

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

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

TESI DI LAUREA

**COMPORAMENTO MECCANICO DI TERRE
TRATTATE E ALLEGGERITE**

Relatore

Ch.mo Prof.

Ing. Gianfranco Urciuoli

Correlatori

Ing. Domenico De Sarno

Candidato

Domenico Giardino

Matr. N49/445

ANNO ACCADEMICO

2018/2019

Uno dei principali problemi dell'ingegneria Civile e Ambientale è la gestione di grandi quantità di terre e rocce da scavo caratterizzate da proprietà fisiche e meccaniche non adeguate al riutilizzo come materiale da costruzione. Queste perdono la propria qualifica di "rifiuto" se, secondo la disciplina dell'articolo 185 del Codice dell'Ambiente, derivano da un suolo non contaminato oppure se considerate come sottoprodotti. Una valida soluzione per riutilizzare il materiale da scavo, portando a vantaggi economici, ambientali e tecnici è il loro trattamento per la produzione di terre cementate e alleggerite (LWCS).

Le miscele terra-cemento-schiuma, sono materiali innovativi prodotti artificialmente attraverso la miscelazione di terreni argillosi e/o limosi ad alto contenuto di acqua, leganti idraulici ed agenti schiumogeni. La loro resistenza meccanica e il peso dell'unità di volume possono essere definiti in base alle esigenze di progetto. Esse trovano ampio impiego per le costruzioni di terra (soprattutto in siti in frana e su argille molli) e come materiale da riempimento. Infatti, il basso peso dell'unità di volume le rende particolarmente adatte a questi scopi.

La loro preparazione avviene attraverso una modalità di miscelazione "classica" ottenuta mescolando il fango (prodotto lavorando acqua distillata e terra scavata), boiaccia (ottenuta da cemento e acqua distillata) e schiuma.

I parametri da definire nella progettazione delle miscele sono numerosi, in particolare:

- il contenuto di acqua del fango w_{slurry} ,
- il rapporto in peso tra cemento e solido, c/s ,
- il rapporto in peso tra acqua e cemento, w_c/c , relativo alla boiaccia,
- il rapporto tra il volume di schiuma V_f e il volume totale della miscela V_{tot} espresso dal parametro n_f .

Nell'ambito dell'attività sperimentale svolta, finalizzata alla determinazione delle caratteristiche meccaniche delle miscele terra-cemento-schiuma, i materiali scelti sono:

- terreno: piroclastite (pozzolana);

- legante idraulico: cemento Portland al calcare (Buzzi Unicem Tipo II/A- LL 42.5R);
- agente schiumogeno: tensioattivo (ISOCEM - S/L EST).

L'agente schiumogeno permette la formazione di bolle d'aria all'interno della miscela che rendono il materiale particolarmente leggero. Il cemento, crea un legame tra i diversi elementi della miscela e stabilizza, inglobandole in un reticolo cristallino, le bolle d'aria create dall'agente schiumogeno.

Per la stima dei valori di resistenza e di rigidità della piroclastite, nonché del suo comportamento meccanico e idraulico, bisogna preventivamente determinare le dimensioni delle particelle di cui è costituita. In particolare, le proprietà meccaniche e idrauliche aumentano all'aumentare delle dimensioni dei grani.

Vengono quindi eseguite le varie fasi dell'analisi granulometrica e contemporaneamente viene determinato il peso specifico del materiale (con il picnometro), il che è fondamentale per la determinazione delle proprietà fisiche e per il prosieguo della sperimentazione.

Successivamente sono state preparate due miscele con gli stessi parametri di progetto ma che differiscono solamente per la granulometria in quanto dalla seconda miscela è stata eliminata la frazione ghiaiosa.

Vengono riportati i parametri utilizzati per la preparazione delle due miscele:

Tabella 1. Parametri di progetto Mix Design (piroclastite, cemento e schiuma)

w	50%
c/s	25%
w_c / c	50%
n_f	50%

Dalla risoluzione del sistema di equazioni costituito da un bilancio di massa e di volume, ipotizzando che:

- il volume d'aria nella miscela è pari al volume d'aria presente nella schiuma;

- non c'è variazione di volume causata da reazioni chimiche, sono stati ottenuti questi valori per la preparazione delle miscele e dei provini:

Tabella 2. *Quantità utilizzate per la preparazione delle miscele.*

W_{ss} [gr]	1250
W_{ws} [gr]	625
W_c [gr]	315
W_{wc} [gr]	157
V_f [cm ³]	1383
ρ_f [gr/cm ³]	0,08
W_f	110,64

Per valutare le caratteristiche meccaniche delle varie miscele, i provini prodotti sono stati sottoposti a prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL) dopo 28 giorni di maturazione.

Di seguito sono riportati i grafici ottenuti dalle prove relativi alle due miscele preparate. (Figura 1- Figura 2).

Dalle analisi eseguite in laboratorio si è evidenziato come le terre trattate e alleggerite hanno esibito un comportamento stabile e incoerente con elevate deformazioni plastiche.

La presenza di schiuma nella miscela ha consentito di ridurre la densità e il peso dell'unità di volume del materiale rendendolo più leggero.

Questo è dovuto ad un incremento di porosità. Si tratta di una porosità indotta artificialmente: i grani di terreno inglobati nella pasta cementizia sono intervallati da vuoti creati dalla schiuma. Se da un lato questo fa sì che si ottenga un materiale molto leggero, il che è vantaggioso anche in condizioni sismiche per la riduzione della massa movimentata, dall'altro induce una riduzione della resistenza.

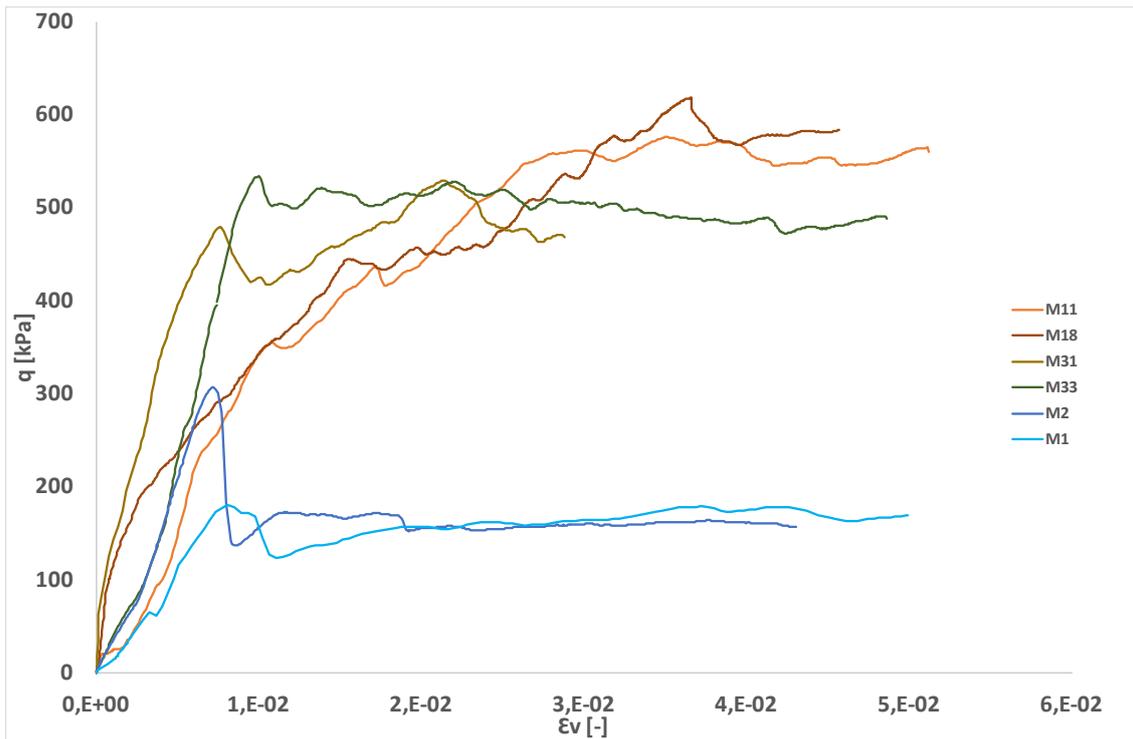


Figura 1 Diagramma q - ϵ_v di tutti i provini del Mix 1

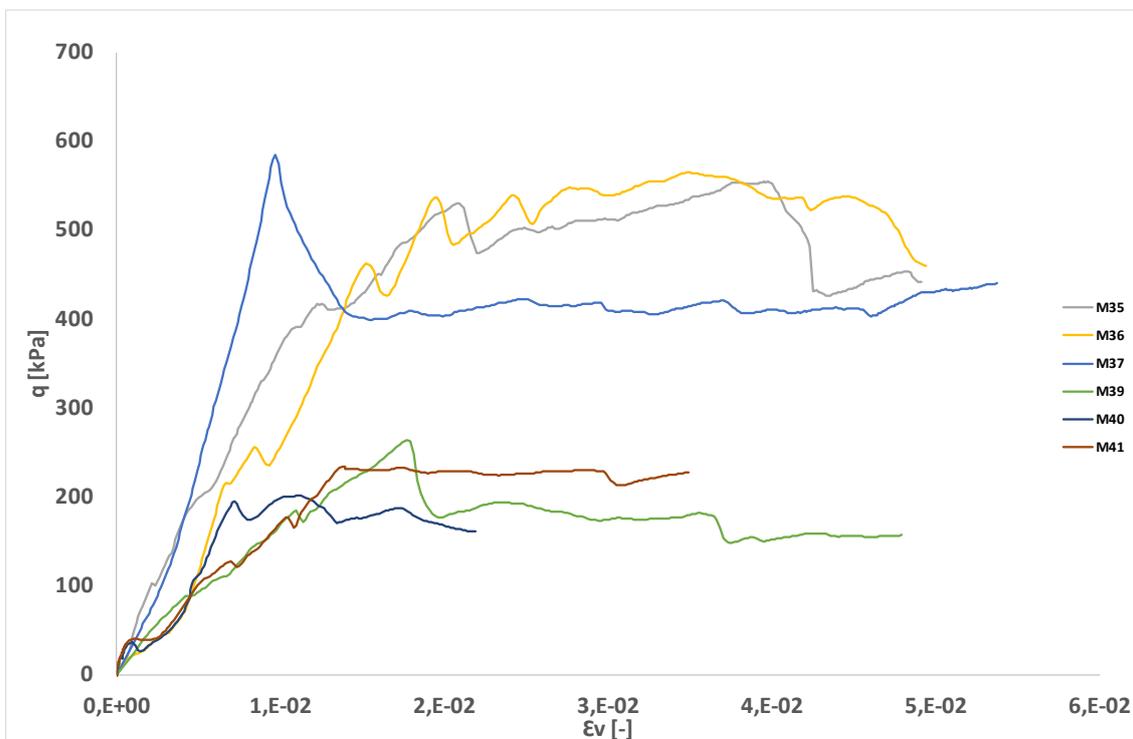


Figura 2 Diagramma q - ϵ_v di tutti i provini del Mix 2.

Riveste una grande importanza anche la fase di preparazione della miscela. Infatti, bisogna fissare opportunamente i parametri di progetto ossia il contenuto d'acqua del fango e della boiaccia, il quantitativo di cemento e di schiuma.

Il contenuto d'acqua del fango regola la fluidità della miscela; il contenuto di cemento regola la resistenza del materiale e il quantitativo di schiuma influenza i valori di densità.

Invece la presenza di ghiaia nella miscela influenza i valori in termini di resistenza, solamente per elevati contenuti di schiuma, e in termini di eterogeneità, portando ad una maggiore dispersione delle proprietà fisiche e delle caratteristiche meccaniche.