

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"**



**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE (DICEA)

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE  
**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**  
**DIFESA DEL SUOLO**

TESI DI LAUREA SPERIMENTALE  
***"Susceptibilità alla Liquefazione della Sabbia di Coimbra  
Influenza della Frazione Fine non Plastica"***

**RELATORI**

CH.MO PROF. DOTT. ING.  
**GIANFRANCO URCIUOLI**

CH.MA PROF. DOTT. ING.  
**ANNA D'ONOFRIO**

**CANDIDATI**

**ARCANGELO PENTA**  
Matr. M67/116

**LUIGI BORDO**  
Matr. M67/118

**ANNO ACCADEMICO 2013/2014**

Il lavoro sperimentale oggetto della tesi è stato svolto nel Laboratorio di Geotecnica dell'Istituto Superior Tecnico di Lisbona, nell'ambito del Progetto Erasmus, ed è stato incentrato sulla caratterizzazione e lo studio dell'influenza derivante dall'aggiunta del 20% di particelle fini non plastiche sulla resistenza a liquefazione della sabbia di Coimbra.

Storicamente il termine liquefazione è stato usato per la caratterizzazione di vari fenomeni, originati da azioni monotoniche e cicliche, che comportano deformazioni nei terreni granulari saturati in condizioni non drenate.

Nonostante la complessità, tutti i fenomeni di liquefazione, in condizioni di carico non drenate, hanno in comune la generazione di pressione interstiziale in eccesso. Tale eccesso, quando è prossimo o uguale alla tensione efficace di confinamento iniziale del terreno, è responsabile della perdita completa di resistenza dello stesso che, pertanto, assumerà un comportamento liquido.

Anche se il fenomeno è già stato segnalato in diversi terremoti avvenuti nel corso dei secoli, solo dopo il terremoto di Niigata del 1964 ha catturato l'attenzione dell'opinione pubblica, avendo causato ingenti danni in tutti i tipi di infrastrutture moderne, come edifici e ponti e, di conseguenza, forti danni economici.

Nella letteratura è noto che la presenza di materiale fine plastico aumenta la resistenza a liquefazione di un terreno, ma non si può affermare con altrettanta sicurezza che lo stesso avvenga per il materiale fine non plastico.

Tuttavia, Polito<sup>1</sup> ed altri ricercatori sostengono che la resistenza decresca con l'aggiunta di materiale fine non plastico, ma che oltre un certo limite questa resistenza inizi ad aumentare. Ciò avviene perché la resistenza a liquefazione è direttamente correlata alla densità relativa dei materiali.

Ciò premesso, ed ai fini dello studio in parola, sono state effettuate prove di caratterizzazione fisica sia della sabbia di Coimbra tal quale che della sabbia limosa (con aggiunta del 20% di particelle fini non plastiche).

In particolare sono state effettuate le analisi granulometriche, la determinazione della densità delle particelle solide e del peso di volume massimo e minimo in corrispondenza dei quali sono stati calcolati gli indici dei vuoti minimo e massimo.

---

<sup>1</sup> (Polito, C. P., and Martin, I., J. R. (2001)"Effects of Nonplastic Fines on the Liquefaction Resistance of Sands." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(5), 408-415.)

Terreno	Indice dei vuoti	
	$e_{min}$	$e_{max}$
Sabbia di Coimbra	0,48	0,81
Sabbia limosa	0,29	0,78

Conoscendo i valori degli indici dei vuoti minimi e massimi per la sabbia pura e la sabbia limosa, sono stati valutati l'influenza dell'aggiunta di fine sulla densità relativa della sabbia di Coimbra, per due differenti indici dei vuoti.

Terreno	Densità relativa (%)	
	$e = 0.74$	$e = 0.54$
Sabbia di Coimbra	21%	82%
Sabbia limosa	8%	49%

Gli indici dei pori massimi e minimi  $e$ , di conseguenza la densità relativa, decrescono con l'aggiunta di fine.

Tra la sabbia tal quale e la sabbia limosa si ha quindi un decremento maggiore dell'indice dei vuoti minimo rispetto a quello massimo con conseguente diminuzione di densità relativa, la quale risulta più accentuata per un indice dei vuoti più prossimo allo stato più denso dato che tutte le particelle fini sono contenute nei vuoti originati dalla struttura della sabbia.

A seguito della caratterizzazione fisica dei materiali, è stata eseguita, insieme ad un gruppo di ricerca dell'IST, una serie di prove triassiali monotoniche e di torsione ciclica, in condizioni non drenate, sui due materiali oggetto di studio, tenendo presente che le azioni reali da simulare tendono a verificarsi ad una velocità tale che, nonostante l'elevata permeabilità della sabbia, le condizioni sono verosimilmente non drenate, in quanto la velocità di applicazione del carico è maggiore della velocità di consolidazione come in caso di sisma.

Le prove triassiali sono di grande interesse in quanto consentono, da un lato, di definire le condizioni al contorno ed i percorsi di tensione  $e$ , dall'altro, di controllare le condizioni di drenaggio e la velocità di deformazione. Tuttavia, nel caso della sabbia, il prelievo di

