

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Corso di Laurea Triennale in

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

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

TESI DI LAUREA

**USO DI TERRE ALLEGGERITE
PER LA COSTRUZIONE DELLE SPALLE DI UN VIADOTTO**

Relatore

Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

Co-Relatore

Ing. Raffaele Papa

Candidato

Vittorio Matarazzo

Matr. N49/90

Anno Accademico 2013/2014

OBIETTIVO DELLA TESI

*Uso di terre alleggerite
per la costruzione delle spalle di un viadotto*

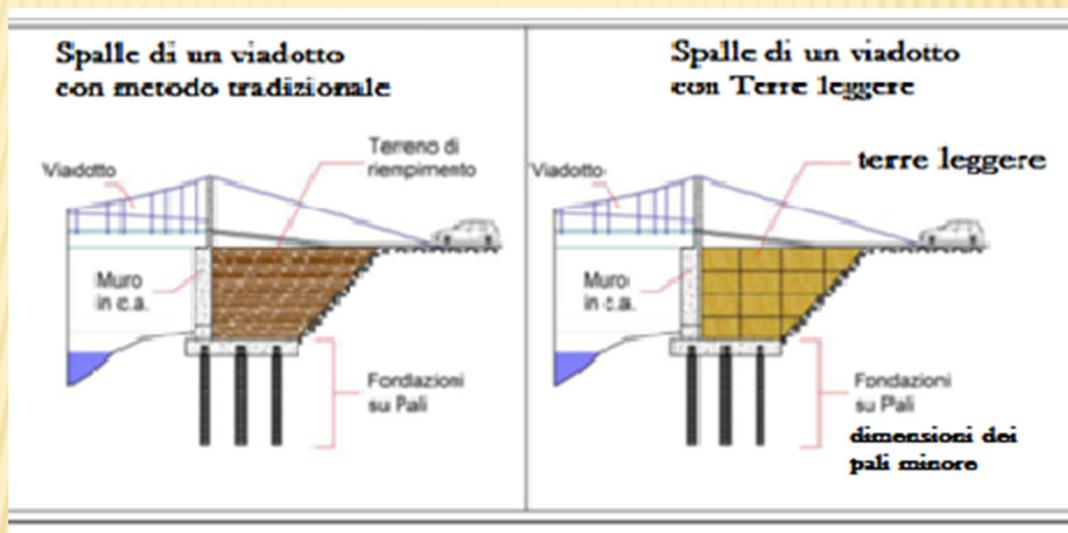


Fig.1



Fig.2



SPERIMENTAZIONE

- Prove Uniassiali a 14 e 28 giorni
- Prove Triassiali

DAL CEMENTO CELLULARE ALLE TERRE ALLEGGERITE



Fig.3

Composizione Terre Alleggerite

- Cemento Portland
- Acqua
- Agente schiumogeno
- **Terreno presente in sito**

Composizione Cemento Cellulare

- Cemento Portland
- Acqua
- Agente schiumogeno



Fig.4

CEMENTO
CELLULARE

+ inerte

TERRE
ALLEGGERITE

CEMENTO CELLULARE

I cementi cellulari o aerati appartengono alla categoria dei cementi leggeri, in cui l'aggiunta di schiuma alla boiaccia cementizia permette la formazione di piccole bolle d'aria, che conferiscono leggerezza e praticità a tale materiale.



Fig.5

FORMAZIONE DELLE BOLLE

Processo chimico



Fig.6

Elementi prefabbricati

Processo meccanico



Fig.7

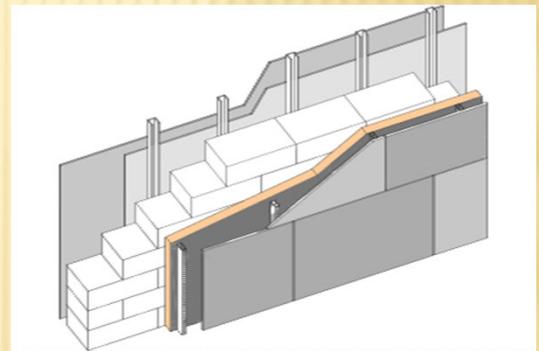
Produzione in sito

CEMENTO CELLULARE

Caratteristiche tecniche

- Densità → tra 300 e 1600 Kg/m³
- Resistenze a compressione → tra 0,7 e 24 MPa
- Resistenze a trazione → circa il 10-15% di quelle a trazione
- Minore rigidezza
- Migliore capacità di isolamento termico
- Buona permeabilità
- Conducibilità termica → tra 0,08 e 0,20 W/m°C
- Isolamento acustico → tra 2 e 4 dB
- Resistenza al fuoco e ai cicli gelo-disgelo
- Durabilità
- Drenaggio sostenibile delle acque e rispetto ambientale

Fig.8



| VALORI CONDUCEBILITÀ TERMICA | |
|------------------------------|--|
| Spessore in cm. | Valori K Kcal/mq.H°C Densità Kg/mc. 400 $\lambda = 0,0085$ |
| 5 | 1,26 |
| 8 | 0,87 |
| 10 | 0,72 |
| 12 | 0,62 |



CEMENTO CELLULARE

Applicazioni

USI IN CAMPO STRUTTURALE



Realizzazione di pannelli leggeri e isolanti per pavimentazioni o tetti

Massetti

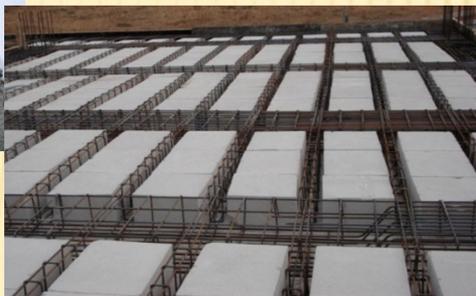


Fig.9

USI IN CAMPO GEOTECNICO



Riempimento strutturale o rinterri

Materiale di fondazione

Riempimento di supporto o contenimento

Riempimento di scavi per tubazioni, di serbatoi o altre strutture sotterranee non più in uso



Fig.10

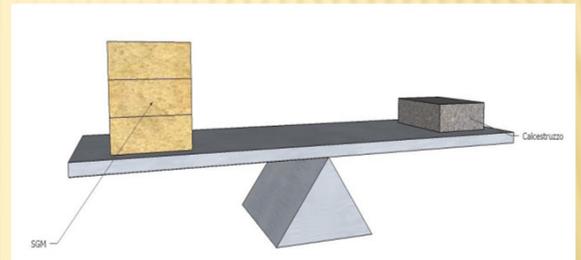
TERRE ALLEGGERITE

Evoluzione dei Cementi Cellulari, si distinguono da essi per la presenza di un inerte in sito, prevalentemente ghiaie, sabbie e limi.

Fig.11



Fig.12



Caratteristiche simili a quelle del Cemento Cellulare

Bassa densità, variabile a seconda delle richieste progettuali

Risparmio economico per il progettista e l'impresa di costruzioni

Possibilità di produzione direttamente in sito tramite macchinari ad hoc



Fig.13

TERRE ALLEGGERITE

Applicazioni

Rilevati stradali e applicazioni su pendii a rischio frana

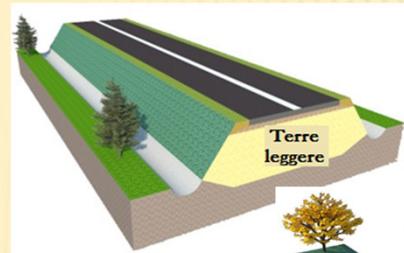


Fig.14

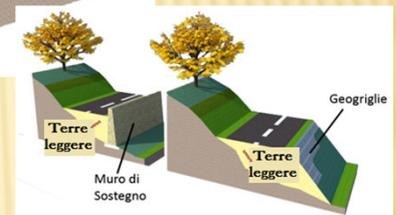
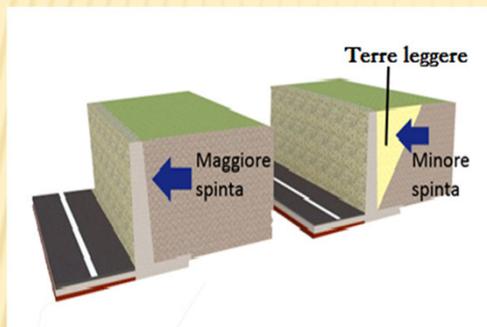


Fig.15



Rinterri alle spalle di muri di sostegno

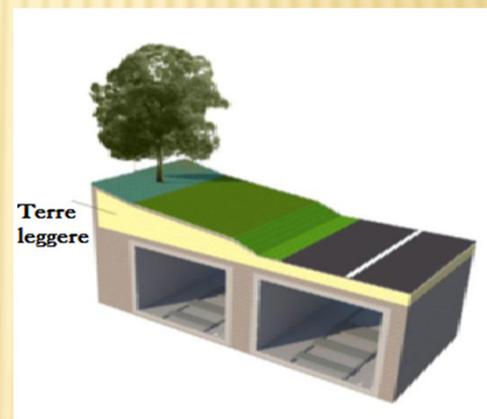
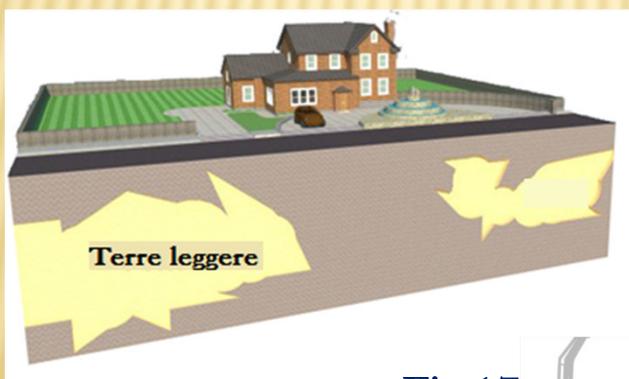


Fig.16

Ritombamenti di strutture con riprofilatura dei pendii



Riempimento di grotte o cavità sotterranee di origine naturale o artificiale

Fig.17



FASE SPERIMENTALE

Preparazione dei provini

La fase sperimentale ha inizio alla BUNKER TEK.SP.ED di Casandrino (Na), in cui, grazie all'aiuto dei tecnici addetti, sono stati realizzati 12 provini cilindrici di cui:

- *5 Provini di dimensioni 10 * 20 cm*
- *7 Provini di dimensioni 10 * 30 cm*



Fig.18

MIX DESIGN

Tab.1

| Materiale | Quantità |
|-------------------------|------------|
| Cemento Portland 42.5 R | 10 Kg |
| Acqua | 8,5 litri |
| Terreno | 23 Kg |
| Schiuma | 31,5 litri |

FASE SPERIMENTALE

Provini in terre leggere catalogati presso il laboratorio di Ingegneria Geotecnica dell'Università Federico II



Fig.19

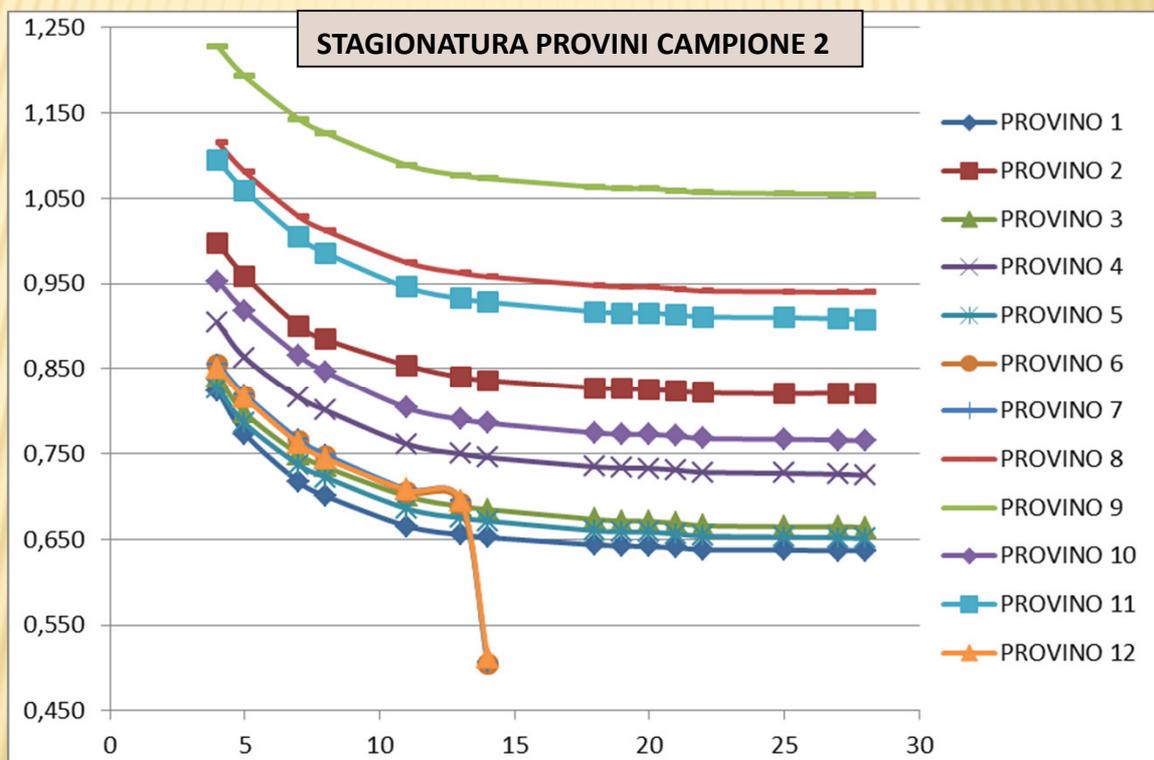


Fig.20

I provini sono stati misurati e pesati fino al 28° giorno di maturazione, verificando la loro densità durante tale periodo.

FASE SPERIMENTALE

Analisi Granulometrica

Il terreno utilizzato come inerte è stato analizzato per determinarne la denominazione specifica

Fig.21

| | | |
|--|----------------|----------------------------------|
|  | ARGILLA | $\Phi < 0.002 \text{ mm}$ |
|  | LIMO | $0.002 < \Phi < 0.06 \text{ mm}$ |
|  | SABBIA | $0.06 < \Phi < 2 \text{ mm}$ |
|  | GHIAIA | $2 < \Phi < 60 \text{ mm}$ |

Tabella illustrativa
delle varie
granulometrie

Φ = Diametro particelle



Fig.22

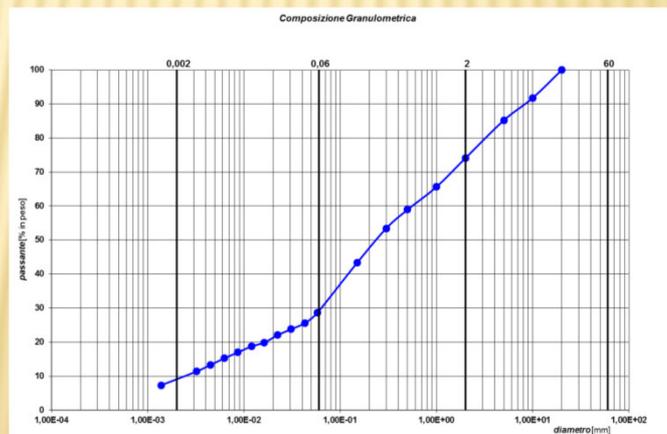


Fig.23

Dall'analisi si è riscontrato che si tratta di una
sabbia ghiaiosa debolmente limosa

FASE SPERIMENTALE

Prove di Compressione Uniassiale

Lo scopo delle prove di compressione monoassiale è quello di valutare la resistenza a compressione q_c di provini di Terre Alleggerite, in funzione del grado di maturazione di quest'ultimi.



Fig.24 a



Fig.24 b

Sono state effettuate 3 prove a 14 giorni di maturazione e 3 a 28 giorni di maturazione

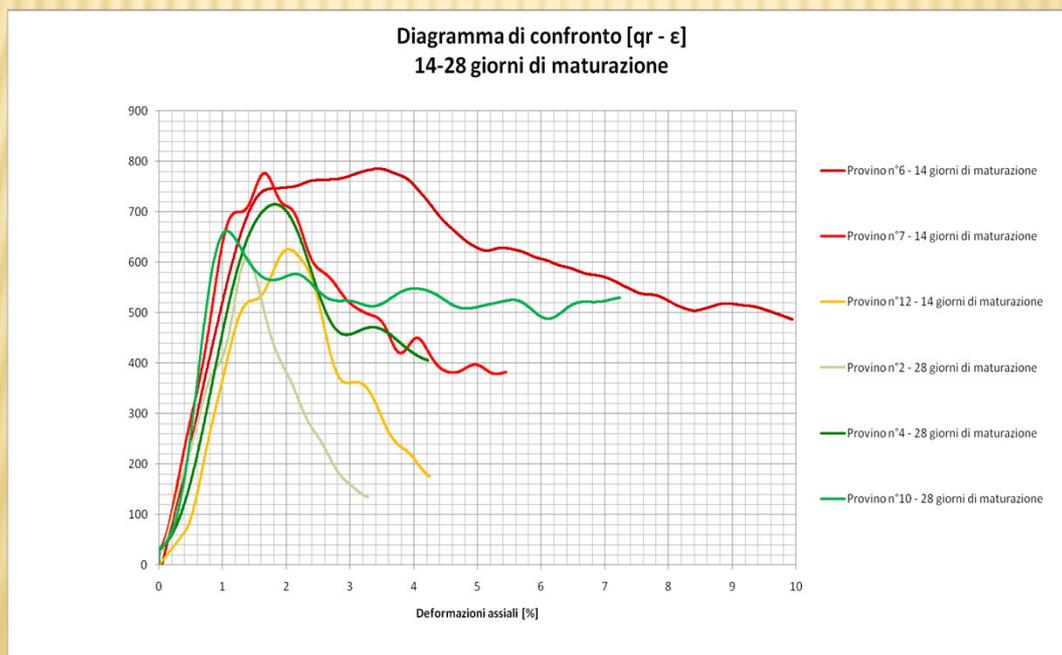


Fig.25

Si evince che da 14 a 28 giorni di maturazione c'è una costanza della resistenza max q

Picco max raggiunto a 14 giorni di maturazione

FASE SPERIMENTALE

| PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE CAMPIONE 2 | | | | | | | |
|--|------------------|------|------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Tempo di maturazione: 14 giorni | | | | | | | |
| | | | Volume [cm ³] | Peso [gr] | Densità [gr/cm ³] | Velocità di rottura [mm/s] | Carico di rottura [KPa] |
| Provino cilindrico n°6 | Diametro [cm] | 9,4 | 1532,9 | 1050,2 | 0,685 | 0,008 | 785,2 |
| | H [cm] | 22,1 | | | | | |
| Provino cilindrico n°7 | Diametro [cm] | 9,4 | 1505,2 | 1052,4 | 0,699 | 0,008 | 776,4 |
| | H [cm] | 21,7 | | | | | |
| Provino cilindrico n°12 | Diametro [cm] | 9,6 | 1613,3 | 1112,7 | 0,690 | 0,008 | 625,8 |
| | H [cm] | 22,3 | | | | | |
| Tempo di maturazione: 28 giorni | | | | | | | |
| | | | Volume [cm ³] | Peso [gr] | Densità [gr/cm ³] | Velocità di rottura [mm/s] | Carico di rottura [KPa] |
| Provino cilindrico n°2 | Diametro [cm] | 10 | 1538,6 | 1262,6 | 0,821 | 0,008 | 608,1 |
| | H [cm] | 19,6 | | | | | |
| Provino cilindrico n°4 | Diametro [cm] | 10 | 1546,5 | 1124,5 | 0,727 | 0,008 | 714,7 |
| | H [cm] | 19,7 | | | | | |
| Provino cilindrico n°10 | Diametro [cm] | 9,4 | 1366,4 | 1101,4 | 0,806 | 0,008 | 661,6 |
| | H [cm] | 19,7 | | | | | |

Tab. 2
Tabelle riassuntive delle prove di compressione uniassiale

FASE SPERIMENTALE

Prove di Compressione Triassiale

L'obiettivo della prova di compressione triassiale è quello di determinare le caratteristiche di resistenza dei provini di terra alleggerita in esame, in relazione a valori differenti di tensione di confinamento.



Fig.26 a



Fig.26 b

ESECUZIONE DELLA PROVA

- Pulizia accurata dell'intera strumentazione
- Installazione del provino e della cella e riempimento del cilindro in perspex con acqua pressurizzata
- Applicazione di una back-pressure ben definita al provino
- Dopo una fase di stabilizzazione, inizio della fase di rottura con avviamento del pistone in condizioni di drenaggio impedito (**PROVA CIU**)

FASE SPERIMENTALE

Prove di Compressione Triassiale

| Prova di compressione triassiale Campione 2 Provino 1 | | | | | | | | |
|---|-------|---------|-------|-----------|---------------------------|------------|-----|-------------|
| Tempo di maturazione 28 giorni | | | | | | | | |
| Diametro o [cm] | 9.80 | Volume | Peso | Densità | Velocità di rottura | σ_c | bp | σ_c' |
| H [cm] | 19.6 | cm^3 | gr | gr/cm^3 | mm/s | KPa | KPa | KPa |
| Area [cm ²] | 75.39 | 1477.67 | 988.4 | 0.670 | 0.008 | 220 | 180 | 40 |

| Prova di compressione triassiale Campione 2 Provino 3 | | | | | | | | |
|---|-------|---------|--------|-----------|---------------------------|------------|-----|-------------|
| Tempo di maturazione 28 giorni | | | | | | | | |
| Diametro o [cm] | 9.70 | Volume | Peso | Densità | Velocità di rottura | σ_c | bp | σ_c' |
| H [cm] | 19.5 | cm^3 | gr | gr/cm^3 | mm/s | KPa | KPa | KPa |
| Area [cm ²] | 73.86 | 1440.28 | 1027.9 | 0.714 | 0.008 | 300 | 100 | 200 |

| Prova di compressione triassiale Campione 2 Provino 5 | | | | | | | | |
|---|-------|---------|--------|-----------|---------------------------|------------|-----|-------------|
| Tempo di maturazione 28 giorni | | | | | | | | |
| Diametro [cm] | 9.60 | Volume | Peso | Densità | Velocità di rottura | σ_c | bp | σ_c' |
| H [cm] | 19.6 | cm^3 | gr | gr/cm^3 | mm/s | KPa | KPa | KPa |
| Area [cm ²] | 72.35 | 1417.97 | 1018.4 | 0.718 | 0.008 | 500 | 100 | 400 |

Tab. 3

Tabelle riassuntive delle prove di compressione triassiale

FASE SPERIMENTALE

Prove di Compressione Triassiale

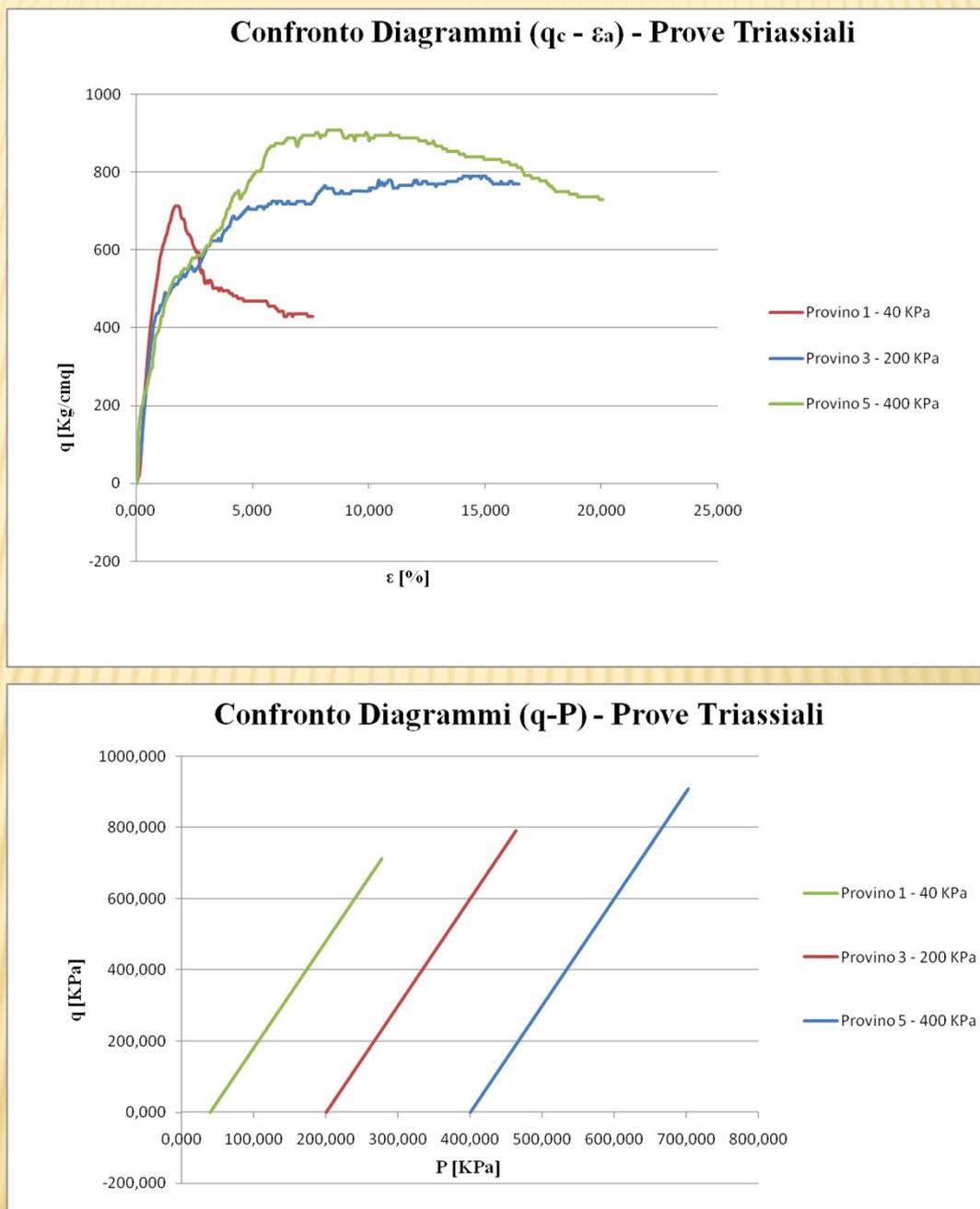


Fig.27

Diagrammi di confronto delle prove di compressione triassiale

CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti presso il laboratorio di ingegneria geotecnica, tramite la sperimentazione, si evince che i diagrammi tensione - deformazione dei provini di terra alleggerita rispecchiano l'andamento delle curve caratteristiche di resistenza a compressione delle rocce tenere (tufi teneri).

Si conferma quindi la possibilità d'utilizzo di materiali di scavo per la realizzazione di terreni alleggeriti, atti alla costruzione di opere geotecniche in generale e, nel nostro caso, per la costruzione delle spalle di un viadotto.

Con tale materiale, dall'elevata resistenza e duttilità e bassa densità, è possibile ridurre i carichi sulla fondazione e la spinta sulla spalla stessa.

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

Vittorio Matarazzo