

Università degli Studi di Napoli Federico II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale



Corso di Laurea Triennale in:

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA:

**“I CALCESTRUZZI CELLULARI NELLE
APPLICAZIONI DI INGEGNERIA GEOTECNICA:
CARATTERISTICHE MECCANICHE”**

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing.

Gianfranco Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

CANDIDATO

Paolo Panniello

Matr. N49/117

Anno accademico 2012/2013

OBIETTIVI DEL LAVORO DI TESI

Valutazione delle caratteristiche meccaniche del
calcestruzzo cellulare con polistirolo

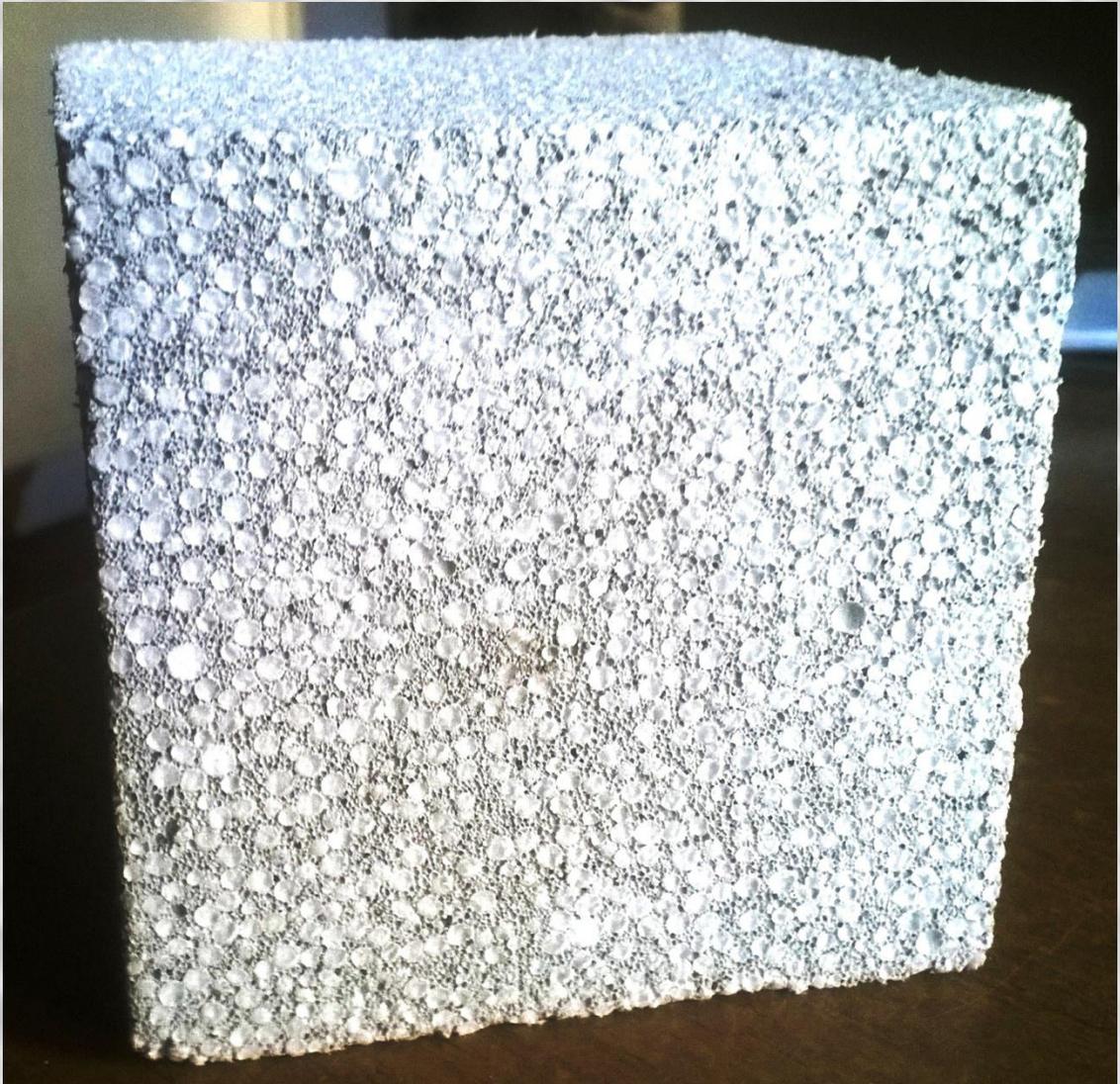


La fase sperimentale del presente lavoro di tesi è stata
caratterizzata da:

- ***PROVE DI COMPRESSIONE MONOASSIALE***
- ***PROVA EDOMETRICA SUL POLISTIROLO***
- ***PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE***

CALCESTRUZZO CELLULARE CON POLISTIROLO

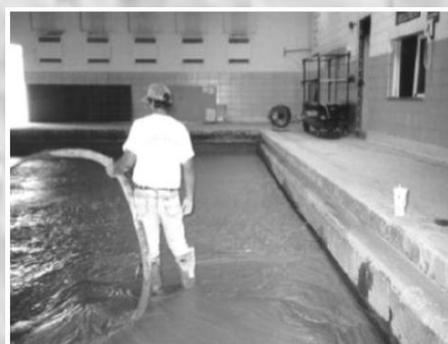
Il calcestruzzo cellulare polistirolico si ottiene miscelando *acqua, cemento, polistirolo e schiuma preformata*



APPLICAZIONI IN CAMPO

GEOTECNICO

Le doti di leggerezza e fluidità fanno del calcestruzzo cellulare con polistirolo uno dei migliori materiali da riempimento



PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Lo scopo delle prove a compressione uniassiale è di valutare la resistenza a compressione q_c dei provini

di calcestruzzo

cellulare con

polistirolo, in

funzione del

grado di

maturazione di

quest'ultimi. I

risultati ottenuti

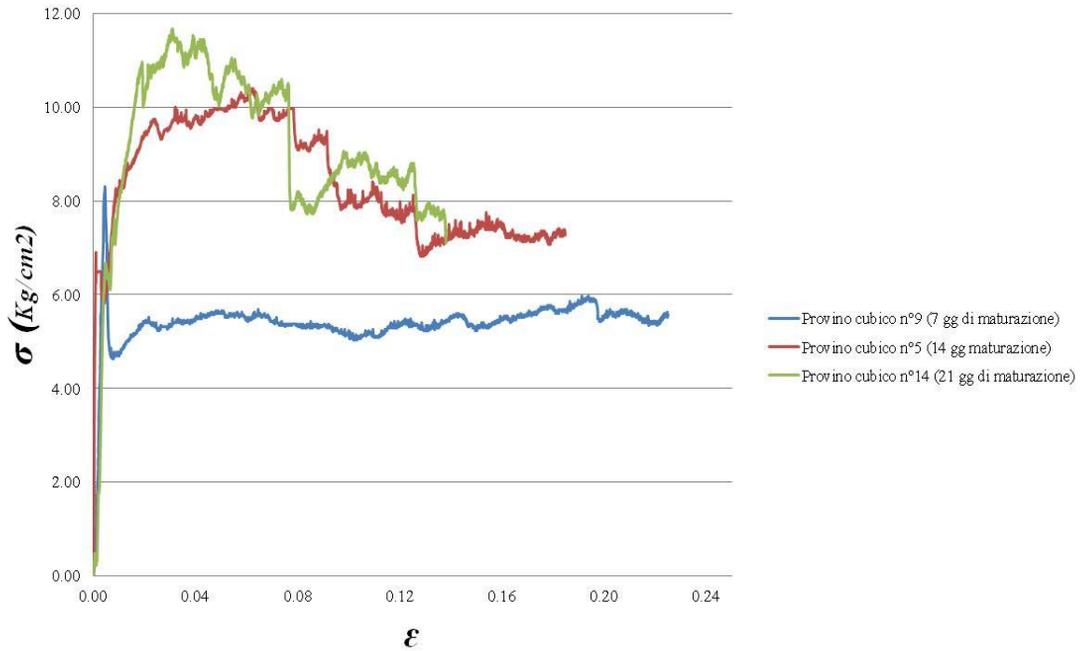
sono stati

diagrammati nel

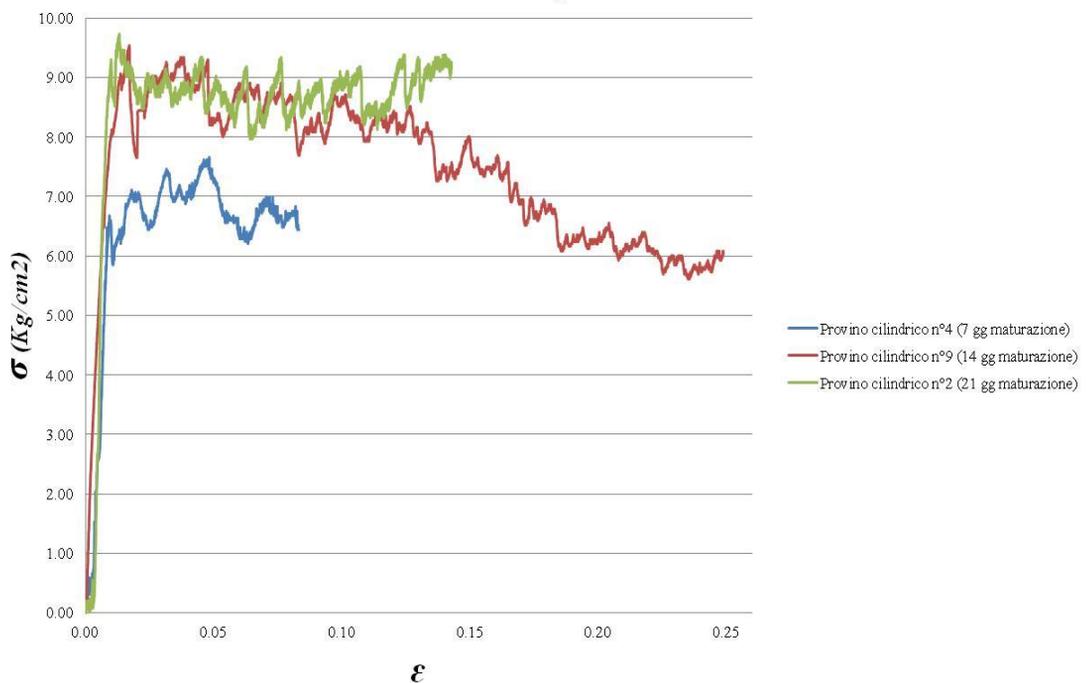
piano ($\sigma - \epsilon$)



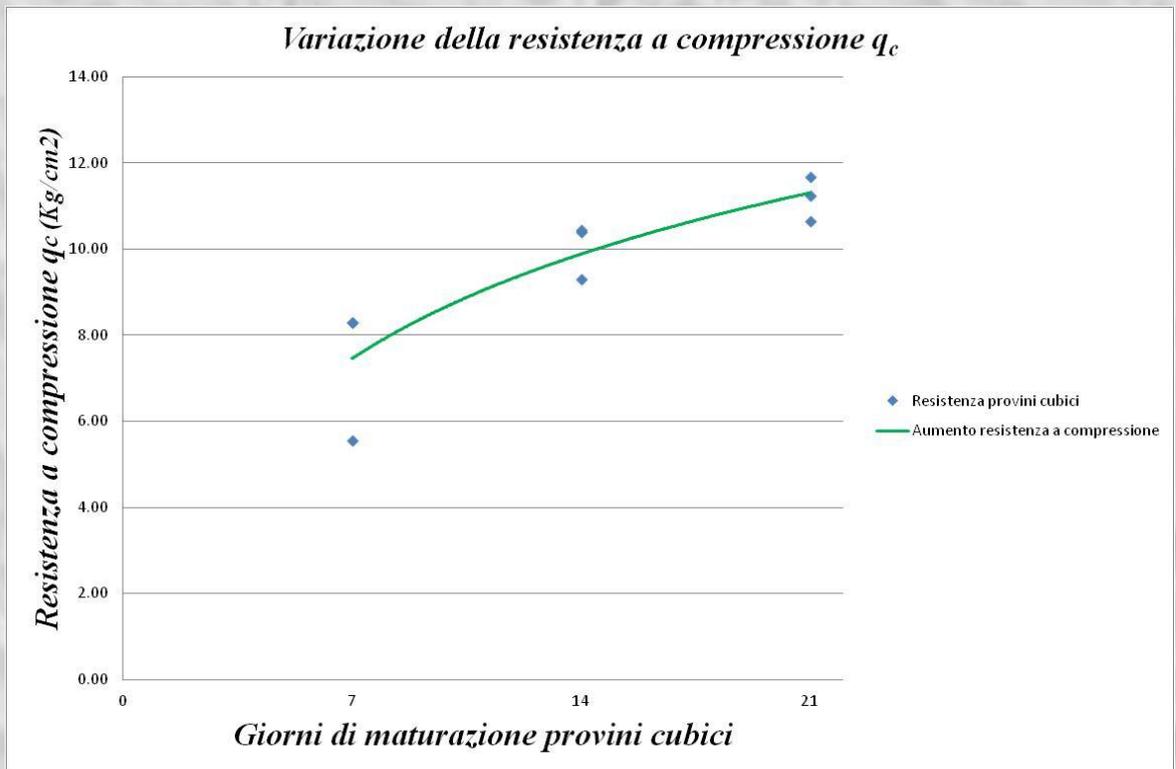
Confronto tra i diagramma ($\sigma - \epsilon$) di provini cubici di cls cellulare con polistirolo



Confronto tra i diagramma ($\sigma - \epsilon$) di provini cilindrici di cls cellulare con polistirolo



I provini cilindrici, indipendentemente dal grado di maturazione, esibiscono un comportamento duttile



*da 7 a 14
giorni di
maturazione*



+ 36% q_c ↑

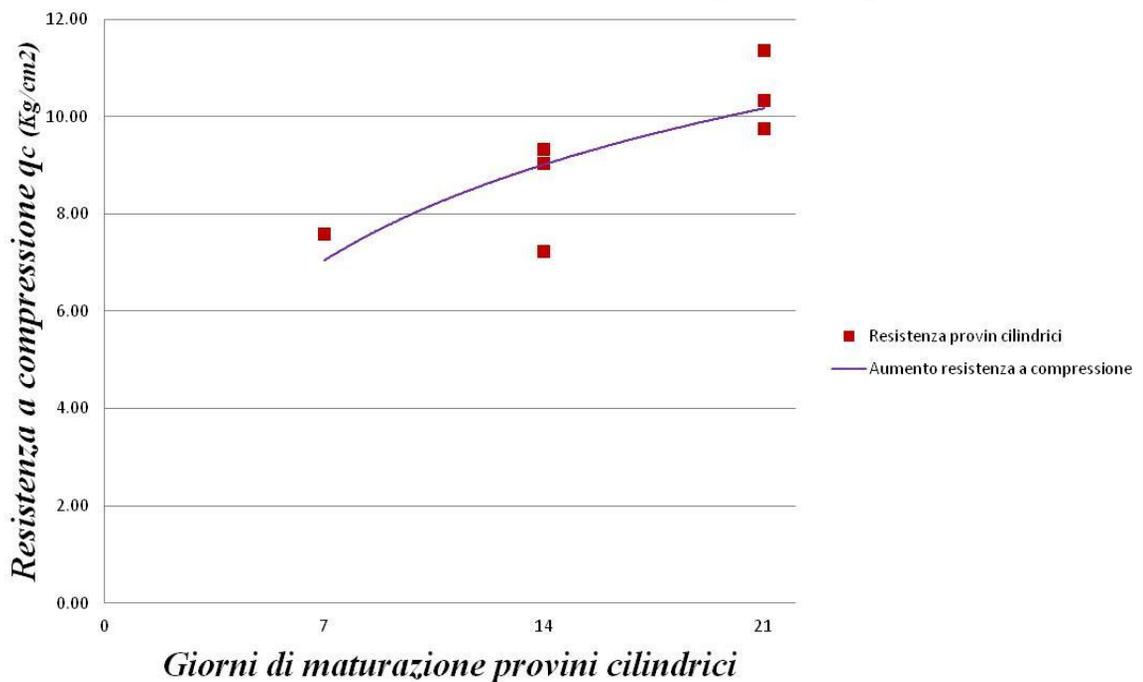
*da 14 a 21
giorni di
maturazione*



+ 12% q_c ↑

Il provino cubico n°7 presenta una resistenza q_c inferiore rispetto a quella dei campioni con la stessa maturazione poiché le facce a diretto contatto con le piastre della pressa non erano perfettamente piane

Variazione della resistenza a compressione q_c



*da 7 a 14
giorni di
maturazione*



+ 13% q_c ↑

*da 14 a 21
giorni di
maturazione*



+ 23% q_c ↑

Il provino cilindrico n°7 presenta una resistenza q_c inferiore rispetto a quella dei campioni con la stessa maturazione poiché le facce a diretto contatto con le piastre della pressa non erano perfettamente piane

Nella seguente tabella si riportano i valori di tutte le *resistenza a compressione q_c* , di provini cubici e cilindrici, aventi differenti giorni di stagionatura

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CUBICO 10 x 10 x 10 CM				
Provino CUBICO	Tempo di maturazione: 7 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
7	498.7	0.499	0.42	5.57
9	500.2	0.500	0.40	8.30
26	499.1	0.499	0.55	8.30

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CILINDRICO 9,64 x 27,8 CM				
Provino CILINDRICO	Tempo di maturazione: 7 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
4	987.60	0.496	0.40	7.58

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CUBICO 10 x 10 x 10 CM				
Provino CUBICO	Tempo di maturazione: 14 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
5	473.7	0.474	0.39	10.40
11	472.3	0.472	0.42	9.30
12	473.4	0.473	0.40	10.46

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CILINDRICO 9,64 x 27,8 CM				
Provino CILINDRICO	Tempo di maturazione: 14 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
5	927.1	0.457	0.40	9.03
7	909.8	0.448	0.28	7.23
9	911.0	0.449	0.33	9.54

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CUBICO 10 x 10 x 10 CM				
Provino CUBICO	Tempo di maturazione: 21 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
14	481.1	0.481	0.23	11.68
18	488.8	0.489	0.21	11.26
24	475.9	0.476	0.29	10.66

PROVA COMPRESSIONE UNIASSIALE PROVINO CILINDRICO 9,64 x 27,8 CM				
Provino CILINDRICO	Tempo di maturazione: 21 giorni			
	Peso	Densità	Velocità rottura	Carico di rottura q_c
n^\bullet	g	g/cm³	mm/minuto	Kg/cm²
2	841.2	0.456	0.24	9.74
6	940.2	0.461	0.20	10.33
8	949.8	0.467	0.20	10.33

PROVA EDOMETRICA SUL POLISTIROLO

Lo scopo della prova edometrica è di determinare, in una condizione di espansione laterale impedita, i parametri di compressibilità del polistirolo.

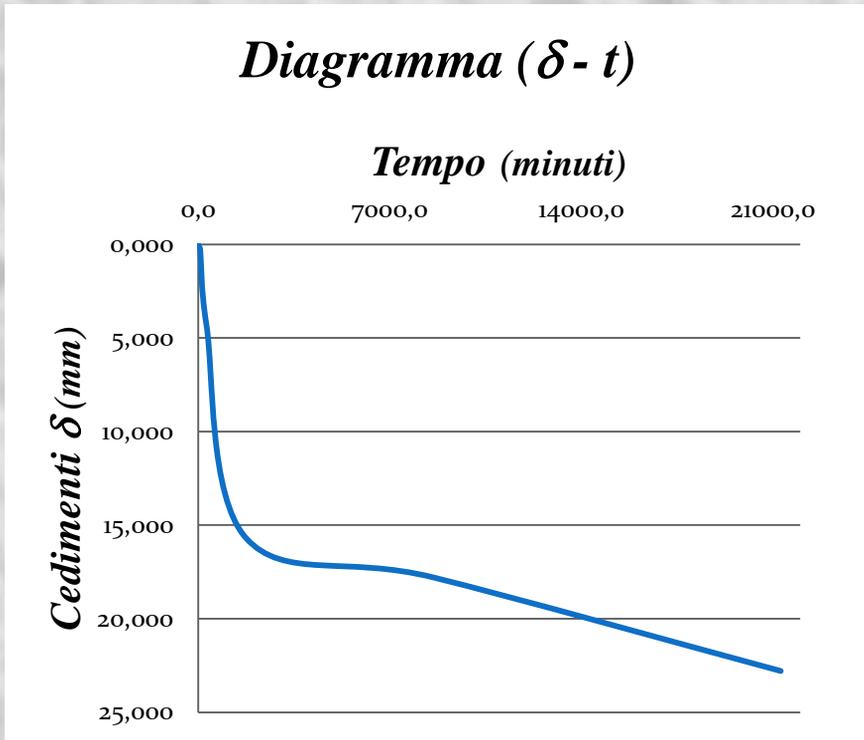
$$E_{ed} = \frac{\partial \sigma'_z}{\partial \varepsilon_z} \quad m_v = \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial \sigma'_z}$$

*Modulo di compressione
edometrica*

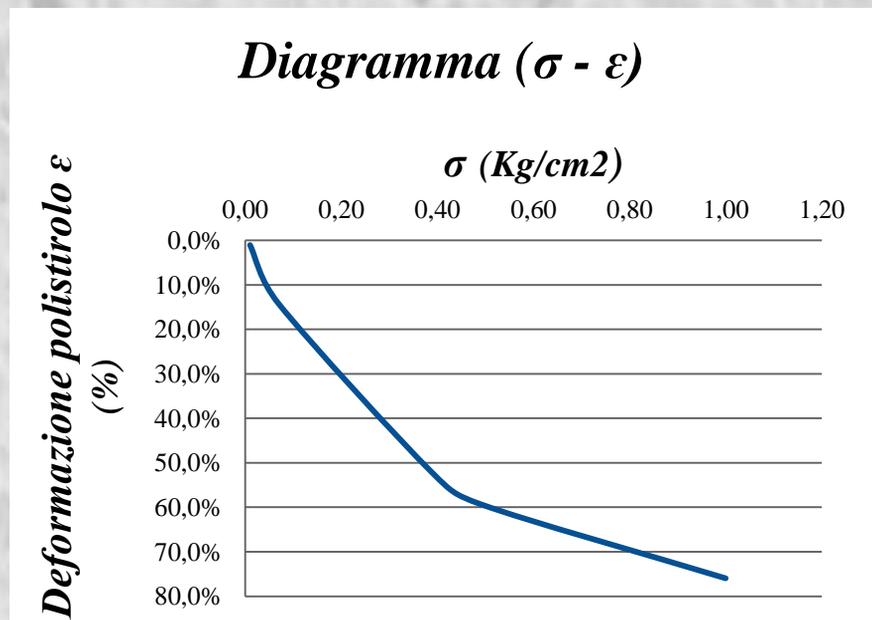
*Coefficiente di compressibilità
edometrica*



I risultati ottenuti sono stati diagrammati nel piano ($\delta - t$)



I cedimenti riscontrati durante la prova edometrica sono di tipo *viscoso*, dovuto agli scorrimenti tra le particelle di polistirolo che, una volta applicato il carico, si ridistribuiscono.



σ	ϵ	E_{ed}
Kg/cm ²	adimensionale	Kg/cm ²
0.01	0.01	0.95
0.07	0.14	0.49
0.39	0.52	0.75
0.49	0.59	0.83
1.00	0.76	1.32

Per ogni fase di carico è stato calcolato il modulo di compressione edometrica E_{ed} .

All'aumentare del carico, il polistirolo si

irrigidisce

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

Lo scopo della prova di compressione triassiale **CIU** è quello di valutare la resistenza a compressione di un campione cilindrico, prima consolidato isotropicamente attraverso l'inserimento di acqua pressurizzata all'interno della cella triassiale, e poi portato a rottura in condizioni di drenaggio impedito



Strumentazione

CELLA TRIASSIALE

composta da un cilindro in perspex che permette di contenere il provino ed applicare una tensione isotropa



BURETTE

misurano i volumi di acqua in ingresso ed in uscita dal provino cilindrico di cls cellulare con polistirolo



***SISTEMA DI
PRESSURIZZAZIONE
ARIA – ACQUA CON
MEMBRANA***

sistema atto a mettere in
pressione l'acqua all'interno
della cella triassiale



***MEMBRANA DI
CAUCCIU'***

crea una sconnessione idraulica
fra il provino e l'acqua
contenuta nella cella



Esecuzione della prova

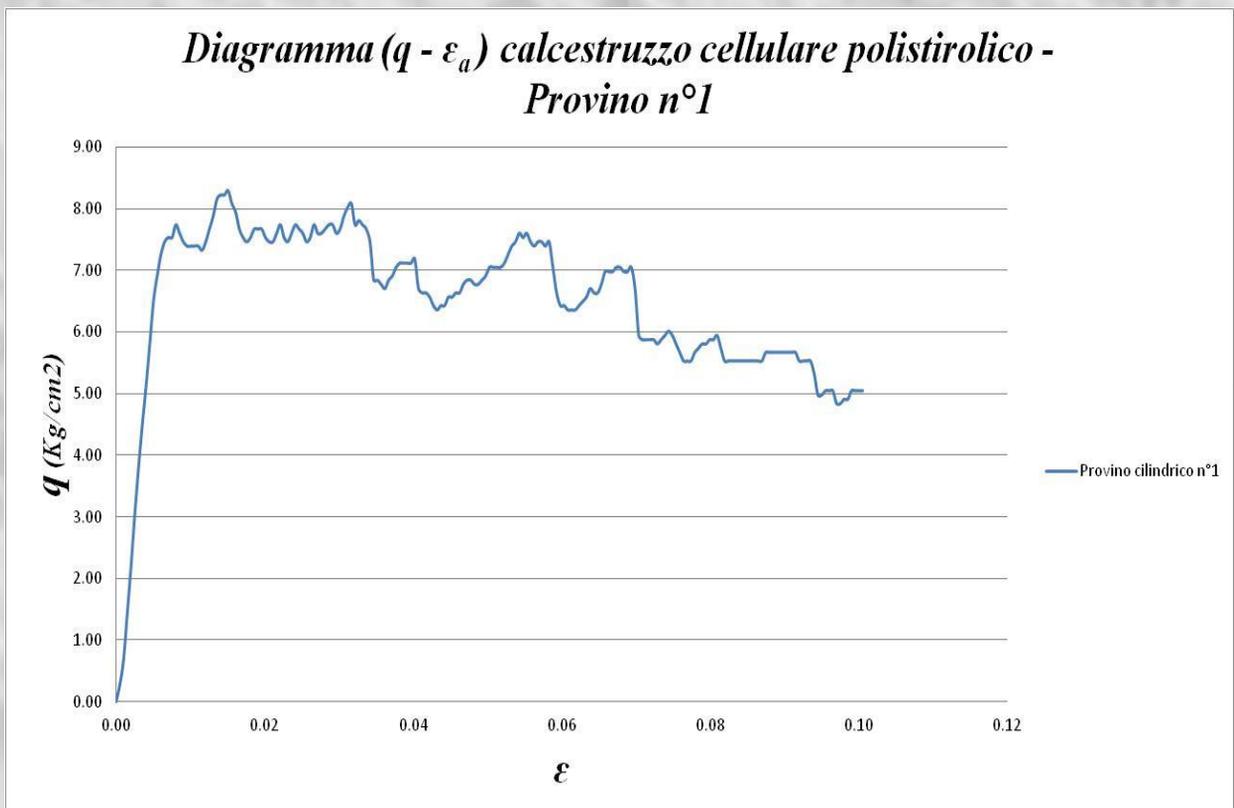
- Pulizia accurata della strumentazione
- Installazione del provino
- Installazione e riempimento con acqua pressurizzata del cilindro di perspex
- Applicazione di una contropressione b_p al provino
- Verifica di saturazione del provino con il “B test”

$$\Delta u = B \cdot \left[\Delta \sigma_3 + A \cdot (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3) \right]$$

Relazione di Skempton e Bjerrum

- Avviamento del pistone ed inizio della fase di rottura del provino in condizioni di drenaggio impedito

Rappresentazione dei risultati ottenuti



Dall'interpretazione della curva si evince che il provino n°1 ha raggiunto una resistenza a compressione pari a circa 830 kPa.

Nella fase iniziale si osserva un andamento della curva pressoché lineare, indice che il materiale mostra ancora un comportamento di tipo elastico – lineare; superata questa fase lineare il diagramma si avvia al raggiungimento della resistenza di picco assumendo un andamento semi-parabolico, mostrando un comportamento tendente a quello di materiale stabile.

CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti e dei diagrammi mostrati si evince che il legame tensione – deformazione rispecchia l'andamento delle curve caratteristiche di resistenza a compressione dei calcestruzzi ordinari a bassa – medio resistenza ed è caratterizzato da forte duttilità.

Pur non presentando elevate resistenze a compressione, tali calcestruzzi presentano un'ottima attitudine ad essere impiegati come materiale da riempimento.

Trincee per l'interramento di servizi, posa di tubazioni, riempimento di serbatoi dismessi e stabilizzazione di cavità e di pendii sono alcune delle possibili applicazioni in campo geotecnico.

Si ringrazia la **BUNKER TEKSPED S.R.L.** per quanto concerne la preparazione dei provini utilizzati per la sperimentazione

GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE

Panniello Paolo

Università degli Studi di Napoli "Federico II"