

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N. L-7)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA,

GEOTECNICA E AMBIENTALE

SINTESI DELL'ELABORATO DI TESI

SPERIMENTAZIONE IN REGIME STAZIONARIO PER LA
CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DEI TERRENI PARZIALMENTE
SATURI

RELATORE

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

CANDIDATA

Angela Rea

MATR. 518/589

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

ABSTRACT

Il presente elaborato di tesi “*Sperimentazione in regime stazionario per la caratterizzazione idraulica dei terreni parzialmente saturi*” descrive l’attività di sperimentazione, svolta presso il laboratorio del D.I.G.A., su terreni provenienti dal sito di Monteforte Irpino (AV).

La sperimentazione è stata svolta su terreni di natura piroclastica che ricoprono la maggior parte dei rilievi della Campania occidentale e sono spesso interessati da fenomeni di instabilità, in particolare da colate di fango associate ad eventi meteorici.

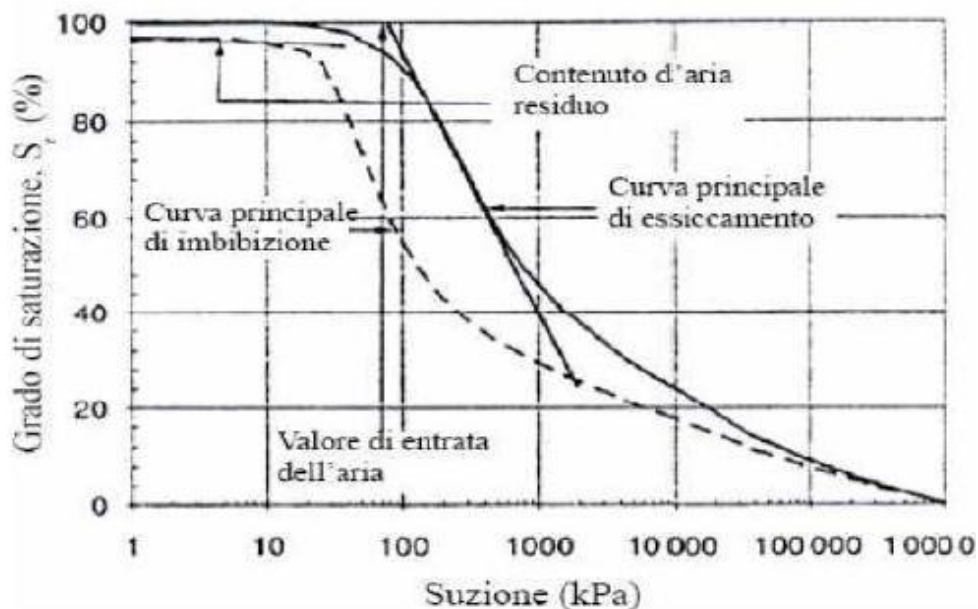
Ai fini della caratterizzazione idraulica, i provini di terreno sono stati sottoposti a prove di permeabilità satura, prove di evaporazione/imbibizione e prove di essiccamento, che hanno permesso di comprendere i meccanismi d’infiltrazione e il comportamento in seguito alle variazioni del contenuto d’acqua, cui sono naturalmente soggetti per effetto delle diverse condizioni climatiche.

Attraverso tale sperimentazione è stato possibile determinare la curva di ritenzione e la funzione di permeabilità.

La curva caratteristica o curva di ritenzione idrica esprime la relazione tra suzione e grado di saturazione e fornisce informazioni sulla capacità di un terreno di immagazzinare e trattenere acqua, al variare della suzione. Al crescere della suzione si assiste a una riduzione del grado di saturazione, con una progressiva perdita di acqua, contenuta nel terreno, che coinvolge gradualmente pori di dimensioni sempre minori, fin quando, raggiunti alti valori di suzione, solamente i pori più piccoli riescono a trattenere acqua (condizioni residue).

La curva di ritenzione è determinata attraverso prove sperimentali di essiccamento e imbibizione. Ciascuna delle due prove permette di ottenere curve continue non coincidenti tra loro. Il legame suzione/grado di saturazione dipende dalla direzione del processo. Questo fenomeno è noto come isteresi idraulica, e l’individuazione del cosiddetto dominio di isteresi ha costituito l’aspetto centrale dell’indagine sperimentale della presente tesi.

Durante la fase di evaporazione, dalla condizione iniziale di completa saturazione, si osserva una riduzione del grado di saturazione in funzione della suzione che assume valori crescenti; si ottiene una curva di ritenzione, detta curva principale di essiccamento (main drying). Nella fase d'imbibizione, e quindi di riduzione della suzione, si determina la curva d'imbibizione (se il campione è stato essiccato in stufa, durante la fase d'imbibizione si ricava la curva principale di wetting) che non termina con la completa saturazione, poichè una certa quantità di aria (residual air content) resta bloccata nei pori del terreno; l'aria occlusa all'interno dei pori durante un processo d'imbibizione, comporta un minor contenuto d'acqua corrispondente ad una assegnata suzione (rispetto al ramo di essiccamento).



Se il processo di essiccamento o imbibizione in un terreno comincia da condizioni di saturazione intermedie, la relazione suzione/contenuto d'acqua segue dei percorsi di raccordo tra le due curve principali, descrivendo le cosiddette curve di scansione (scanning curve).

Premessi gli aspetti generali del comportamento idraulico dei terreni non saturi, nel seguito si fa una breve sintesi della procedura sperimentale eseguita, articolata nelle seguenti fasi:

- Prove di permeabilità per la determinazione della permeabilità satura, con l'utilizzo di un permeametro a carico costante;
- Prove di evaporazione, con l'utilizzo del ku-pF Apparatus, fino ad una suzione di 70-80 kPa;
- Prove di imbibizione, con l'utilizzo del ku-pF Apparatus;
- Prove di essiccamento in "pressure plate" per determinare il contenuto d'acqua corrispondente ad un valore di suzione di 1000 kPa.

La **prova di permeabilità** è stata realizzata con l'utilizzo di un permeametro a carico costante, facendo attraversare ogni singolo provino, inizialmente non saturo, da un flusso d'acqua dal basso verso l'alto, applicando attraverso un compressore, una differenza di pressione alle due estremità del circuito.

La circolazione di acqua è stata protratta fino al raggiungimento della completa saturazione del provino.

La misura del volume di acqua entrante e uscente dal sistema, in corrispondenza di determinati intervalli temporali, ha permesso di ricavare il coefficiente di permeabilità satura identificativo di ciascun provino di terreno analizzato, attraverso la legge di Darcy. La lettura è stata effettuata attraverso burette graduate contenenti all'interno due liquidi a differente densità (acqua e kerosene), osservando il movimento del menisco di contatto acqua/kerosene.

Le **prove di evaporazione** e **imbibizione** attraverso l'apparecchiatura Ku-pF Apparatus hanno consentito di registrare l'andamento nel tempo della suzione e del contenuto d'acqua (attraverso misure della variazione di peso dei provini), durante cicli successivi di evaporazione/imbibizione; è stato, così, possibile ottenere coppie di valori contenuto d'acqua/suzione necessarie per la determinazione della curva di ritenzione.

Dopo la prova di permeabilità (permeametro a carico costante), con la quale è stata ottenuta la completa saturazione, i provini di terreno sono stati sottoposti ad una prova successiva di evaporazione attraverso la superficie superiore del provino, incrementata

dall'utilizzo di apposite ventoline. Durante la prova sono state registrate, per ciascun provino, le misure della suzione attraverso due tensiometri (inseriti all'interno del provino a differenti altezze) e del peso, effettuate contemporaneamente quando ognuno dei provini a turno veniva posizionato, grazie alla rotazione della macchina, in corrispondenza del piatto di una bilancia elettronica.

Terminata la fase di evaporazione, i provini sono stati sottoposti alla fase d'imbibizione venendo ripetutamente inumiditi con una siringa graduata e chiusi superiormente con un coperchio per impedirne l'evaporazione, fino a riportarli in condizioni di suzioni nulle o quasi nulle.

Attraverso la **prova di essiccamento** in Piastra di Richards è stato possibile ricavare il contenuto d'acqua residuo corrispondente a un valore di suzione di 1000 kPa.

I provini sistemati all'interno dell'apparecchiatura, consistente in una camera a tenuta ermetica, erano in comunicazione idraulica con il sistema di drenaggio attraverso una piastra porosa. Una volta chiusa ermeticamente la piastra di Richards, attraverso un circuito di aria compressa è stata imposta una pressione dell'aria all'interno della camera di 1000 kPa, corrispondente ad un valore equivalente di suzione. Per effetto della pressione d'aria imposta, il provino di terreno con il tempo perdeva acqua, mettendosi in equilibrio con il valore della suzione applicata, assumendo il valore di contenuto d'acqua corrispondente.

Ogni 24h sono state effettuate misure di peso dei provini fino al raggiungimento della condizione di equilibrio, corrispondente a variazioni di peso trascurabili.

Conclusioni

Nei vari cicli effettuati, ciascuna delle due fasi (evaporazione e imbibizione) ha consentito di ottenere curve differenti a seconda della direzione del percorso. Il terreno in esame ha mostrato un comportamento isteretico, individuando un dominio di isteresi tendente a ridursi con i cicli successivi.

Mentre i rami relativi alla fase d'imbibizione hanno mostrato un andamento quasi coincidente (la seconda fase di umidificazione ricalca l'andamento della prima umidificazione), il ramo di evaporazione tende con i cicli successivi a spostarsi, determinando il restringimento del dominio di isteresi.

L'ultima coppia relativa al contenuto d'acqua residuo (ricavata con la prova in pressure plate) ha evidenziato un valore del grado di saturazione residuo, dovuto alla presenza di una certa quantità di acqua che rimane ancora nei vuoti dopo la prova di essiccamento, intorno al 20 %, molto simile per tutti i provini esaminati.

Attraverso la sperimentazione è stato possibile tracciare la curva principale di essiccamento (main drying) con la prima fase di evaporazione e le scanning curves appartenenti al dominio di isteresi.

Dall'osservazione delle curve di ritenzione emerge un progressivo accumulo di aria nei vuoti del terreno con i cicli successivi, che modifica la risposta del terreno, riducendone in modo benefico la permeabilità.

I risultati emersi dalla sperimentazione sono in linea con quelli attesi e confermano quanto rilevato da precedenti prove.

Tuttavia la caratterizzazione idraulica di laboratorio richiede uno studio più completo attraverso un confronto con prove in sito.