

ESPERIENZE SU UNA PIROCLASTITE PARZIALMENTE SATURA DELLA CAMPANIA

Aldo Evangelista; Marco Valerio Nicotera; Raffaele Papa; Gianfranco Urciuoli
Dipartimento di Ingegneria Geotecnica, Università degli Studi di Napoli Federico II
evangel@unina.it; nicotera@unina.it; rafpapa@unina.it; gianurci@unina.it

Sommario

L'attività sperimentale descritta nella presente nota è finalizzata alla caratterizzazione meccanica di un litotipo (piroclastite cineritica di Ottaviano) ampiamente presente nelle serie piroclastiche della Campania, responsabile dell'innescò di numerose frane di colata rapida. La sperimentazione è stata condotta su campioni indisturbati prelevati in diverse campagne di indagine nel campo sperimentale di Monteforte Irpino (AV), rappresentativo dello scenario geologico del Pizzo d'Alvano (AV).

1 Introduzione

Il presente lavoro fa parte di una più ampia ricerca dedicata alla realizzazione ed allo studio del campo sperimentale di Monteforte Irpino (AV) in cui viene studiato l'innescò di colate di fango in terreni piroclastici. In questa comunicazione si riferisce della sperimentazione di laboratorio per la caratterizzazione idraulica e meccanica di uno dei litotipi (piroclastite cineritica di Ottaviano) che caratterizzano la stratigrafia del sito. L'attenzione a questo litotipo deriva da una prima fase di lavoro, in cui fu svolta un'intensa sperimentazione per individuare fra gli strati della serie piroclastica di copertura del substrato carbonatico quale fosse quello critico nei fenomeni di instabilità della coltre (Evangelista et al., 2006).

2 Attività sperimentale

La stratigrafia semplificata del sito è costituita dai seguenti litotipi che ricoprono i calcari di base: 1) piroclastite humificata e pedogenizzata superficiale; 2) piroclastite humificata e pedogenizzata bruno-rossastra; 3) livello pomiceo attribuibile all'eruzione di Avellino; 4) cineriti pedogenizzate (paleosuolo) dell'eruzione di Ottaviano; 5) livello pomiceo riferibile all'eruzione di Ottaviano; 6) cineriti pedogenizzate (paleosuolo); 7) sabbia vulcanica; 8) cinerite argillificata.

La sperimentazione di prima fase ha consentito di individuare quale strato "debole" della serie il litotipo 4. Ciò è in accordo con numerose osservazioni di campo che indicano tale strato come sede preferenziale della superficie di scorrimento delle colate di fango che avvengono nel contesto descritto. La sperimentazione di laboratorio qui riportata, dedicata alla cinerite di Ottaviano, comprende prove triassiali e prove di taglio diretto eseguite in condizioni di completa e parziale saturazione su provini indisturbati prelevati in trincee ed in sondaggi.

In fig. 1 è riportato il fuso granulometrico del terreno 4, la cui granulometria è mediamente più fina e più assortita rispetto ai terreni sovrastanti; il fuso granulometrico è più ristretto. In tabella 1 si riportano, per confronto, i valori medi delle caratteristiche fisiche dei litotipi della serie stratigrafica (si osservi l'elevatissima porosità). In fig. 2 sono rappresentate le caratteristiche idrauliche determinate da prove di evaporazione ed essiccamento attraverso una procedura di inversione (Romano e Santini, 1999) implementata nel codice di calcolo agli elementi finiti Hydrus 1D (Simunek et al, 1998).

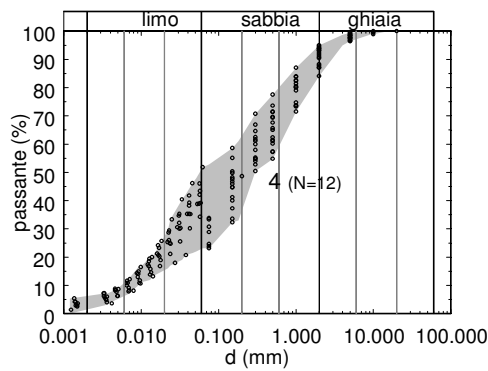


Fig. 1 – Curva granulometrica del terreno 4

terreno	G_s	γ_d (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	n	S_r
1	2,65	8,06	11,91	0,69	0,57
2	2,66	7,77	12,49	0,70	0,69
4	2,57	7,11	12,11	0,71	0,71
6	2,57	7,13	12,51	0,72	0,77
7	2,47	7,71	11,93	0,69	0,64
8	2,49	10,64	15,49	0,58	0,87

Tab. 1 – Caratteristiche fisiche medie dei terreni della serie stratigrafica

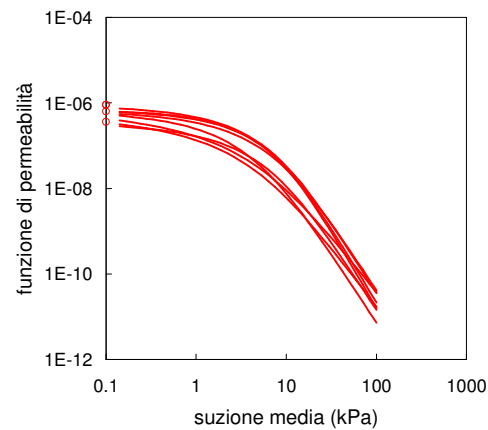
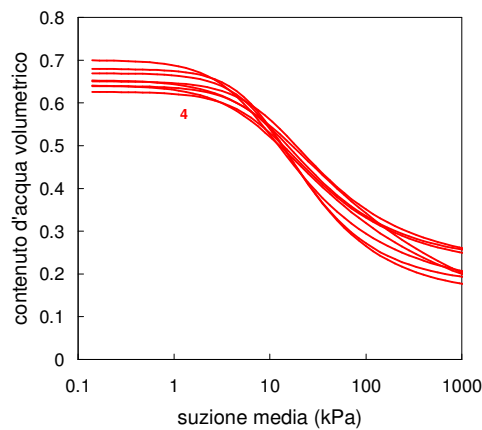


Fig. 2 – Curve di ritenzione e funzione di permeabilità del terreno 4

3 Resistenza meccanica

La sperimentazione è stata condotta su circa 60 provini estratti da campioni indisturbati prelevati con campionatore a parete sottile.

Le caratteristiche di resistenza in condizioni di totale saturazione sono state indagate mediante prove di taglio in apparecchiatura tradizionale, eseguendo in alcuni casi anche più cicli, e mediante prove triassiali a stress-path controllato condotte secondo diversi percorsi di carico.

I risultati delle prove triassiali sono sintetizzati in fig. 3, in cui nel primo diagramma è rappresentato l'andamento del rapporto tra tensione deviatorica q e tensione media efficace p' in funzione delle deformazioni distorsionali $\epsilon_s = (\epsilon_a - \epsilon_r) \cdot 2/3$ e nel secondo diagramma l'andamento delle deformazioni volumetriche in funzione di ϵ_s . Questa rappresentazione permette di identificare il valore asintotico M a cui converge il rapporto q/p' al procedere del fenomeno di rottura verso la condizione stazionaria. Il terreno 4 presenta un valore di resistenza stazionaria ($\phi_{cv}' = 36.9^\circ$) che conforta le osservazioni morfologiche eseguite in sito: i dati stratigrafici raccolti nel campo sperimentale ed in aree limitrofe indicano che lì dove la pendenza media della coltre è prossima a $35^\circ \div 37^\circ$ lo strato 4 e lo strato 3, costituito dalle pomici di Avellino, sono assenti. Tuttavia è ragionevole ritenere che a causa dell'effetto meccanico della suzione il terreno 4 in condizioni di parziale saturazione possa essere stabile anche su versanti con pendenze maggiori di 37° .

Ciò premesso l'attività sperimentale è stata estesa alla determinazione delle caratteristiche

meccaniche di tale materiale in condizione di parziale saturazione. E' stata eseguita una serie di prove triassiali e di taglio a suzione controllata con due apparecchiature messe a punto presso il Dipartimento di Ingegneria Geotecnica di Napoli (Aversa e Nicotera, 2002; Evangelista et al., 2004). I risultati ottenuti con le prove di compressione triassiale sono sintetizzati in fig. 4, dove, in analogia a quanto fatto per le prove su terreno saturo la tensione deviatorica è stata rapportata alla tensione media netta ed è stato inoltre rappresentato l'andamento delle deformazioni volumetriche in funzione di ϵ_s .

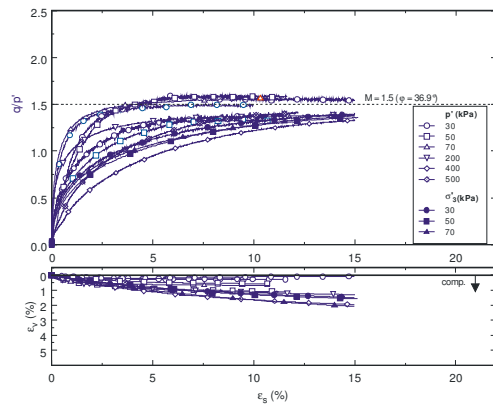


Fig.3 – Prove triassiali su terreno saturo

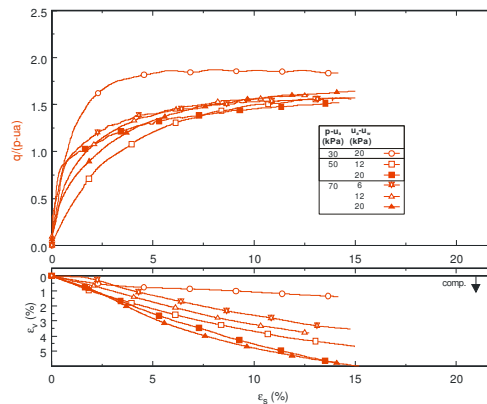


Fig.4 – Prove triassiali su terreno non saturo in termini di tensioni nette

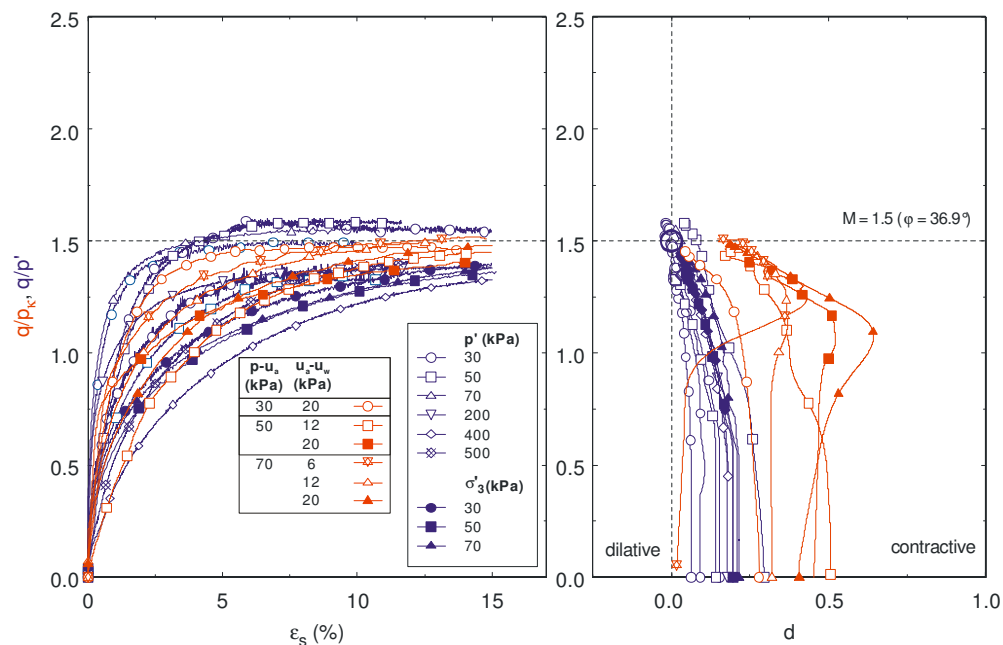


Fig.5 – Confronto fra prove triassiali su terreno saturo e non saturo in termini di tensioni efficaci alla Bishop con
$$X = S_r^2 [p_k = (p - u_a) + S_r^2 (u_a - u_w)]$$

I risultati delle prove su terreno non saturo sono stati interpretati anche in termini di tensioni efficaci alla Bishop, assumendo $X = S_r^2$ (Bishop, 1959, Vanapalli et al., 1996, Gallipoli et al., 2003) e sono stati confrontati con quelli da prove triassiali su terreno saturo (fig. 5). Dall'analisi dei risultati si osserva che tutte le prove convergono verso lo stesso valore della resistenza stazionaria ($\phi_{cv}' = 36.9^\circ$), ma il terreno non saturo esibisce, a parità di deformazione distorsionale, una deformazione volumetrica maggiore. È stato eseguito inoltre

un ulteriore confronto considerando l'andamento della dilatanza $d = d\varepsilon_v / d\varepsilon_s$ in funzione di ε_s (fig. 5). Anche in tal caso si osserva che tutte le prove convergono verso lo stesso valore della resistenza stazionaria.

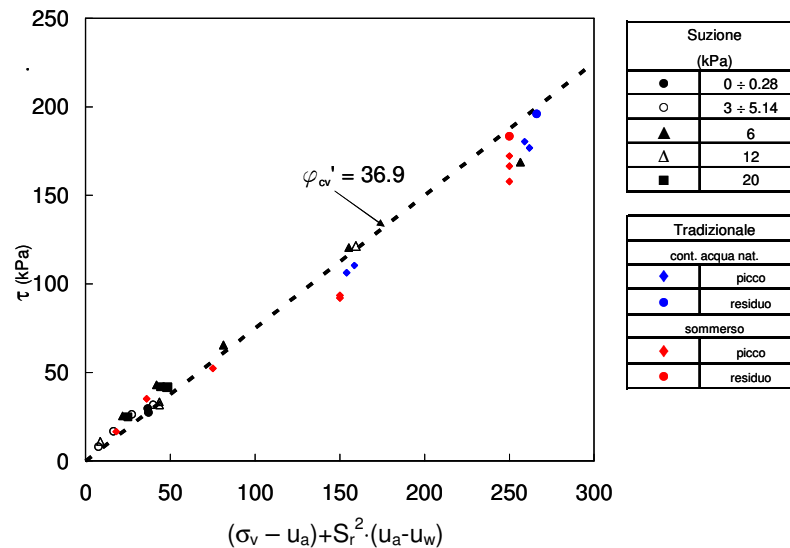


Fig. 6 – Confronto tra prove di taglio su terreno saturo e non saturo in termini di tensioni efficaci alla Bishop con $X=S_r^2$

La rappresentazione in termini di tensioni efficaci alla Bishop sembra, quindi, ridurre significativamente la dispersione dei valori del rapporto tensionale M .

I risultati ottenuti da prove di taglio diretto sono riportati in fig. 6. I dati sperimentali ottenuti per valori della suzione applicata compresi tra 3 kPa e 20 kPa sono confrontati con i risultati di prove su materiale saturo eseguite sia con l'apparecchio a suzione controllata sia in un apparecchio di taglio tradizionale; anche in questo caso l'impiego della "tensione efficace" di Bishop con $X=S_r^2$ sembra essere giustificato.

Bibliografia

- Romano N. and Santini A. (1999). Determining soil hydraulic function from evaporation experiments by a parameter estimation approach: Experimental verifications and numerical studies. Water resources research, vol. 35, n.11, 3343-3359.
- Evangelista A., Nicotera M.V., Aversa S. (2004). Un'apparecchiatura di taglio a suzione controllata per lo studio delle condizioni di innesco dei fenomeni franosi nelle coltri piroclastiche. XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo 22-24 Settembre 2004, 81-88.
- Aversa S., Nicotera M. V. (2002). A triaxial and oedometer apparatus for testing unsaturated soils. ASTM Geotechnical Testing Journal, GTJOGJ, vol 25, n.1, March 2002, 3-15.
- Evangelista A., Nicotera M. V., Papa R., Urciuoli G. (2006). Caratterizzazione meccanica di terreni piroclastici di un sito della Campania. Incontro annuale ricercatori Geotecnica, Pisa 26-28 giugno 2006.
- Evangelista A., Nicotera M. V., Papa R., Urciuoli G. (2006). Sperimentazione in sito sull'innesco di colate rapide in terreni piroclastici. Incontro annuale ricercatori Geotecnica, Pisa 26-28 giugno 2006.
- Gallipoli D., Gens A., Sharma R., Vaunat J. (2003). An elasto-plastic model for unsaturated soil incorporating the effects of suction and degree of saturation on mechanical behaviour. Geotechnique 53, No. 1, 123-135.
- Bishop A.W. (1959). The principle of effective stress. Teknisk ukeblad 106, N. 39, 859-863.
- Vanapalli S. K., Fredlund D.G., Pufahl D.E., and Clifton A.W. (1996). Model for the prediction of shear strength with respect to soil suction. Can. Geotech. J. 33, No. 3, 379-392.