

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI

“FEDERICO II”



Corso di laurea magistrale in

**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL
TERRITORIO**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E
AMBIENTALE**

SINTESI DELL'ELABORATO DI LAUREA

**TRATTAMENTI SUPERFICIALI PER LA REGOLAZIONE
DELL' INFILTRAZIONE DI ACQUA NEL TERRENO**

RELATORI

Ch.mo Prof. Ing. G. Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. R. Papa

CANDIDATA

Serena Pinto

Matr. M67/052

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

Il programma sperimentale svolto durante il periodo di Tesi è stato finalizzato all'analisi degli effetti sulla permeabilità e sulla risposta idraulica di un terreno piroclastico trattato con una miscela a base di caolino, acqua e collante.

Tale lavoro rientra in una più ampia sperimentazione svolta presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale iniziata nel maggio 2005, con lo scopo di comprendere i meccanismi di innesco delle colate rapide, attraverso un attento monitoraggio in sito, ed individuare efficaci metodologie di intervento atte a ridurre il rischio di tali eventi.

L'interesse verso lo studio dei fenomeni di colata rapida nasce dall'elevato numero di eventi che hanno interessato, principalmente, la Campania negli ultimi venti anni. Le colate, essendo caratterizzate da elevatissime velocità e capacità di propagazione anche in aree a bassa pendenza, rappresentano un rischio elevatissimo sia per la popolazione che per le infrastrutture. A seguito di un gran numero di studi a carattere scientifico, si dispone di numerose informazioni che hanno consentito sia di individuare le cause sia di definire i principali meccanismi delle colate di fango. La tesi si articola in cinque capitoli, i cui contenuti salienti sono di seguito riportati.

Nel primo capitolo, a partire dall'inquadramento regionale dell'area oggetto di interesse, dal punto di vista geologico e geomorfologico, si descrivono i prodotti del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio, che è il principale artefice dei terreni piroclastici di interesse.

Il secondo capitolo è dedicato alla descrizione dei terreni parzialmente saturi, con riguardo al loro comportamento, sia idraulico sia meccanico, ed ai criteri di resistenza da adottare per essi. E' stato necessario introdurre, preliminarmente, i concetti di *capillarità* e di *suzione*; mentre il capitolo è terminato con una breve discussione riguardante la *Curva caratteristica acqua terreno*, la *curva di ritenzione idrica* e la *funzione di permeabilità*.

Nel terzo capitolo si accenna ad alcuni aspetti salienti del rischio idrogeologico, con particolare riferimento alle colate rapide nei materiali piroclastici campani, passando in rassegna le caratteristiche delle colate di fango, i fattori predisponenti ed i fattori innescanti le colate rapide.

Nel quarto capitolo sono descritti, in dettaglio, i terreni piroclastici del campo sperimentale di Monteforte Irpino (AV), a partire dalla loro morfologia e stratigrafia. Sono riportati, inoltre, i principali risultati di prove sperimentali pregresse e recenti,

ottenute sia in sito sia in laboratorio, con particolare riferimento alla descrizione del modello fisico del pendio ed ai risultati del trattamento superficiale effettuato con diversi tipi di miscele.

Nel quinto capitolo viene descritto in dettaglio il programma sperimentale di laboratorio eseguito direttamente, con particolare riferimento alla descrizione di tre fasi ed ai risultati ottenuti in ognuna di esse, sia su terreno trattato superficialmente con la miscela di caolino, sia su terreno al quale è stato asportato lo strato di trattamento. Il capitolo si conclude con il confronto dei risultati ottenuti con e senza trattamento.

Di seguito si riportano le principali osservazioni e risultati ottenuti durante il periodo di tesi.

Il principale meccanismo di innesco dei fenomeni di colata rapida è da ricercare nell'infiltrazione delle acque meteoriche che, oltre all'aumento del grado di saturazione, comporta una riduzione di suzione e una conseguente riduzione della resistenza al taglio del terreno e quindi una modifica delle condizioni di stabilità del versante.

I numerosi dati sperimentali a disposizione mostrano che la variazione di suzione e del grado di saturazione sono regolate in larga misura dalla condizione idraulica al piano campagna (Papa et al., 2011). Ne consegue che si può regolare la suscettibilità a franare di un pendio modificando le caratteristiche idrauliche dei suoi terreni più superficiali. Questo obiettivo è perseguibile con la riduzione della permeabilità dei terreni di copertura, adottando, però, un trattamento superficiale con tecnica che sia compatibile con la vegetazione esistente. In pratica, le modifiche delle caratteristiche idrauliche superficiali possono essere ottenute a partire dalla tecnica dell'idrosemina.

Con essa si effettua l'irrorazione del piano campagna con miscele acquose a base di sostanze minerali ed additivi chimici, le quali permeano un sottile strato di terreno con l'effetto di ridurre la porosità e, quindi, la permeabilità.

Nel caso in esame, per la sperimentazione è stata adottata una miscela a base di caolino, sulla falsa riga di esperienze di laboratorio precedenti (vedi Papa et al., 2011).

La sperimentazione è stata condotta su un terreno di copertura proveniente dal sito campione di Monteforte Irpino, costituito da piroclastite humificata e pedogenizzata superficiale, individuato come terreno 1.

Il lavoro svolto, in particolare, è stato articolato nelle seguenti tre fasi principali:

- *Prima fase* : ha riguardato l'esecuzione di 12 prove di permeabilità satura su n° 6 campioni, dapprima su terreno ricostruito in laboratorio e trattato con una miscela a base di caolino, acqua e collante. Allo stesso terreno è stato poi asportato il ricoprimento di caolino, sottoponendolo a tutte le prove alle quali è stato assoggettato il materiale trattato.
- *Seconda fase*: è stata finalizzata alla riproduzione in scala ridotta, su modello di pendio, dell'innescò di colate di fango su terreno ricostruito in laboratorio, per effetto di più cicli di pioggia, della durata di 3 minuti cadauno, con lo scopo di valutare i valori di suzione e del contenuto d'acqua.
- *Terza fase*: è stata indirizzata alla riproduzione di un numero di cicli (n°10) di pioggia, pari a quelli della seconda fase, però sul terreno trattato con la miscela ternaria a base di caolino. Lo scopo è stato quello di verificare la variazione delle grandezze in gioco per testare la bontà del trattamento.

I risultati ottenuti con la sperimentazione diretta di laboratorio si possono così sintetizzare:

- *Prima fase* : il terreno trattato, come era auspicabile, risulta di un ordine di grandezza meno permeabile rispetto a quello non trattato. Mentre la permeabilità dello strato di trattamento è di due ordini di grandezza più piccolo. Nel caso di terreno trattato, inoltre, la permeabilità satura non risulta essere influenzata dal numero di spruzzate di miscela effettuate. Da un punto di vista economico, quindi, risulterebbe conveniente effettuare un'unica irrorazione di trattamento. In realtà, però, in tal modo potrebbe non essere garantita un'affidabile efficacia dello stesso; per tale motivo è consigliabile realizzare una seconda irrorazione che assicuri una maggiore uniformità di copertura. Per quanto osservato, nella terza fase il pendio è stato trattato effettuando due irrorazioni di miscela.

- Seconda fase: nei primi cicli di pioggia prevale l'accumulo di acqua, che coincide con l'infiltrazione essendo il drenaggio nullo. L'aliquota di *ruscellamento* tende ad aumentare in ogni ciclo a discapito dell'accumulo. Ciò comporta, dunque, una riduzione del contenuto d'acqua negli strati superficiali ed un conseguente aumento dell'infiltrazione. A causa di quest'ultima il terreno subisce un graduale processo di saturazione con conseguente riduzione della suzione e quindi della resistenza al taglio. Al termine della prova, la suzione risulta essere praticamente nulla per tutti i tensiometri. Alle repentine riduzioni di suzione corrisponde un altrettanto repentino aumento del contenuto d'acqua (θ) nei primi 250'. Successivamente i valori di θ oscillano intorno ad un valore costante. Il massimo valore di S_r raggiunto durante i cicli è pari a 82%.
- Terza fase : nei primi cicli della prova si osserva che il volume di pioggia effettivo si ripartisce equamente tra *ruscellamento* (50%) e *accumulo* (50%). Nei cicli successivi il ruscellamento aumenta a discapito dello storage, fino ad arrivare ad un valore massimo pari all'86%. Il drenaggio è assente per tutta la durata della prova. I valori di suzione decrescono nel tempo per effetto del graduale processo di saturazione. Essi, però, risultano sempre superiori ad un valore di 10 kPa, e quindi, ben lontani dal valore nullo, in corrispondenza del quale si verificano i fenomeni di colata rapida. Si osserva, inoltre, uno sfasamento temporale tra i tensiometri posti a differente profondità. Il tensiometro collocato più in superficie (5 cm), infatti, ha risposto prima e con variazioni maggiori rispetto a quello ubicato alla base del deposito di terreno. Quanto osservato è da ricondurre alla modesta aliquota d'infiltrazione. Il contenuto d'acqua θ nel corso della prova aumenta, ma gli andamenti delle curve, ottenuti con l'uso di sonde TDR poste a diverse profondità, non sono uniformi. Il massimo valore di S_r raggiunto durante i cicli è pari al 72%.

Effettuando un confronto tra i risultati ottenuti nella seconda e nella terza fase, è da rilevare che, anche avendo considerato uno stesso numero di cicli di pioggia, di uguale intensità e durata (3'), nel secondo caso si registrano variazioni di suzione e del contenuto d'acqua inferiori. Tale risultato è da imputare alla ridotta aliquota di infiltrazione e, dunque, all'efficacia del trattamento.

La condizione finale del pendio con trattamento risulta, infatti, ben lontana dalle condizioni che possono compromettere la stabilità del versante.

Il trattamento superficiale con tecniche del tipo idrosemina addizionate con caolino consente, dunque, un significativo beneficio in termini di stabilità dei pendii suscettibili di frane meteo-indotte.

Il presente contributo potrà essere approfondito per valutare l'effetto del trattamento nel tempo, e potrà essere utilizzato nello studio di ulteriori applicazioni a terreni con lo stesso tipo di miscela, magari cambiando la percentuale dei suoi componenti.