilatura scarpata con protezione superficiale temporanea
- Adeguamento sistema di monitoraggio



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Dimensionamento reticolo di micropali

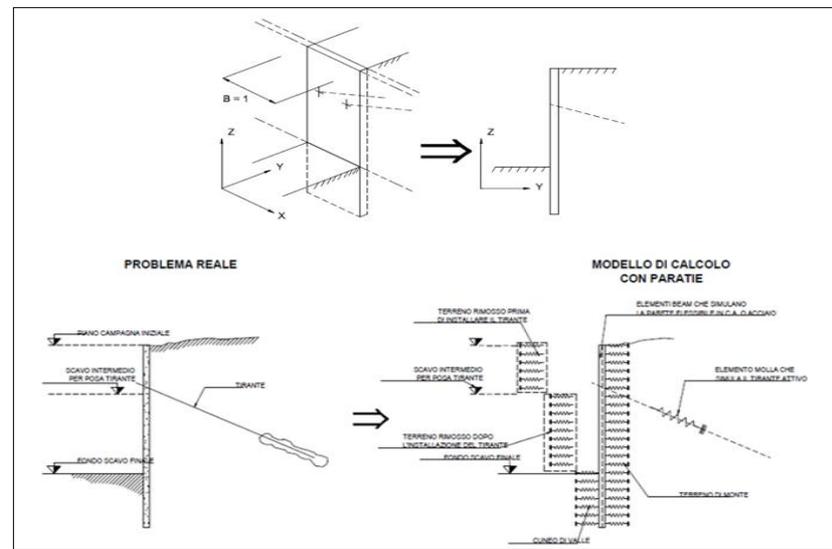
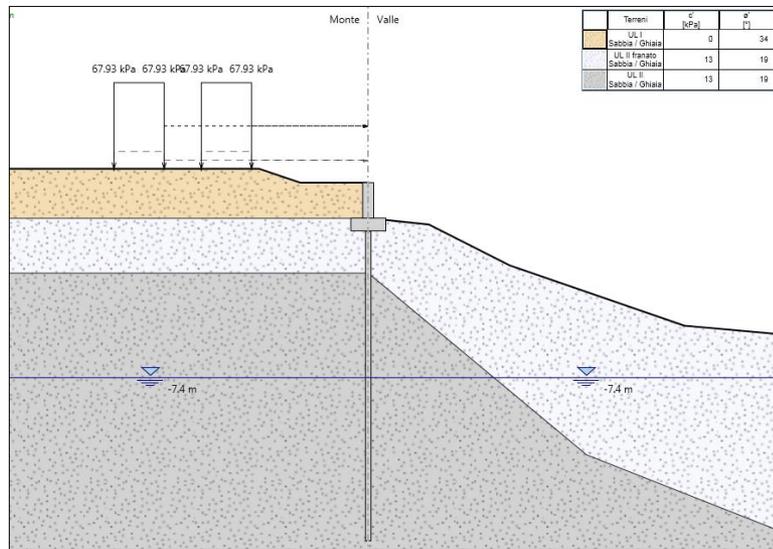
Analisi di interazione terreno-struttura - Codice di calcolo *Paratie Plus 2016*

Modellazione dell'opera come Opera di sostegno flessibile

Schematizzazione di calcolo - "trave su suolo elastico"

Struttura – Elemento "trave" dotato di rigidezza flessionale EJ

Terreno - Molle a comportamento elasto-plastico



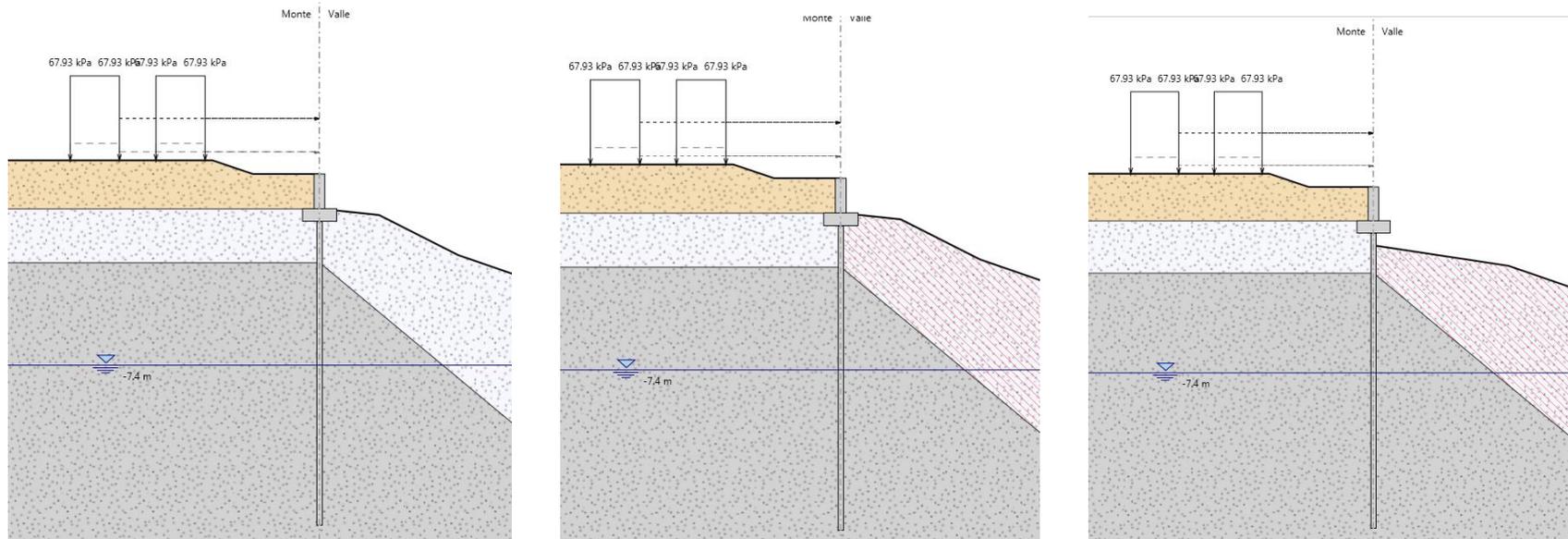
I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Dimensionamento reticolo di micropali

Analisi per fasi successive

Simulazione perdita di contrasto a valle conseguente all'evoluzione del fenomeno

- Variazione caratteristiche di resistenza e deformabilità terreni
- Approfondimento dello scavo

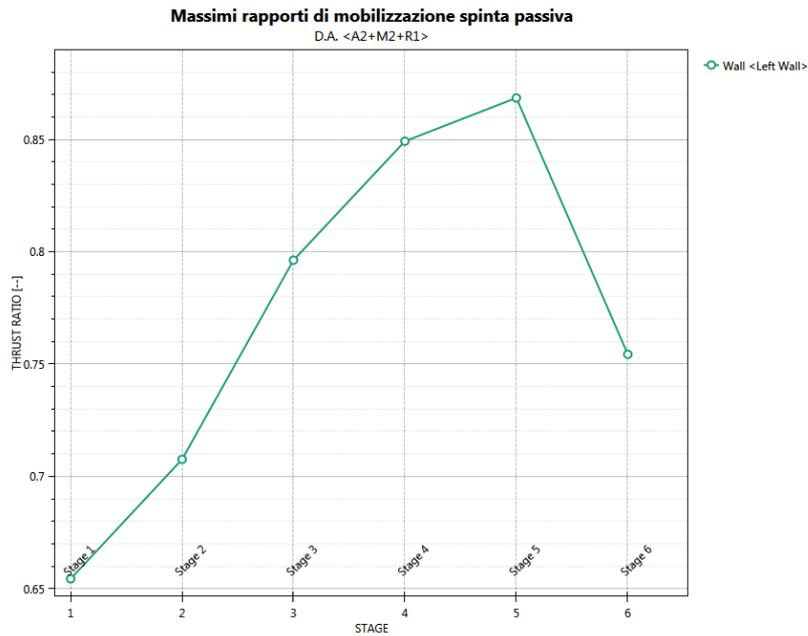


I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Dimensionamento reticolo di micropali

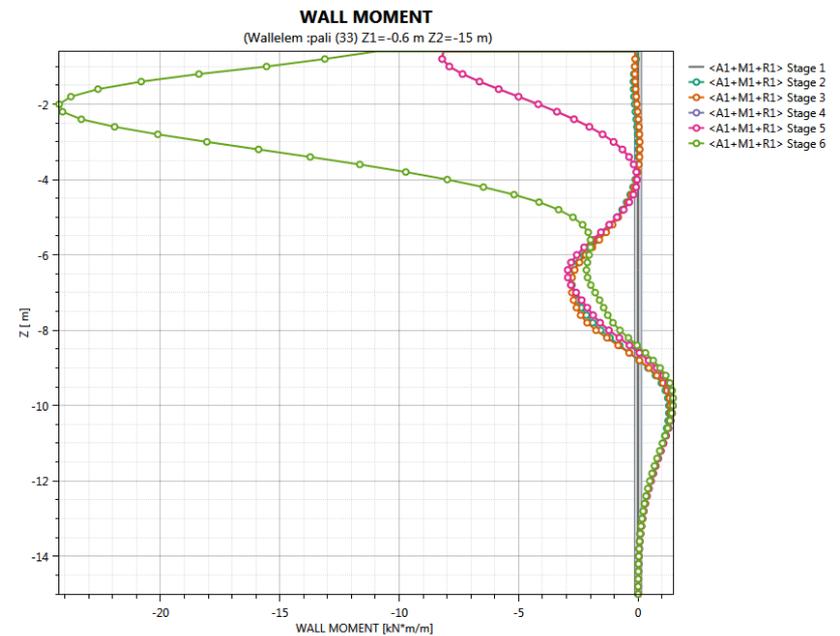
Verifiche SLU GEO

Lunghezza di infissione micropali



Verifiche SLU STR

Caratteristiche sollecitazioni nei micropali
(flessione e taglio)



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Evoluzione del fenomeno franoso tra la prima e seconda fase degli interventi



Formazione tension crack lungo la scarpata, disarticolazione e traslazione verso valle portale d'imbocco del cunicolo

*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Evoluzione del fenomeno franoso



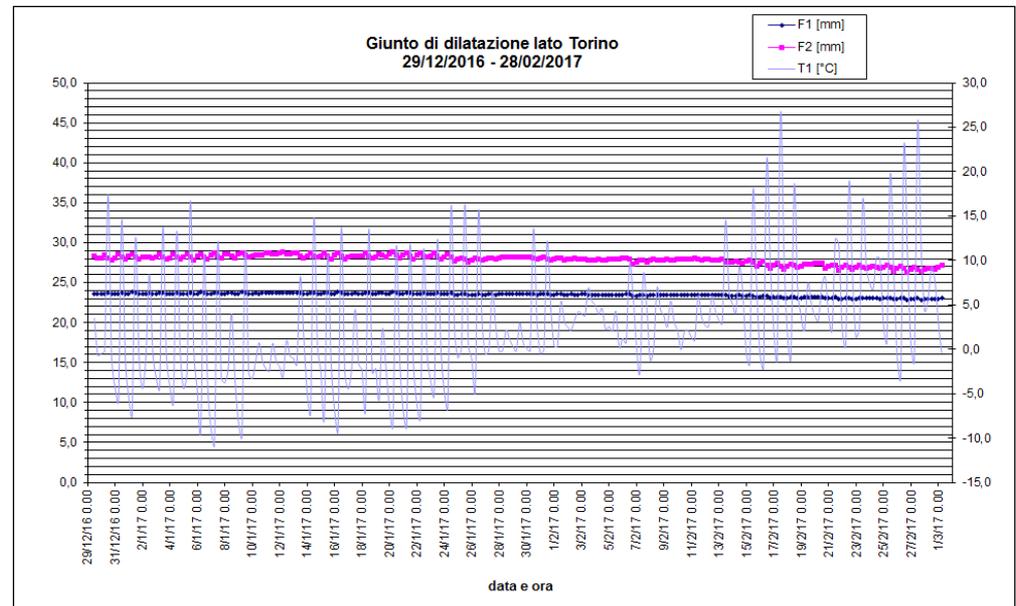
Abbassamento di ordine metrico del terreno in corrispondenza dell'opera di presidio del binario, collasso del portale d'imbocco del cunicolo

I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Monitoraggio strutturale

Fessurimetri in corrispondenza di giunti di dilatazione del cordolo

Colonna inclinometrica installata all'interno di un micropalo costituente il reticolo

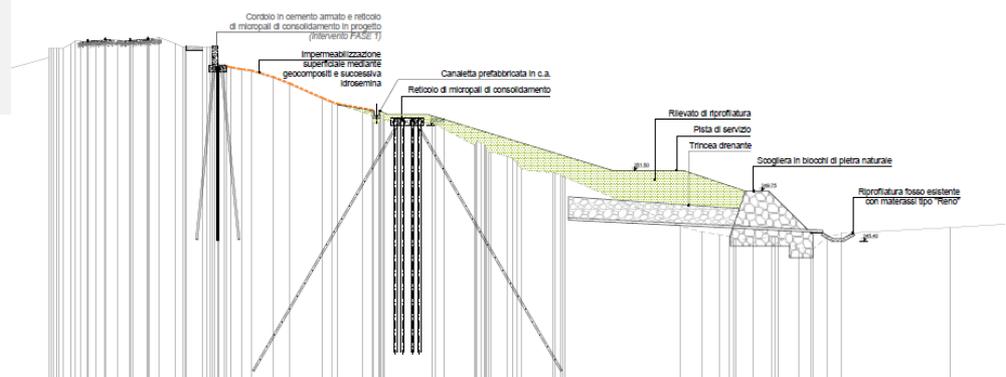
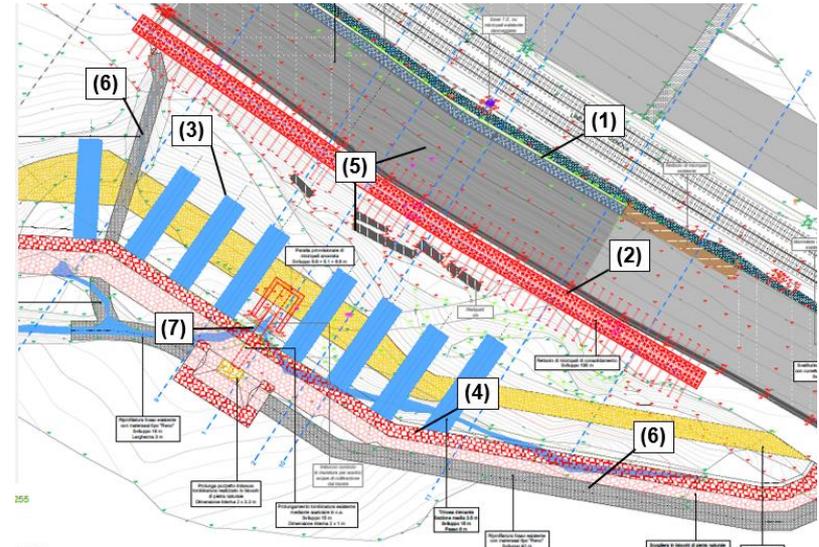


- Per il periodo controllato non sono state rilevate deformazioni significative in corrispondenza dei giunti di dilatazione del cordolo.

I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Fase II - Interventi per la stabilizzazione della scarpata

- Reticolo micropali (Fase I) (1)
- Reticolo Pali CFA (2)
- Trincee drenanti (3)
- Scogliera in blocchi di pietra (4)
- Risagomatura scarpata (5)
formazione pista di servizio
protezione superficiale
(geocompositi e idrosemina)
- Regimazione acque superficiali (6)
- Rifacimento imbocco cunicolo (7)



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Analisi di dimensionamento interventi di consolidamento

Modellazione numerica alle differenze finite (FDM) - Codice di calcolo *FLAC Itasca*

Modellazione al continuo del terreno

Legame costitutivo elastico-perfettamente plastico
Criterio di resistenza alla Mohr-Coulomb

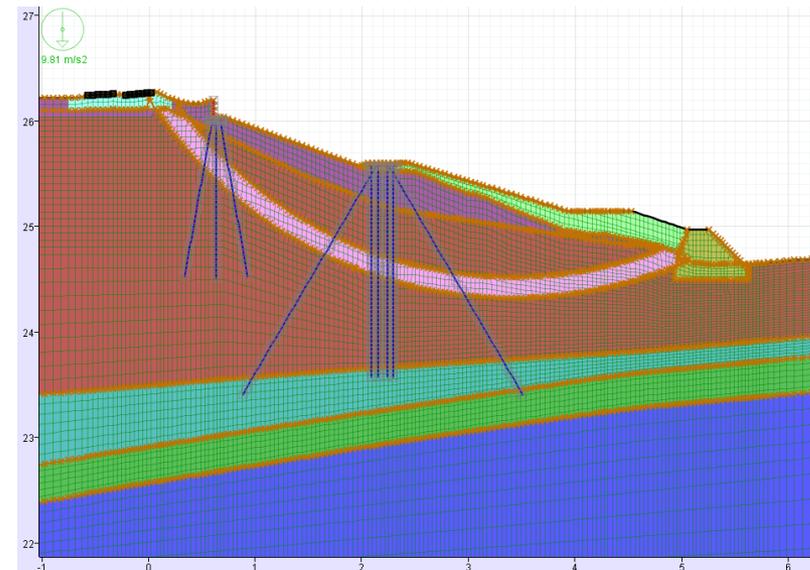
*Modellazione delle strutture
elementi finiti "embedded"*

Modellazioni preliminari finalizzata a definire

Comportamento dei pali

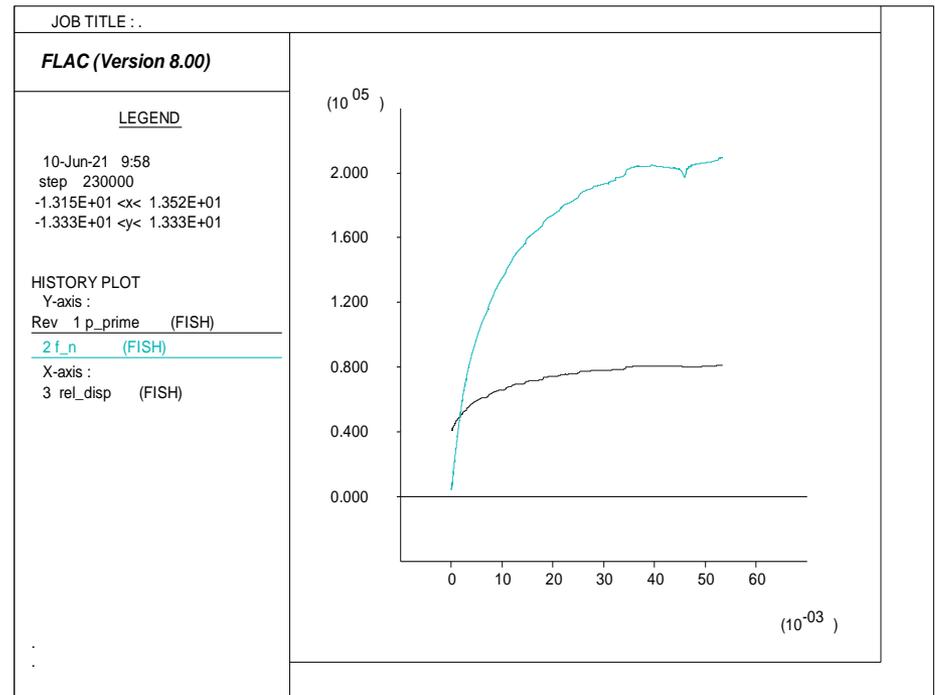
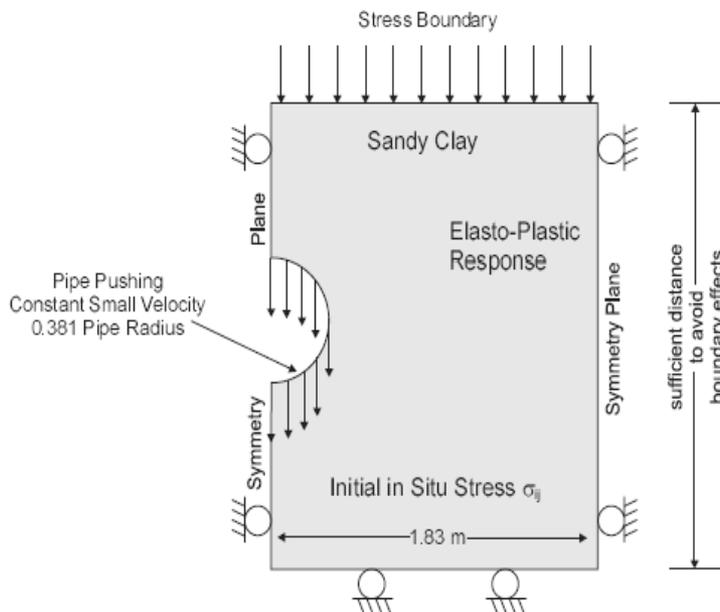
Modellazione per fasi finalizzata a:

- valutare stato di sollecitazione nei pali
- valutare fattore di sicurezza del pendio



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

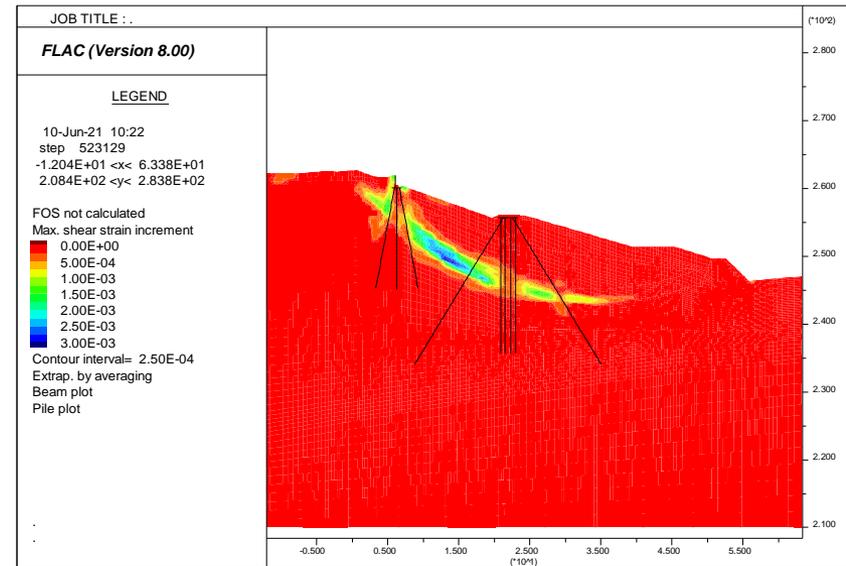
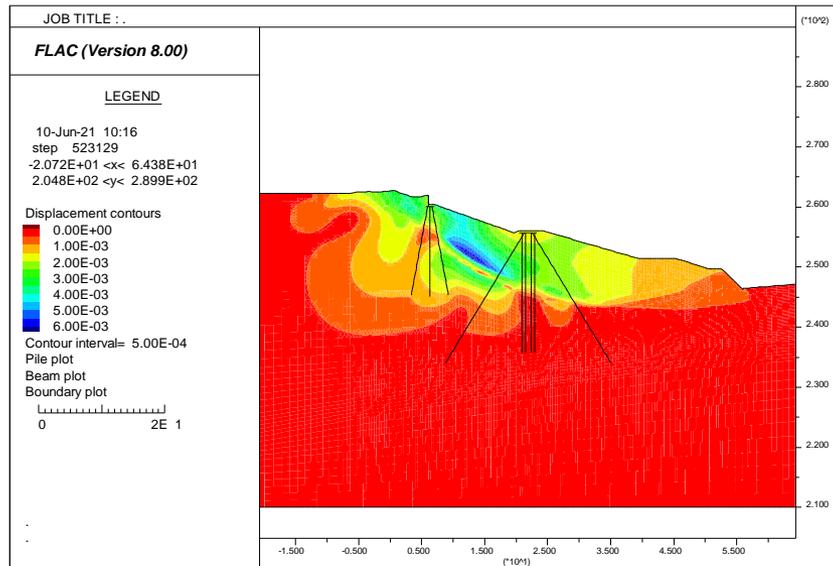
Definizione comportamento molle normali al palo



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Risultati della modellazione

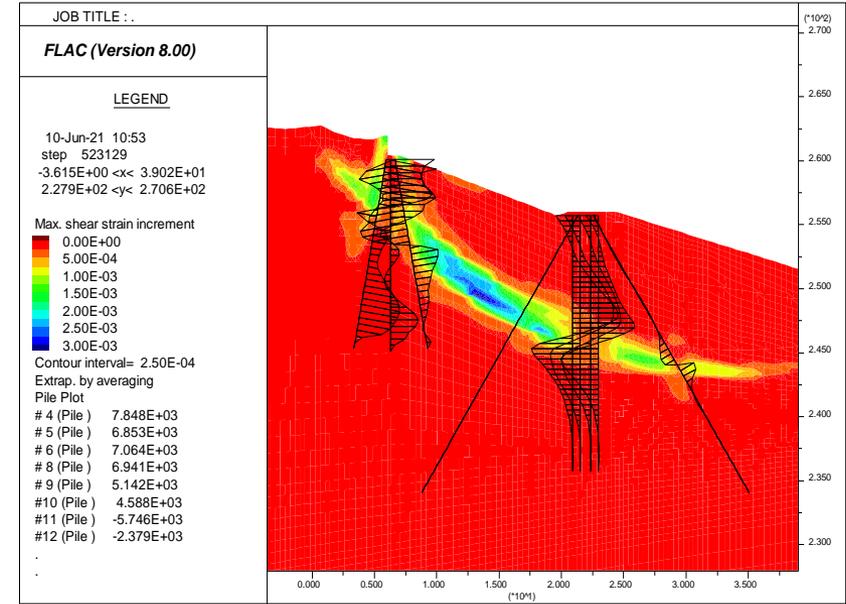
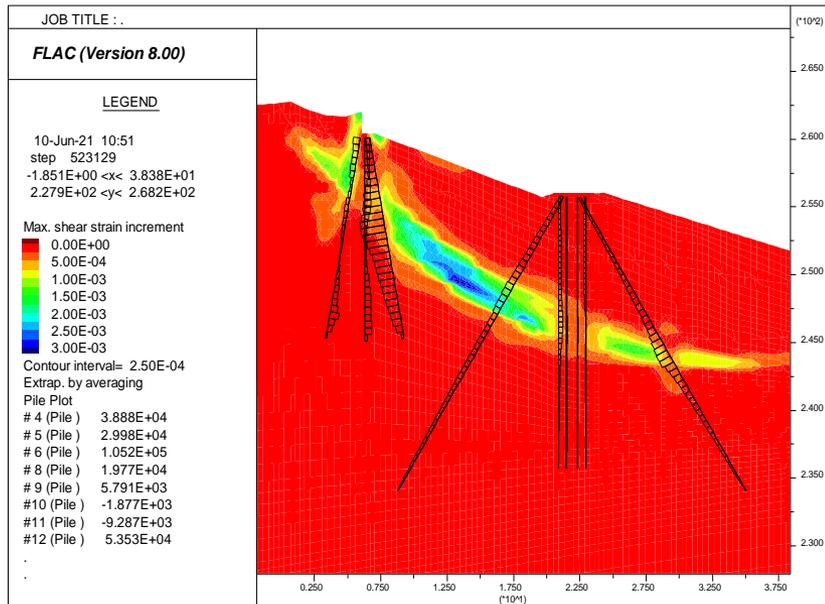
Campo di spostamenti e massime deformazioni di taglio



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

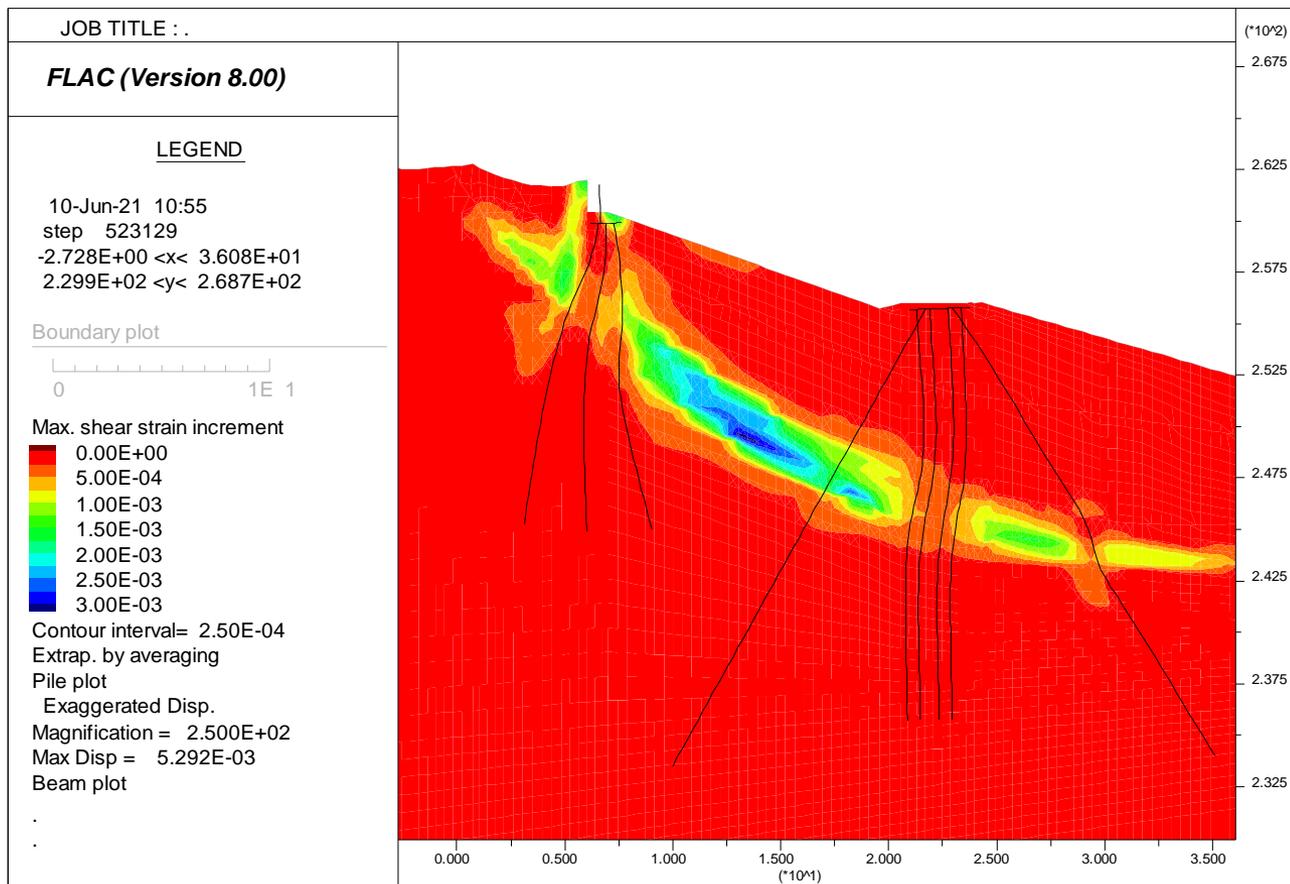
Risultati della modellazione

Stato di sollecitazione strutture - Sforzo assiale e Momento flettente



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

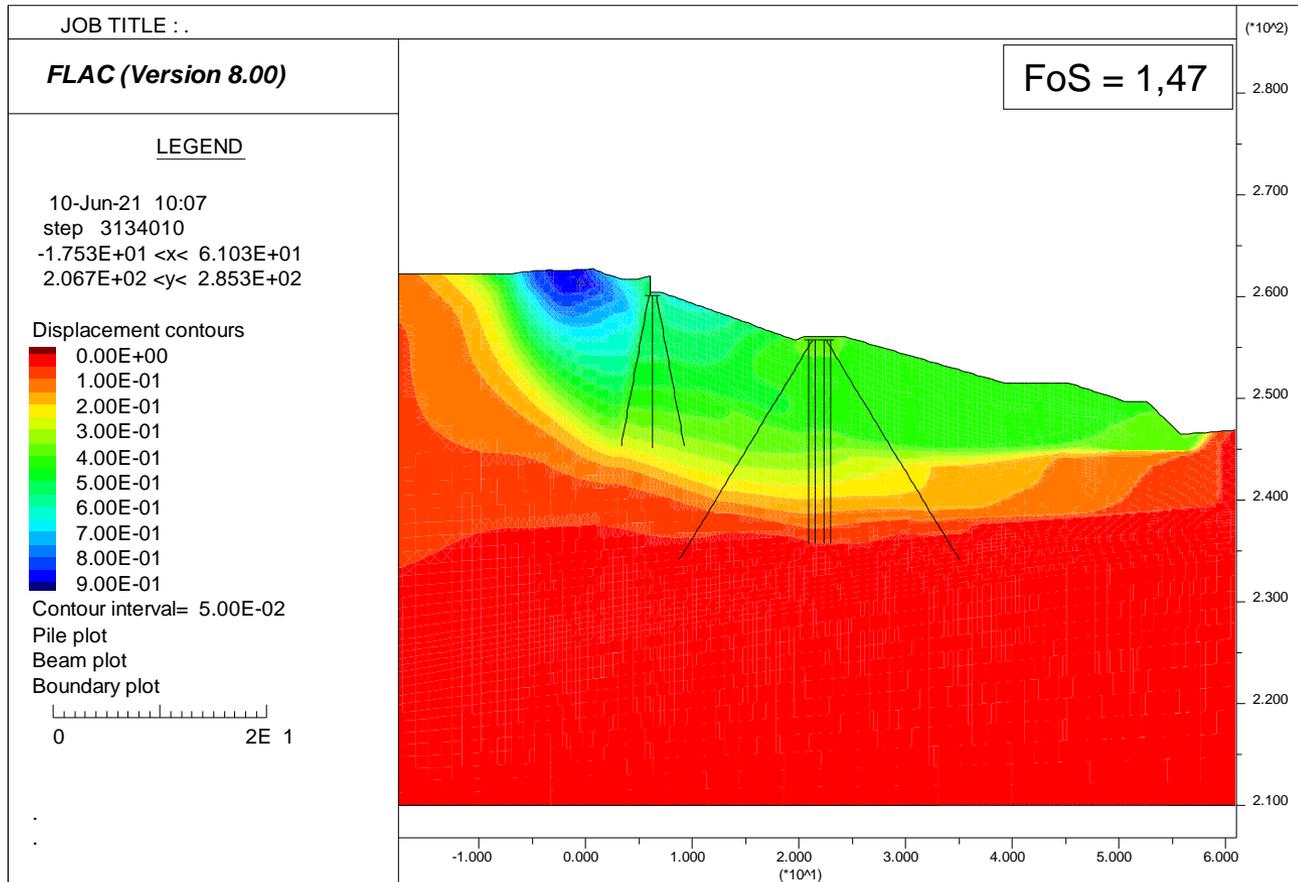
Risultati della modellazione *Deformata delle strutture*



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Risultati della modellazione

Valutazione del FoS



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Esecuzione interventi Fase II

Reticolo di consolidamento in pali CFA armati con profilati tubolari in acciaio

- Pali di diametro **400 mm**
- Lunghezza **20 m**
- Armatura tubolare **∅ 244,5/10 mm**
- Estensione lineare **reticolo 100 m**

I **getti in cls** effettuati direttamente dall'**elica di trivellazione** in risalita ed il **successivo inserimento dell'armatura tubolare** in acciaio, hanno consentito di minimizzare l'effetto delle deformazioni del corpo frana in atto.



*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Esecuzione interventi II fase



Scogliera in massi al piede del rilevato



Setti di drenaggio a monte della scogliera

*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

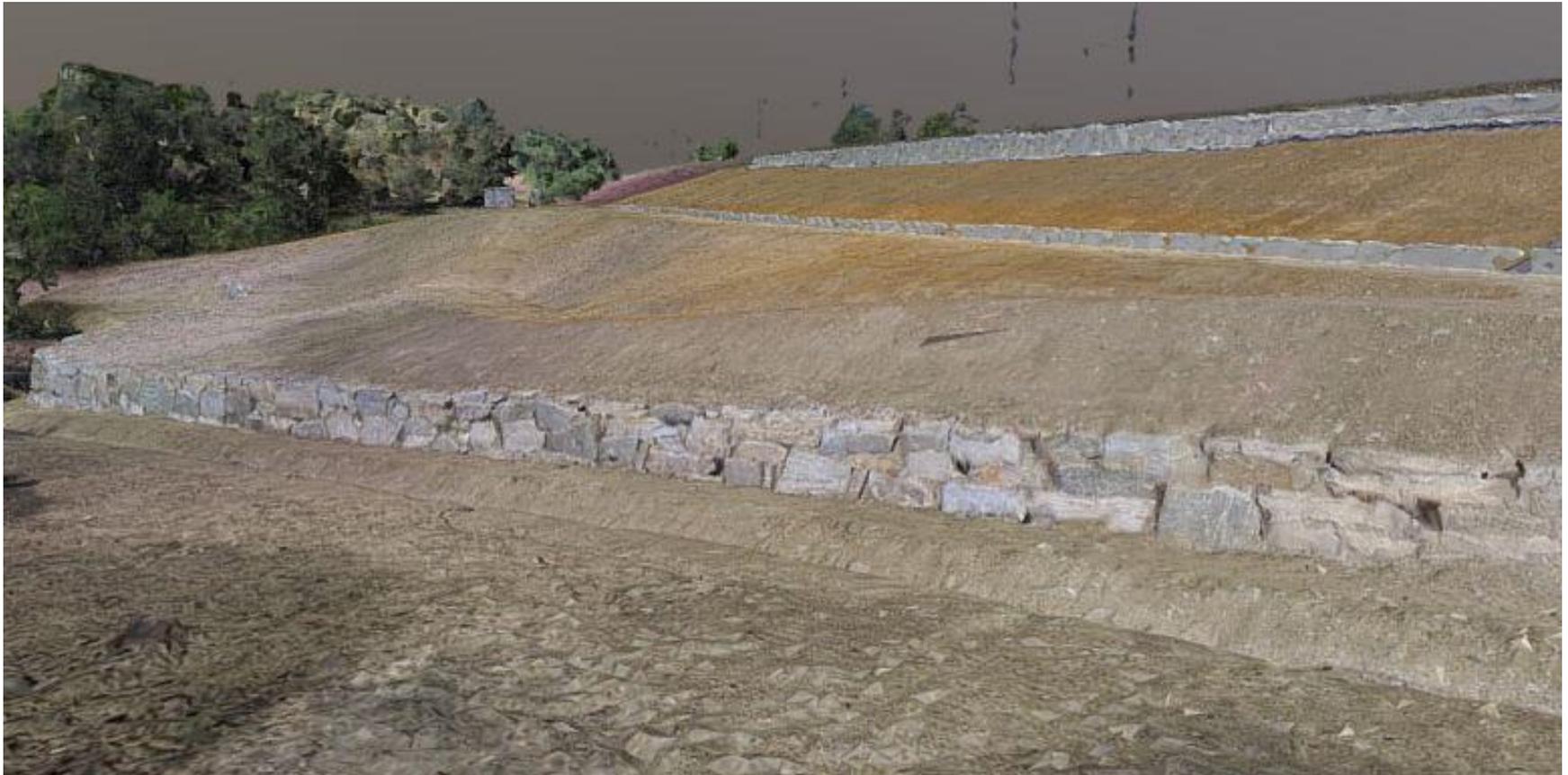
Esecuzione interventi II fase



Raccordo al tombino esistente conservato e fasi di ricostruzione

*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*

Esecuzione interventi II fase



I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE): un esempio di gestione di problematiche geotecniche

Si Ringraziano:

Committente:



Direzione Territoriale Produzione Torino
Unità Territoriale Centro Sud

Progettazione



Impresa esecutrice:



Reg Piano - Visone (AL)

*I rilevati della tratta Villanova-Villafranca (TO-GE):
un esempio di gestione di problematiche geotecniche*



Grazie per l'attenzione

