

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA GEOTECNICA
ED AMBIENTALE

SOMMARIO

RINFORZO DEGLI SCAVI "TOP-DOWN"

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing. GIANFRANCO URCIUOLI

CANDIDATO

NICOLANGELO CIMMINO matr. 324/177

CORRELATORI

Dott. Ing. RAFFAELE PAPA

Dott. Ing. MARIANNA PIRONE

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

Sommaro

Rinforzo degli scavi “top-down”

Nella presente tesi di laurea specialistica si è studiato il “Rinforzo degli scavi top-down”. Tale tecnologia di scavo, prevede la realizzazione di una scarpata artificiale a forte pendenza (60° - 70°) per fasi successive procedendo con scavi parziali liberi dall’alto verso il basso.

Tali scavi, di altezza compresa tra 1 e 2 m, possono essere stabilizzati dalla messa in opera di rinforzi (tiranti di ancoraggio o chiodi), iterando tale procedura dalla quota di piano campagna iniziale fino alla profondità di scavo predefinita.

Questi interventi comportano il miglioramento delle condizioni di sicurezza del pendio e sono dimensionati sulla base di analisi di stabilità.

La presente tesi si suddivide in 2 parti: nella prima si affrontano gli aspetti tecnologici, progettuali, e normativi, legati al rinforzo degli scavi top-down con tiranti di ancoraggio o chiodi; nella seconda parte è stata sviluppata la sperimentazione numerica su alcuni casi ideali.

Dopo aver descritto la tecnologia, anche con riferimento all’esperienza di tirocinio svolta presso il cantiere del “Parco per il gioco e lo sport” (Fuorigrotta, Napoli), nel quale si è presa visione di tutte le fasi di realizzazione di uno scavo top-down a forte pendenza (70° - 60°) stabilizzato con chiodature, si è passati alla sperimentazione numerica su casi ideali, simili a quelli del cantiere.

La modellazione ha riguardato il pendio illustrato in figura 1, con caratteristiche dei materiali riportate nella tabella in figura 2.

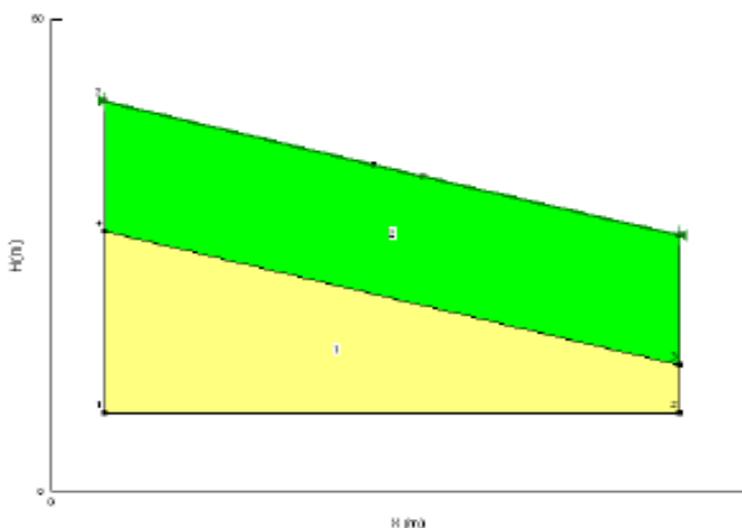


Figura 1 Configurazione geometrica iniziale del pendio.

	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$c'(\text{kPa})$	$\phi(^{\circ})$	$E(\text{kPa})$	$\nu(-)$
Terreno1	19	15	30	30000	0.33
Terreno 2	19	5	28	30000	0.33

Figura 2 Caratteristiche fisiche e meccaniche dei due terreni.

In particolare lo scavo top-down che si è analizzato è stabilizzato con tiranti di ancoraggio pretesi, che comportano il ricoprimento del fronte di scavo con piastre in calcestruzzo armato prefabbricato.

La figura 3 mostra la configurazione finale del fronte di scavo stabilizzato con tiranti di ancoraggio.

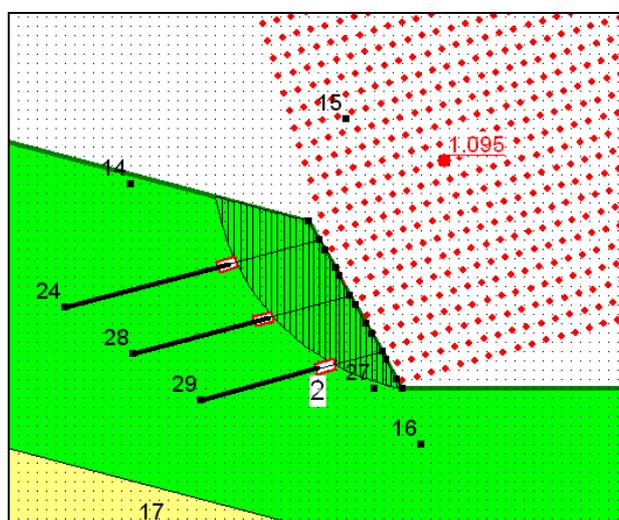


Figura 3 Configurazione 3 tiranti:: superficie di scorrimento ed FS (Slope W)

Questo intervento è stato dimensionato sulla base di analisi di stabilità eseguite con il software Slope W, ed effettuate nella configurazione finale e nelle fasi transitorie di scavo top-down, così come prescritto dalle NTC2008.

Le forze applicate dal rinforzo sono state ottenute dall'analisi di stabilità della configurazione finale, effettuata imponendo il valore del coefficiente di sicurezza globale del pendio FS =1.1.

Pertanto i valori del tiro sono stati ricavati mediante diverse analisi di stabilità di tentativo, in cui si è fatto variare il valore delle forze esterne applicate, che simulano i tiranti. L'unica incognita di tale analisi è il coefficiente di sicurezza FS, che deve convergere al valore prefissato.

Le analisi di stabilità delle varie fasi e della configurazione finale a 3 tiranti (75 KN, 100 KN, 100 KN) effettuate con Slope W forniscono sempre un coefficiente parziale $\gamma_r \geq 1.1$. Ciò indica che la configurazione con pendenza di 60° e altezza 9 m, stabilizzata con una procedura top-down che alterna fasi di scavo e fasi di messa in opera di tiranti pretesi,

garantisce sempre condizioni di sicurezza, sia durante la realizzazione dell'opera che a opera ultimata.

Il grafico in figura 4 mostra i valori dei coefficienti di sicurezza nelle varie fasi transitorie di scavo top-down.

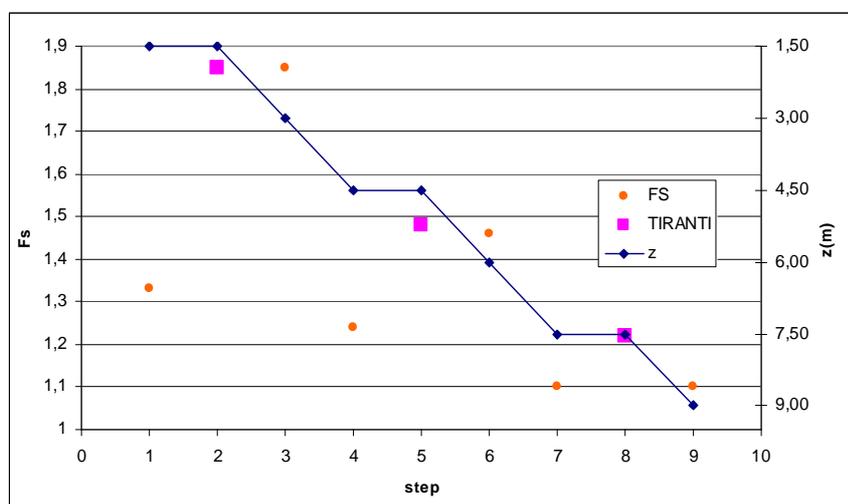


Figura 4 Variazione di F_s per ogni step (Slope W)

I valori delle azioni di progetto E_d , posti pari ai valori del tiro calcolati dall'analisi di stabilità (75 kN al primo ordine, 100 kN al secondo, 100 kN al terzo) soddisfano le verifiche interne dei tiranti a sfilamento bulbo-terreno e a trazione del cavo di acciaio.

Pertanto tale soluzione, sia dalle analisi di stabilità effettuate con Slope W che dalle verifiche interne dei tiranti, si ritiene essere la soluzione ottimale, sia in termini economici che di sicurezza.

Sono state quindi effettuate delle analisi di stabilità utilizzando il software agli elementi finiti Plaxis, il quale, a differenza del software Slope W, permette una modellazione più realistica del terreno e dei tiranti di ancoraggio, mediante l'introduzione di elementi aventi caratteristiche di rigidità assiale EA. Inoltre permette la modellazione di piastre di rivestimento in calcestruzzo aventi rigidità assiale EA e flessionale EI.

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del terreno si è adottato il modello costitutivo di Mohr-Coulomb, di tipo elastico perfettamente plastico.

Dopo aver verificato le condizioni di stabilità nella configurazione finale definitiva, si è evidenziato l'effetto benefico delle piastre.

La differenza tra il coefficiente di sicurezza nella configurazione che prevede le piastre solo in corrispondenza dei tiranti (Figura 5) e quello nella configurazione in cui le piastre sono state modellate per tutto il fronte di scavo (Figura 6) è significativa.

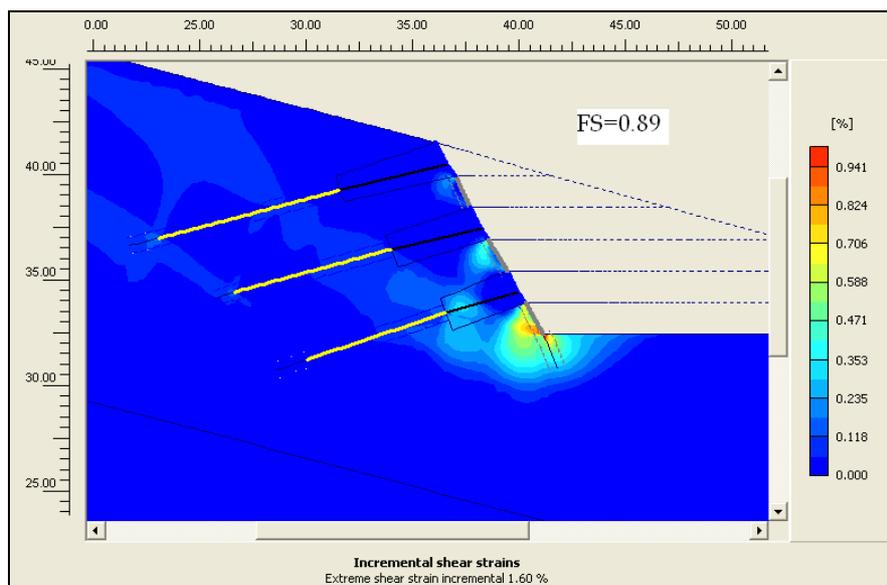


Figura 5 Configurazione 3 tiranti - 3 piastre: scorrimenti γ ed FS (Plaxis)

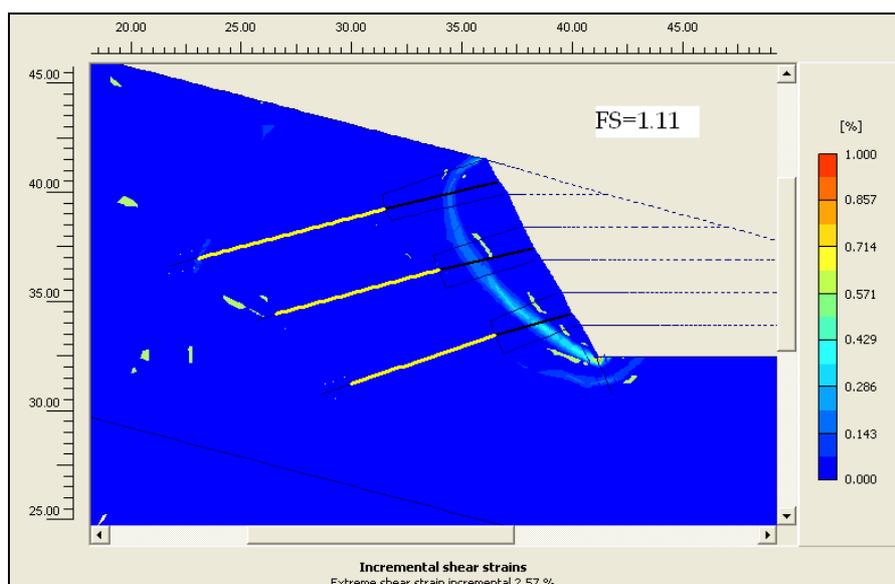


Figura 6 Configurazione 3 tiranti - 6 piastre: scorrimenti γ ed FS (Plaxis)

Da quanto osservato si deduce che le piastre sono necessarie sia in corrispondenza della porzione scavata e stabilizzata con tiranti, che sulla restante parte del fronte di scavo.

Dalle analisi effettuate con i due software di calcolo, si nota che Slope W, oltre a non poter modellare le piastre, non tiene conto di meccanismi superficiali, sovrastimando, a parità di modello geometrico e geotecnico, il coefficiente di sicurezza. Inoltre è evidente che l'FS ottenuto in Plaxis diventa paragonabile a quello ottenuto con Slope W, solo se nel primo si riveste il fronte di scavo con piastre.

Nelle verifiche di stabilità delle fasi transitorie di scavo top-down eseguite con Plaxis si è osservata la variazione del coefficiente di sicurezza (Figura 7).

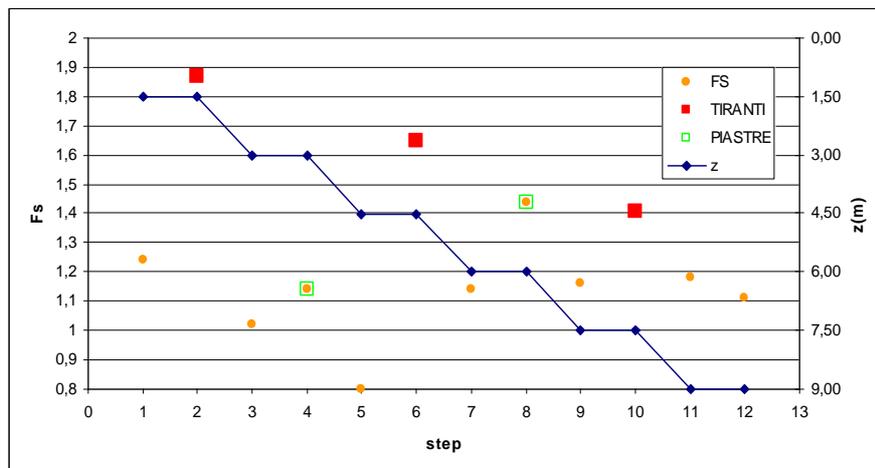


Figura 7 Variazione di F_s per ogni step (Plaxis)

Durante le fasi top-down, il software Plaxis individua due fasi critiche: la fase 3 e la fase 5, in cui il coefficiente di sicurezza $\gamma_r < 1.1$. In tali fasi, lo step di scavo transitorio non è ricoperto con piastra. Ciò evidenzia ancora la necessità delle piastre.

Con il software Plaxis, inoltre, sono state condotte analisi nelle condizioni di esercizio, per determinare le caratteristiche della sollecitazione e gli sforzi di taglio all'interfaccia bulbo-terreno (Figura 8).

Per quanto riguarda lo sforzo normale agente nel bulbo del tirante nella fase di esercizio, esso si attiva ad un valore ben lontano dalla resistenza a rottura per sfilamento, calcolata analiticamente nel punto medio del bulbo.

Per quanto riguarda gli sforzi di taglio agenti all'interfaccia bulbo-terreno nella condizione di esercizio, si ha un valore massimo in corrispondenza della testa del bulbo; gli sforzi appena mobilitati sulla restante interfaccia, sono ben lontani dal valore dello sforzo tangenziale di rottura calcolato nel punto medio del bulbo.

Pertanto i diagrammi degli sforzi normali nel bulbo e degli sforzi di taglio all'interfaccia bulbo-terreno, forniscono un'immagine istantanea della riserva di resistenza, disponibile nella condizione di esercizio.

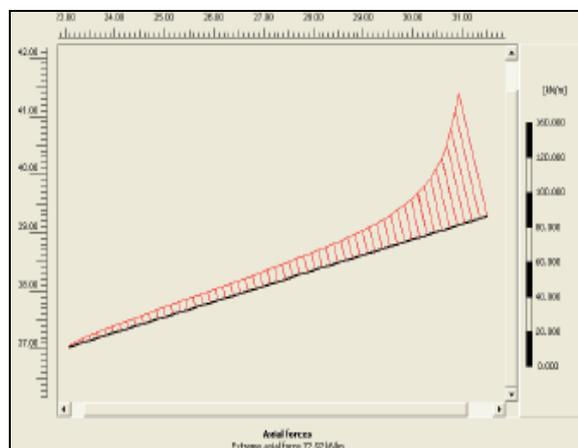


Figura 8 Caratteristiche della sollecitazione: sforzo normale agente nel bulbo (Plaxis).

Per quanto riguarda le caratteristiche della sollecitazione agenti sulle piastre, i valori massimi dei momenti flettenti e di taglio si verificano in corrispondenza dell'attacco tra la testa di appoggio del tirante e la piastra. In particolare ciò si verifica per il momento flettente in corrispondenza del terzo tirante, e per il taglio in corrispondenza del secondo tirante.