

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTA' DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED
AMBIENTALE

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

SINTESI DELL'ELABORATO DI LAUREA

SPERIMENTAZIONE SU TECNICHE DI TRATTAMENTO
SUPERFICIALE PER LA RIDUZIONE DELL'INFILTRAZIONE NEL
SOTTOSUOLO

RELATORE

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

CANDIDATA

Caterina Gargiulo

Matr. 324/133

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Sintesi dell'elaborato di laurea

Introduzione

Il comportamento meccanico dei terreni non saturi ed in particolare dei materiali piroclastici sciolti è influenzato sensibilmente dal grado di saturazione, tanto che una sua variazione può essere spesso all'origine dei fenomeni di instabilità che interessano questi materiali quando sono ubicati su versanti acclivi. Infatti, l'aliquota delle acque meteoriche che penetra nel sottosuolo attraverso processi di infiltrazione determina un aumento del grado di saturazione del terreno inizialmente non saturo e, conseguentemente, una significativa riduzione della suzione e della resistenza a taglio pregiudicando la stabilità del pendio.

Per poter evitare questi fenomeni di instabilità, può essere utile ridurre l'infiltrazione delle acque meteoriche nei terreni caratterizzati da condizioni di parziale saturazione.

L'attività sperimentale svolta nel presente lavoro di tesi è stata rivolta a questo tema ed ha avuto come fine, quindi, la determinazione della caratterizzazione idraulica del terreno 1 (piroclastiti fortemente humificate e pedogenizzate) trattato superficialmente con tecniche che mirano a ridurre l'infiltrazione. Su di esso sono stati sperimentati diversi tipi di trattamento sia con miscele tipicamente utilizzate nella tecnica dell'idrosemina, sia con miscele diversamente composte.

Articolazione della tesi

La tesi è stata articolata in più punti e presenta inizialmente dei brevi cenni alle caratteristiche ed al comportamento dei terreni parzialmente saturi.

Un terreno parzialmente saturo è caratterizzato dalla presenza di bolle d'aria all'interno dei meati.

La differenza di pressione tra la fase liquida e la fase aeriforme che si instaura all'interfaccia aria-acqua nei meati di un terreno è detta suzione di matrice.

$$s = (u_a - u_w)$$

Essa rappresenta un'importante variabile tensionale che caratterizza dal punto di vista sia meccanico che idraulico un terreno parzialmente saturo

In particolare, per caratterizzare idraulicamente un terreno parzialmente saturo è necessario ricavare le curve di ritenzione idrica e le funzioni di permeabilità del terreno in esame.

Una curva di ritenzione idrica rappresenta la capacità del terreno di immagazzinare acqua al variare della suzione.

Per quanto riguarda le funzioni di permeabilità, in bibliografia esistono numerose equazioni che descrivono analiticamente la variazione della conducibilità idraulica relativa con la suzione o il contenuto d'acqua volumetrico. L'equazione utilizzata nel caso di questo elaborato di laurea è quella di Van Genuchten e Mualem (1978):

$$K = K_0 \cdot S_e^\ell \cdot \left[1 - \left(1 - S_e^{n/(n-1)} \right)^{1-1/n} \right]^2$$

I terreni utilizzati per la sperimentazione sono stati prelevati dal sito ubicato nel comune di Monteforte Irpino (AV), su un versante del Monte Faggeto in destra orografica del Vallone del Conte. Il sito è stato scelto per la presenza di una successione di terreni piroclastici poggianti su una base calcarea soggetti a fenomeni di colate rapide. La colonna stratigrafica che è stata ricavata mostra la presenza di 8 litotipi di cui il primo è il terreno su cui è stata eseguita la sperimentazione.

Per la preparazione dei trattamenti superficiali sono state utilizzate, le miscele per l'idrosemina composte da:

- Acqua;
- Pacciame;
- Collante;
- Sementi.

Per le miscele diversamente composte sono stati utilizzati:

- Acqua;

- Caolino;
- Sale di potassio, KCl;
- Collante.

Questi ultimi componenti non sono stati utilizzati tutti contemporaneamente per la produzione delle miscele innovative ma se ne sono fatte diverse combinazioni.

I provini di terreno sono stati prelevati da una cassetta contenente il terreno ricostituito in laboratorio in fustelle di diametro 7,2 cm e altezza 6 cm.

I provini sono stati preventivamente saturati con un permeametro a carico costante in modo da poter successivamente confrontare i valori di permeabilità satura prima e dopo il trattamento.

Dopodichè sui provini sono stati eseguiti i diversi tipi di trattamento.

Dopo un periodo di 10 giorni sono state fatte importanti osservazioni:

- Il terreno trattato con solo caolino ha mostrato evidenti fratture superficiali;
- Il terreno trattato anche con collante mostra solo qualche frattura grazie ad una maggiore elasticità nel film di copertura;
- Aggiungendo anche i semi, oltre ad evitare la formazione delle fratture, si migliora anche l'aspetto estetico, per la presenza della copertura vegetale.

Per la caratterizzazione idraulica del terreno trattato sono state eseguite prove di permeabilità satura, di evaporazione, di imbibizione e di essiccamento.

Per la prova di permeabilità satura ci si è avvalsi di un permeametro, eseguendo la prova a carico costante. Questi risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti prima di eseguire il trattamento sul terreno e hanno mostrato una riduzione del valore della permeabilità satura di circa un ordine di grandezza (Fig. 1). Questa risposta del terreno al trattamento superficiale risulta essere di grande importanza poiché sposta le funzioni di permeabilità, a parità di suzione, verso valori più bassi, riducendo di conseguenza l'infiltrazione ed evitando brusche riduzioni della suzione nel periodo invernale.

I provini una volta saturati sono stati montati all'interno del "ku – pF Apparatus", per eseguire le prove di evaporazione. I valori di suzione e di contenuto d'acqua (ricavati dai pesi dei provini) sono stati registrati contemporaneamente con una certa cadenza temporale, attraverso un data logger.

Alcuni provini, una volta terminata la fase di evaporazione, sono stati lasciati nell'apparecchiatura e sono stati coperti con un tappo. Atteso un certo tempo affinché i tensiometri si equalizzassero si è avviata la fase di imbibizione. È stata utilizzata una

siringa graduata per immettere acqua sui provini con una certa frequenza che dipendeva dal tempo necessario ai tensiometri per equalizzarsi. Così come per la fase di evaporazione i valori di suzione e contenuto d'acqua sono stati registrati e archiviati mediante un data logger.

Poiché i microtensiometri del “ku – pF Apparatus” riescono a misurare suzioni fino a 70-80 kPa, per estrapolare le curve di ritenzione oltre tale intervallo di misura è stata eseguita un'ulteriore prova di essiccamento utilizzando la “pressure plate”.

Avvalendosi della tecnica di traslazione degli assi questa apparecchiatura è in grado di ricavare le coppie suzione - contenuto d'acqua fino a 1500 kPa. In tal caso è stato possibile ricavare ad una suzione di 1000 kPa il contenuto d'acqua residuo del terreno trattato.

Tutti i dati ottenuti dalle prove di laboratorio sono stati utilizzati per ricavare i parametri del modello numerico di Van Genuchten e Mualem.

Quest'equazione è stata implementata, con una procedura di inversione numerica, in un codice agli elementi finiti denominato Hydrus – 1D che ha permesso di ricavare le curve di ritenzione e le funzioni di permeabilità di tutti i provini sottoposti ad evaporazione.

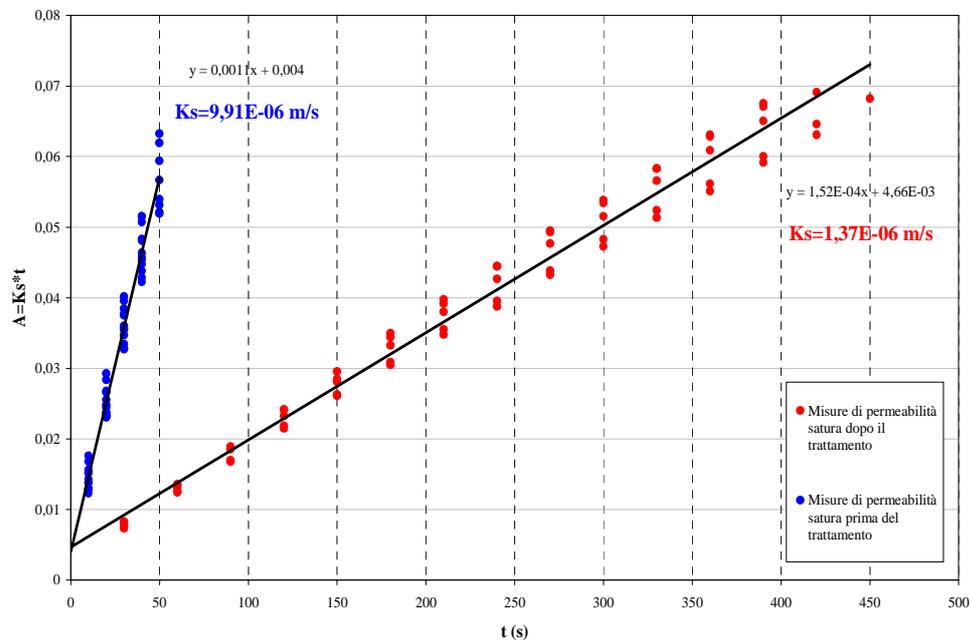


Figura 1 – Confronto tra le prove di permeabilità satura prima e dopo il trattamento di uno stesso campione

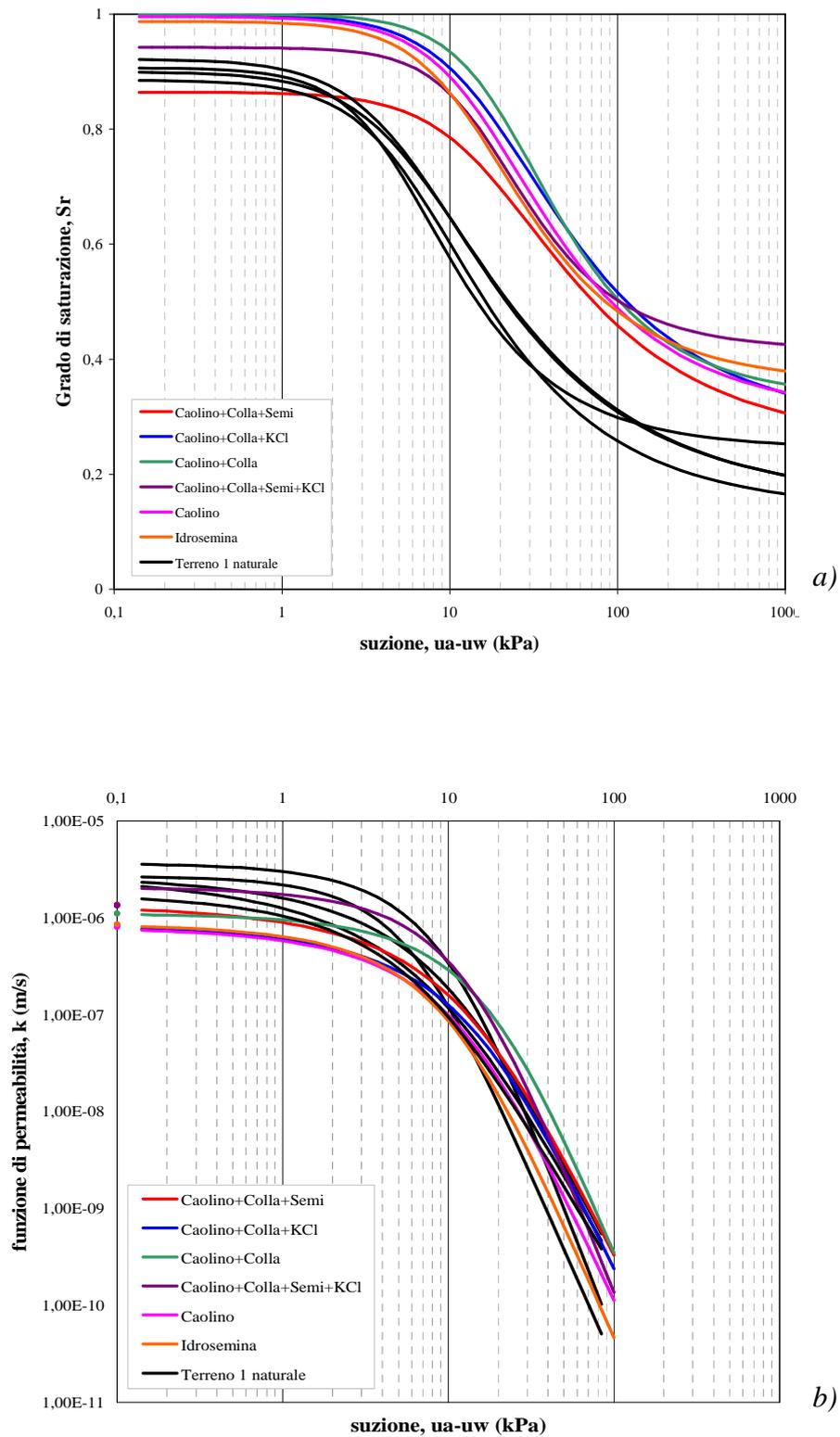


Figura 2 – Confronto tra le curve di ritenzione (a) e le funzioni di permeabilità (b) dei campioni trattati (ricostituiti) con il terreno naturale (indisturbato)

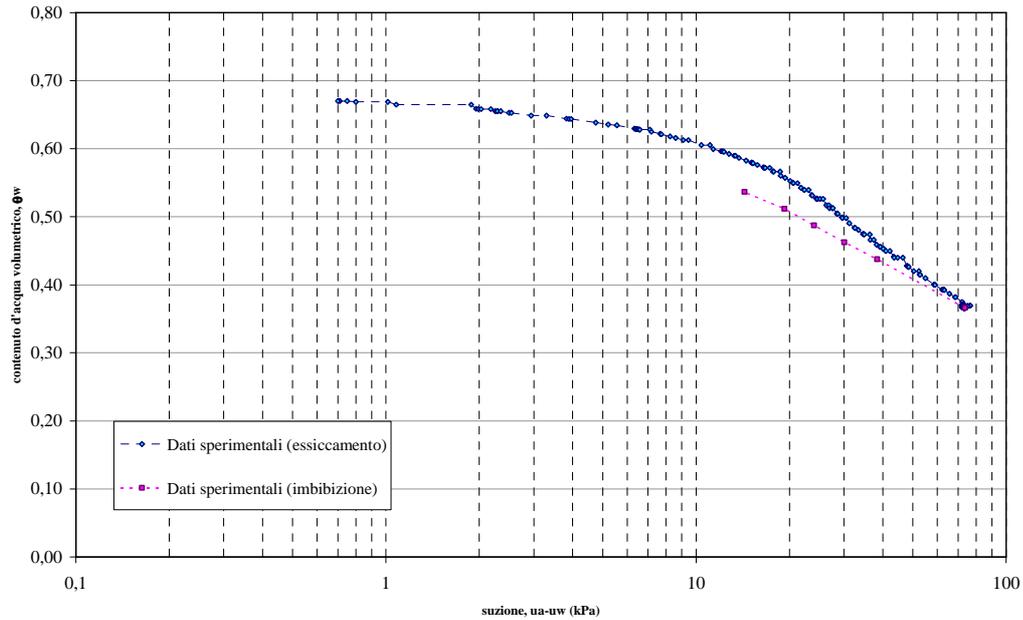


Figura 3 – Isteresi del terreno trattato con acqua, caolino, colla e KCl

Conclusioni

Le curve di ritenzione del terreno trattato presentano un aumento del valore d'ingresso d'aria rispetto al terreno naturale (Fig. 2). Questo risultato ha un importante significato in quanto il terreno trattato tende a desaturarsi più lentamente ma di conseguenza tende anche a saturarsi più lentamente. Pertanto, pensando di eseguire il trattamento superficiale su un pendio naturale nel periodo primaverile, il terreno tenderà a conservare quel determinato contenuto d'acqua che aveva prima del trattamento. Successivamente durante il periodo estivo tenderà a desaturarsi più lentamente ma ciò che più interessa è che durante il periodo invernale caratterizzato da piogge prolungate, e talvolta intense, il terreno trattato tenderà a saturarsi più lentamente.

A conferma di ciò sono state eseguite anche prove di imbibizione su alcuni provini che, insieme alle prove di evaporazione, permettono di interpretare in maniera più corretta il comportamento idraulico di un terreno, mettendo in chiara evidenza il comportamento isteretico: infatti, a parità di suzione il contenuto d'acqua è minore durante la fase di umidificazione (Fig. 3).

La permeabilità si riduce per il terreno trattato.

Per cui si può concludere che:

- ✓ I trattamenti superficiali sperimentati hanno determinato una riduzione della permeabilità satura del terreno trattato e quindi:
 - una riduzione dell'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, con conseguenti benefici in termini di resistenza al taglio;
- ✓ La risposta del terreno ai trattamenti è risultata soddisfacente i fini dell'obiettivo della sperimentazione, che sarà ampliata eseguendo i trattamenti su un pendio naturale;
- ✓ Le prove di imbibizione hanno permesso di ricavare le scanning curves appartenenti al dominio di isteresi del terreno; questo aspetto non era ancora stato studiato per il sito in esame.