

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 LAUREA

CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA DI TERRENI NON SATURI ATTRAVERSO CICLI
SUCCESSIVI DI ESSICCAMENTO E IMBIBIZIONE (REGIME TRANSITORIO)

RELATORE

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

Candidata

Irene Gabellone

Matr. N49/55

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

ANNO ACCADEMICO 2011/2012

ABSTRACT

La sperimentazione di laboratorio, svolta presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica Geotecnica e Ambientale, descritta nel lavoro di tesi intitolato “Caratterizzazione idraulica di terreni non saturi attraverso cicli successivi di essiccamento e imbibizione (regime transitorio)”, è finalizzata alla caratterizzazione idraulica di campioni di terreno provenienti dal sito di Monteforte Irpino (AV), prelevati sul versante ovest del Monte Faggeto. Le caratteristiche idrauliche di ciascun campione di terreno sono state determinate impiegando una procedura sperimentale, concepita allo scopo di determinare la curva di ritenzione e la funzione di permeabilità dei materiali nel campo di suzione ritenuto significativo nel settore ingegneristico. La curva caratteristica (o curva di ritenzione idrica, SWRC = Soil Water Retention Curve), mostrata in figura 1, definisce la relazione tra la suzione di matrice e la quantità di acqua presente nel terreno.

La curva è rappresentata in un piano semilogaritmico avente in ascissa il valore della suzione ψ e in ordinata il valore della quantità d’acqua nel terreno. Si distinguono tre diverse parti della curva: nella prima (*boundary effect zone*), per valori bassi di suzione, il terreno è saturo e un aumento di suzione non produce diminuzioni significative del grado di saturazione.

Il primo tratto della curva termina per un valore di suzione detto *air-entry value* ed è indicato con il simbolo ψ_a o anche $(u_a - u_w)_a$.

Nella seconda parte, detta di transizione (*transition zone*), al crescere della suzione la quantità d’acqua nel terreno si riduce sensibilmente e la fase liquida diventa discontinua. Nell’ultima parte, infine, detta zona residua di non saturazione (*residual zone of unsaturation*), a grandi incrementi di suzione corrispondono piccole riduzioni della quantità di acqua nel terreno.

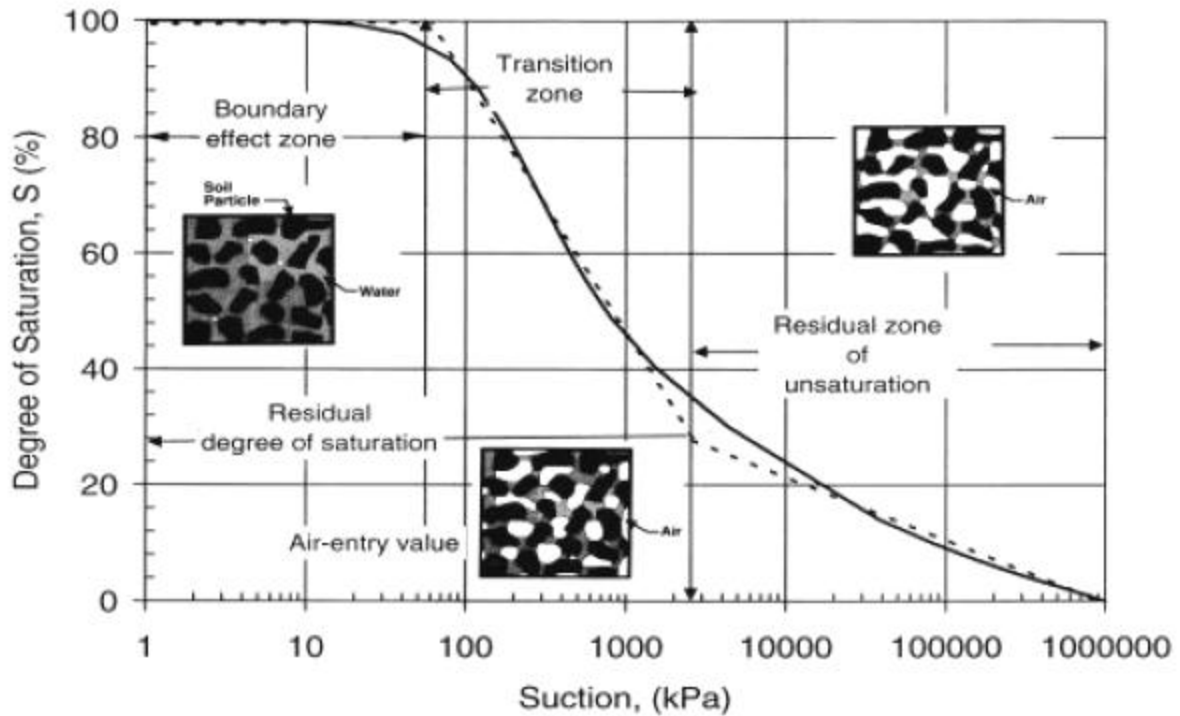


Figura 1 - Curva di ritenzione idrica

La relazione tra il potenziale di matrice e l'umidità del terreno può essere ottenuta attraverso due modalità: nella fase di essiccamento, ovvero prendendo un campione saturo e applicando suzioni crescenti al fine di essiccare il terreno, ma anche grazie alla riduzione di suzione generata umidificando un terreno inizialmente secco.

Durante il processo di evaporazione si nota una riduzione del contenuto di acqua rispetto alla condizione iniziale di completa saturazione, quindi il terreno segue una curva di ritenzione, nota come *curva principale di essiccamento (main drying)*, diversa rispetto a quella di ritenzione che il terreno segue nel processo inverso di aumento del contenuto di acqua, e quindi di riduzione di suzione. Quest'ultima curva, detta *curva principale di imbibizione (main wetting)*, non raggiunge la completa saturazione del terreno, perché una certa quantità di aria (*residual air content*) rimane intrappolata nei pori. Questo fenomeno è detto di "isteresi", dal greco $\sigma\sigma\tau\acute{\epsilon}\rho\eta\sigma\iota\varsigma$ (ritardo) e rappresenta la caratteristica di un sistema di reagire in ritardo alle sollecitazioni esterne applicate.

L'elaborato di tesi si è posto l'obiettivo di descrivere tale attività di sperimentazione finalizzata alla caratterizzazione idraulica di campioni di terreno attraverso una serie di prove:

- **Prova di permeabilità satura**, per la determinazione della funzione di permeabilità satura, previa saturazione del provino mediante circolazione idraulica;
- **Prova di evaporazione e imbibizione**, sviluppata nell'apparecchiatura ku-pf Apparatus;

- **Prova di essiccamento**, svolta nella piastra Richards o “pressure plate” per determinare il contenuto di acqua corrispondente ad un valore di suzione pari a 1000 KPa.

La **prova di permeabilità satura** è stata realizzata con l’utilizzo di un permeametro a carico costante che comprende diversi componenti: due burette di plexiglas, ciascuna formata da due cilindri trasparenti concentrici di diametro differente; un compressore, un manometro per la lettura dei valori di pressione applicati. I provini sono stati posti nella cella e i vari elementi del circuito sono stati collegati tra di loro mediante tubicini di plastica differenziati nel colore per distinguere gli ingressi dalle uscite di ogni elemento. All’interno dell’apparecchiatura ci sono due liquidi a differente densità, acqua e kerosene (quest’ultimo avente densità volumetrica pari all’80% dell’acqua).

La presenza del kerosene è necessaria per valutare visivamente il movimento dell’acqua e calcolare la portata defluente nel sistema. Le due burette sono graduate per consentire una lettura visiva dei volumi di fluido transitanti. Applicata una differenza di pressione tra le due estremità del circuito, per effetto di questa si instaura un flusso dalla buretta a carico maggiore (buretta di monte) alla buretta a carico minore (buretta di valle). Ripetendo questo processo per diversi cicli si arriva alla completa saturazione del provino, raggiunta tale condizione, si è in grado ricavare la permeabilità satura del terreno K_s mediante letture delle portate defluenti nelle burette.

Le prove sono state effettuate sia considerando la presenza di entrambi i liquidi, sia trascurando il kerosene. Dall’analisi dei risultati si è visto una trascurabile differenza di valori di K_s calcolati mediante le due procedure adottate.

La **prova di evaporazione e imbibizione** è stata svolta mediante l’apparecchiatura ku-pf Apparatus, disponibile presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica e Ambientale. I provini dopo il processo di saturazione, vengono sigillati alla base e posti su un telaietto al quale sono collegati due tensiometri. Durante le prove, un data-logger consente di registrare la variazione del volume di acqua complessivamente contenuta nel provino e le misure di suzione in due punti dello stesso. Le misure del peso vengono effettuate mediante sollevamento della bilancia e sospensione del provino. Contemporaneamente viene misurata la suzione all’interno dei campioni attraverso l’utilizzo di due micro tensiometri, in precedenza saturati e calibrati per rendere la capsula porosa completamente satura.

Raggiunti valori di suzione pari a 70-80 KPa, è terminata la fase di evaporazione ed è iniziata quella di imbibizione, dove i provini sono stati ripetutamente inumiditi con una siringa graduata (3 ml) e poi chiusi con un coperchio per evitare l’evaporazione e riportare i provini in condizioni di suzione praticamente nulle.

La prova di essiccamento è eseguita in una piastra di Richard o “ pressure plate” e permette di ricavare il contenuto di acqua residuo corrispondente ad un valore di suzione pari a 1000 KPa. Tale piastra consiste di una camera ermetica, nella quale vengono sistemati i provini, in comunicazione idraulica con il sistema di drenaggio attraverso una piastra porosa. Attraverso un circuito di aria compressa è stata imposta una pressione dell’aria all’interno della camera di 1000 KPa. Per effetto di tale pressione d’aria, il provino di terreno perde acqua e si pone in equilibrio con la suzione applicata, assumendo il valore di contenuto di acqua corrispondente. Ogni 24 ore sono state effettuate misure del peso dei provini fino al raggiungimento della condizione di equilibrio, corrispondente a variazioni di peso trascurabili.

Conclusioni

Per molti anni lo studio del comportamento del terreno è stato limitato al solo caso di terreni asciutti o parzialmente saturi sebbene oggi, numerosi problemi di ingegneria civile quali stabilità dei pendii e dissesti del sottosuolo, richiedano lo studio e l’approfondimento del comportamento dei terreni parzialmente saturi. Basti pensare che l’infiltrazione delle acque meteoriche è una delle cause dell’instabilità dei terreni parzialmente saturi, che provocando variazioni del grado di saturazione, e quindi della suzione, condiziona la resistenza del terreno, rendendolo più esposto a rischio di frane. Il primo risultato dell’attività di sperimentazione ha permesso di individuare valori di permeabilità satura del terreno K_s dell’ordine di grandezza di $10^{-6} m/sec$. Le successive prove di evaporazione/imbibizione hanno permesso di definire la curva di ritenzione e il dominio di isteresi, ovvero quello compreso tra la curva di wetting e quella di drying. Le successive prove di evaporazione/umidificazione e di essiccamento hanno consentito di caratterizzare il comportamento idraulico del terreno in esame, attraverso la determinazione della curva di ritenzione e l’identificazione del dominio d’isteresi. Nei vari cicli effettuati, ciascuna delle due fasi (evaporazione e imbibizione) ha permesso di ottenere delle 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. In definitiva, attraverso tale tesi si è ulteriormente approfondita la conoscenza del comportamento idraulico dei terreni piroclastici, largamente diffusi sui rilievi campani e spesso esposti a rischio di colate rapide. I risultati emersi dalla mia 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.