

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**



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

Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

SINTESI DELLA TESI

**COMPORTAMENTO MECCANICO DI TERRE ARTIFICIALI  
PREPARATE CON INERTI FINI**

**Relatore**

Ch.mo Prof.

Ing. Gianfranco Urciuoli

**Correlatori**

Dott. Ing. Enza Vitale

Ing. Domenico De Sarno

**Candidato**

Pierangelo Salandra

Matr. M67/241

ANNO ACCADEMICO

2016/2017

## Introduzione

Nel lavoro di tesi si è studiato il comportamento meccanico (compressibilità, resistenza) dei terreni trattati ed alleggeriti, attraverso l'esecuzione di prove di laboratorio. Le terre trattate ed alleggerite, *Lightweight Treated Soils* (LWTS), sono materiali innovativi, simili ai più noti calcestruzzi cellulari, prodotti artificialmente mescolando in determinate proporzioni materiali argillosi o limosi con elevato contenuto d'acqua, agenti schiumogeni e leganti idraulici. Con tale procedura si ottiene un materiale semiliquido di elevata lavorabilità che a presa avvenuta dà luogo ad un materiale solido di notevole porosità, leggerezza ed elevata resistenza al taglio.

Queste caratteristiche rendono i LWTS dei materiali ideali in molte applicazioni di natura geotecnica, in particolare nella realizzazione di rilevati alleggeriti, come materiale di riempimento per cavità e scavi per la posa in opera di condotte, come rinterro alle spalle di opere di sostegno; essi danno luogo infatti a spinte ridotte e permettono di ottenere elevate rigidità senza la necessità di compattazione meccanica, riducendo i tempi di realizzazione.

È inoltre significativo che la tecnologia dei LWTS permetta di riutilizzare i materiali di scavo anche in presenza di terreni argillosi o limosi di scadenti caratteristiche meccaniche che altrimenti andrebbero destinati a rifiuto in apposite cave. Pertanto l'impiego di questi materiali consente di ridurre notevolmente l'impatto ambientale, in quanto è possibile reimpiegare il terreno di scavo e abbattere i costi dovuti allo smaltimento del materiale scavato e all'acquisto e al trasporto di materiale di cava per il riempimento, in quanto può essere prodotto direttamente in sito tramite apposite apparecchiature.

I materiali LWTS sono sufficientemente trattati nella letteratura tecnica e scientifica internazionale, in cui sono reperibili alcune conoscenze che possono ritenersi consolidate:

- la riduzione della densità del prodotto si ottiene con l'aggiunta di una schiuma preformata che consente di ottenere un peso dell'unità di volume della miscela variabile tra 5 e 15 kN/m<sup>3</sup>;
- la resistenza e la rigidità del prodotto finito sono generalmente crescenti con la densità; la resistenza non confinata,  $q_u$ , è variabile tra 40 e 500 kPa, mentre la rigidità è compresa tra 100 e 200  $q_u$ .

Le caratteristiche di leggerezza si ottengono quindi tramite l'aggiunta di una schiuma preformata alla miscela. Gli agenti schiumogeni più diffusi sono le soluzioni a base di

acqua e tensioattivi quali detergenti, agenti umettanti ed emulsionanti. Tali sostanze hanno la proprietà di abbassare la tensione superficiale di un liquido, nel caso in questione dell'acqua, aumentando la bagnabilità delle superfici, e quindi la stabilità delle bolle. Le bolle d'aria presenti nella schiuma restano intrappolate nel materiale e così ne aumentano la porosità e ne riducono la densità.

### **Mix design**

Nel progettare la miscela (mix design) per ottenere un terreno trattato ed alleggerito (LWTS) è necessario impostare i valori di progetto, in modo da garantire la giusta viscosità e fluidità del terreno necessarie durante la posa in opera e adeguati valori di resistenza e peso dell'unità di volume richiesti dalle esigenze di progetto.

Dati i diversi elementi coinvolti nelle varie fasi del trattamento, i parametri di mix design sono molteplici. Poiché si propone il riutilizzo di una terra da scavo, il terreno da trattare e le sue proprietà sono fissati mentre è possibile scegliere il tipo di cemento e di schiuma.

Per realizzare il materiale il terreno viene sciolto ad un elevato contenuto d'acqua per ottenere un fango miscelabile con gli altri elementi, pertanto il primo parametro di trattamento è il contenuto d'acqua del fango,  $w_{slurry}$ , generalmente compreso tra 1.5 e 3 volte il limite liquido del terreno,  $w_L$ .

Il legante idraulico viene aggiunto sotto forma di boiaccia per assicurare una maggiore omogeneità e un'adeguata idratazione del cemento, per cui è necessario stabilire il rapporto in peso acqua/cemento,  $w/c$ , della boiaccia.

La quantità di boiaccia aggiunta al fango è quantizzata sulla base del rapporto tra il peso secco di cemento e il peso secco di terreno,  $c/s$ . In tal modo, fissato il peso secco di terreno da trattare è noto il peso di cemento necessario per il trattamento e, dato il rapporto acqua/cemento, il peso della boiaccia da aggiungere.

Per realizzare una terra cementata e alleggerita alla miscela di fango e boiaccia viene aggiunta una schiuma preformata, il volume di schiuma da utilizzare nel trattamento è quantizzato con il parametro  $n_f$ , definito come il rapporto tra il volume di schiuma aggiunto,  $V_{foam}$ , ed il volume di miscela idealmente prodotto,  $V_{TOT}$ , ottenuto addizionando i volumi di fango, boiaccia e schiuma. L'aggiunta di schiuma alla miscela di fango e boiaccia permette di ottenere al termine della fase di presa una terra cementata e alleggerita

