

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE

**ABSTRACT**

MISURA DEL CONTENUTO DI ACQUA NELLE POMICI IN  
PROBLEMI DI STABILITÀ DEI PENDII

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing. G. Urciuoli

CANDIDATO

Egidio Grillo  
Matr. 518/587

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Questo elaborato di tesi si inserisce all'interno di una più ampia ricerca sperimentale condotta presso il laboratorio di geotecnica del Dipartimento di Ingegneria Geotecnica, Idraulica e Ambientale dedicata all'innescò di colate di fango, (con punto di riferimento il sito sperimentale di Monteforte Irpino) ed ha come **obiettivo** la caratterizzazione idraulica delle pomici.

Il sito sperimentale è stato allestito con l'obiettivo di monitorare i fattori di innesco delle frane tipo colata rapida, in modo da approfondirne i meccanismi di innesco.

La sperimentazione si è svolta sulle pomici di Avellino, in quanto insieme alle pomici di Ottaviano sono gli unici due terreni del sito sperimentale di Monteforte Irpino a non essere ancora caratterizzate da un punto di vista idraulico.

La pomice è una roccia ignea effusiva che si forma da eruzione di tipo esplosivo, leggerissima data l'elevata porosità, dovuta alla rapida liberazione dei gas presenti al suo interno al momento dell'esplosione. La particolarità delle pomici è la suddivisione del volume dei pori in due aliquote:

- Interpori: volumi tra le particelle;
- Intrapori: volumi nelle particelle.

Nello specifico la sperimentazione ha riguardato la praticabilità della misura del contenuto di acqua attraverso l'impiego di sonde TDR (*Time Domain Reflectometry*) anche in terreni piroclastici a grana grossa, quali appunto le pomici.

La riflettometria nel dominio del tempo (TDR) è il metodo indiretto maggiormente utilizzato per la stima del contenuto di acqua in sito, in quanto è non distruttivo e poco invasivo. Tale tecnica si basa sulla propagazione delle onde elettromagnetiche nel terreno; in particolare tramite la stima della costante dielettrica dello stesso è possibile risalire al suo contenuto di acqua.

Per la sperimentazione sono state utilizzate sonde TDR standard con lunghezza delle aste pari a 15 cm, un generatore di impulsi il TDR 100 ed un palmare, il pocket PC, per l'acquisizione dei dati.

Le sonde sono state inserite all'interno di fustelle in PVC in quanto l'utilizzo di contenitori metallici avrebbe alterato il campo elettrico sviluppato dal generatore.

Allo scopo di far variare il contenuto di acqua all'interno del campione è stato creato un particolare sistema di drenaggio/approvvigionamento dell'acqua, mediante il quale è stato possibile imporre il livello idrico nel campione oltre a garantire un afflusso costante di acqua.

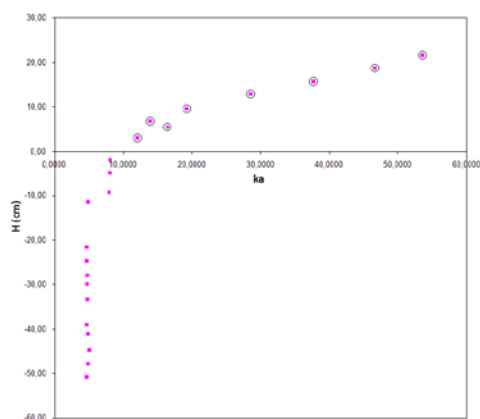


Quest'ultima è stata immessa dal fondo del campione in modo da garantire una superficie di saturazione nella parte inferiore. L'acqua usata per la sperimentazione è acqua demineralizzata.

La sperimentazione è consistita in quattro prove, ognuna organizzata con più cicli di umidificazione e essiccamento.

In particolare partendo da un campione secco, essiccato in stufa, si è giunti ad una condizione di saturazione mediante una fase di umidificazione. Successivamente mediante una fase di essiccamento si è giunti nella condizione di campione umido.

Il campione presenta un'altezza di 20 cm, è stato suddiviso in quattro strati, ognuno di 5 cm, in modo da portare il livello idrico dalla base alla testa del campione e viceversa in 4 passi. Alla fine di ogni passo sono stati registrati il peso e la costante dielettrica relativa.



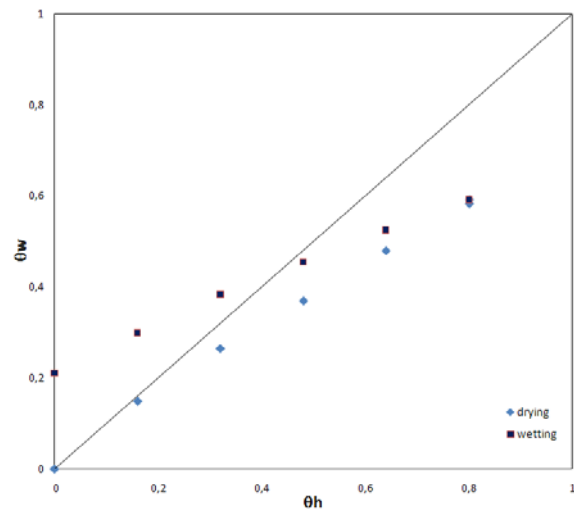
La prima prova è stata eseguita in maniera differente dalle altre in quanto si è partiti dal provino saturo, per giungere alla condizione di campione umido mediante una singola fase di essiccamento. In particolare il livello idrico è stato portato ad un livello più basso del piano rappresentato dalla base del campione

allo scopo di applicare una leggera suzione al provino e valutare gli effetti dal contenuto di acqua.

Si è osservato che la costante dielettrica non ha subito variazioni al di sotto di un determinato livello idrico, ciò è dovuto al fatto che si è verificata cavitazione

all'interno del campione, causata dall'eccessiva grandezza dei pori della piastra porosa alla base del campione.

Analizzando i dati sperimentali della prima prova si è deciso di approfondire lo studio facendo variare il livello idrico tra la base e la testa del campione, effettuando un ciclo completo formato da una fase di umidificazione ed una di essiccamento, partendo dalla condizione di campione secco.

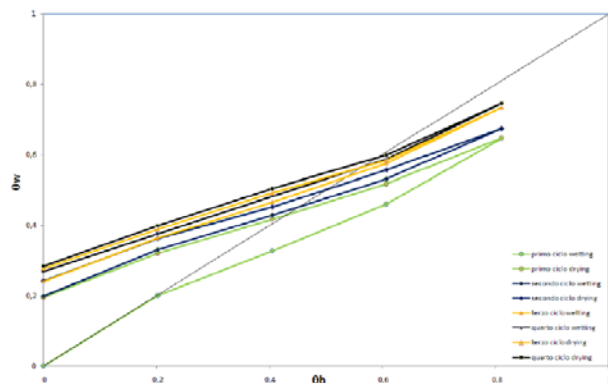


Osservando il diagramma a lato, sul quale si è indicato con  $\theta_h$  il contenuto di acqua teorico e con  $\theta_w$  il contenuto di acqua misurato, si evidenzia come le pomice in fase di umidificazione hanno assorbito acqua che, invece, non hanno ceduto nella successiva fase di essiccamento; ciò è dovuto alla porosità interna del campione.

Il contenuto di acqua teorico risulta essere sempre maggiore di quello realmente misurato a prova che all'interno delle pomice resta intrappolata dell'aria.

Inoltre, la quantità di acqua residua alla fine del ciclo di essiccamento risulta tutta assorbita dalle pomice.

Allo scopo di approfondire e cercare di quantificare l'effetto che l'acqua assorbita ha sulle misure TDR, nella terza prova sono stati eseguiti 4 cicli completi di umidificazione e essiccamento.



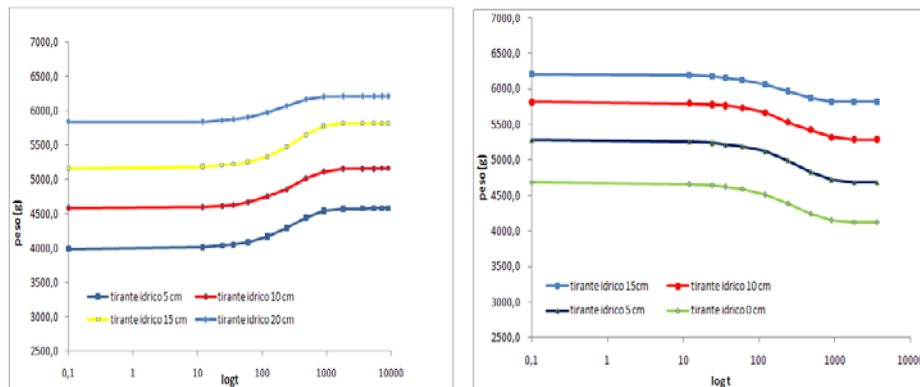
Ogni passo ha avuto la durata di 40

minuti per la fase di umidificazione e 30 minuti per la fase di essiccamento; tale durata si è ritenuta sufficiente a raggiungere la stazionarietà. Al primo ciclo, le pomice, poichè secche, hanno assorbito una grande quantità di acqua che non è stata ceduta in fase di essiccamento.

Con il proseguire dei cicli, le pomice già umide, hanno presentato un assorbimento minore. Tuttavia nonostante il contenuto di acqua massimo sia cresciuto sempre

più, non si è riusciti a giungere ad una condizione di completa saturazione, a dimostrazione che, a causa dei vuoti interni, la completa saturazione delle pomici risulta essere alquanto difficoltosa.

La quarta prova è stata eseguita con le stesse modalità della terza. Al fine, però, di valutare l'effettivo tempo che impiegano le pomici a saturarsi, ogni passo è durato circa due ore e mezza.

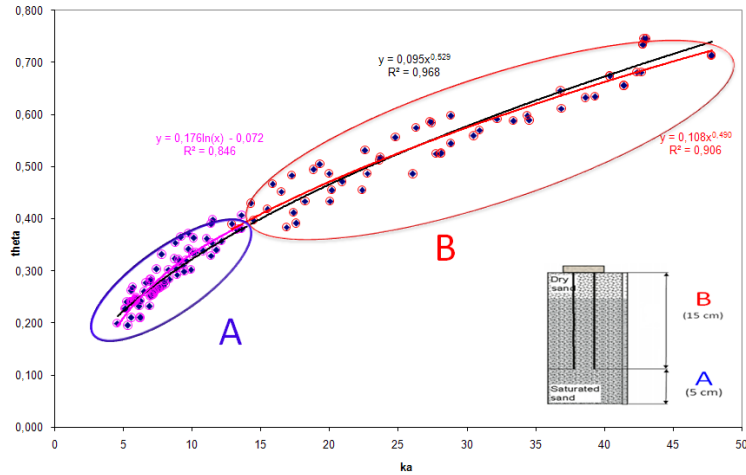


Si è giunti alla conclusione che effettivamente la fase di umidificazione impiega circa 40 minuti per stabilizzarsi, mentre quella di essiccazione circa 30, che corrisponde al tempo effettivamente impiegato al completamento della terza prova.

In quest'ultima, inoltre, la fase di essiccazione del terzo e del quarto ciclo completo, è stata eseguita mediante passi più piccoli. Infatti, si è ritenuto di approfondire l'andamento della costante dielettrica nell'intervallo di misura in cui la superficie di saturazione non tocca la sonda.

Per raggiungere tale scopo, l'ultimo passo, da 0 cm a 6 cm è stato suddiviso in ulteriori passi da 1 cm caduno.

Al fine di ricavare una relazione tra la costante dielettrica ed il contenuto di acqua i dati sperimentali sono stati raccolti in un unico piano. Inizialmente, a seguito dell'analisi dei dati, si è pensato che un'unica retta interpolante esprimesse l'andamento dell'intera prova, ma da un'analisi più attenta si è evinto che i dati sperimentali hanno un andamento diverso dipendente dalla posizione del tirante idrico. Infatti quando il livello idrico si trova nella zona B (la sonda è immersa nell'acqua) si ha un andamento diverso, causato dalla differente disposizione dell'acqua intorno alla sonda, che altera la conducibilità del terreno.



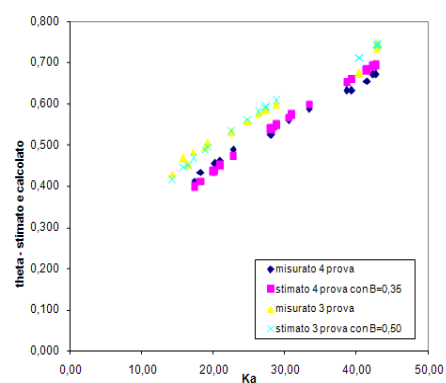
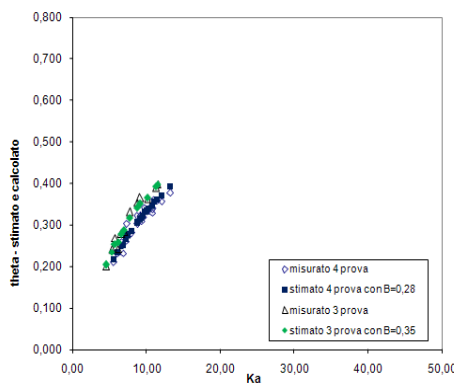
Allo scopo di avere un'interpretazione più precisa dei dati è stata usata una formula trinomia, che tiene conto anche dell'aria presente nei pori, per cui si fa una stima considerando il terreno un modello trifase composto da aria, acqua e parte solida.

$$k_a = (\theta_w \cdot k_{aw}^\beta + \theta_s \cdot k_{as}^\beta + \theta_a \cdot k_{aa}^\beta)^{1/\beta}$$

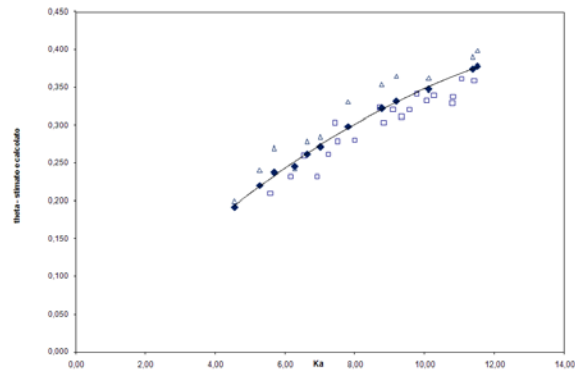
L'unica incognita risulta essere il contenuto di acqua ( $\theta_w$ ). Inoltre, esprimendo il contenuto di acqua, di aria e di sostanza solida in funzione del volume totale è possibile ricavare il volume di acqua in funzione della costante dielettrica relativa effettivamente misurata:

$$V_w = \frac{(V_t \cdot k_a^\beta - V_s \cdot k_{as}^\beta - V_a \cdot k_{aa}^\beta)^{1/\beta}}{k_{aw}^\beta}$$

Confrontando il contenuto di acqua misurato con quello stimato, si vede come effettivamente la formula trinomia ben interpreta i dati sperimentali con andamento diverso a seconda che l'acqua tocchi o meno la sonda.



Si è ritenuto utile analizzare con maggiore attenzione i dati sperimentali della zona A (acqua al di sotto della sonda) in quanto essa corrisponde realmente alla situazione in sito con falda situata alla base delle pomici e lo strato superiore umido. L'andamento in tale zona è ben rappresentato dalla formula trinomia con un valore medio del coefficiente  $\beta = 0,33$ .



Con questo lavoro di tesi è stato dimostrato che il contenuto di acqua può essere stimato mediante l'impiego di sonde TDR anche nei terreni piroclastici a grana grossa come, nel caso particolare, le pomici. Ciò rappresenta il punto di partenza di una ricerca sperimentale che porterà alla completa caratterizzazione idraulica del banco di pomici di Avellino (terreno 3) e successivamente anche quello di Ottaviano (terreno 5). Il metodo usato in questo lavoro, ha consentito di stimare un contenuto di acqua medio in quanto nella zona satura l'acqua oltre a saturare i pori interni delle pomici satura anche i pori tra le particelle. L'analisi delle forme d'onda, opportunamente registrate, consentirà successivamente di validare quanto ottenuto e distinguere anche in modo più dettagliato l'avanzamento del fronte umido nel campione.