

**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 E IL TERRITORIO**  
TESI DI LAUREA

**«PREPARAZIONE E CARATTERISTICHE MECCANICHE DI TERRE  
ALLEGGERITE DI DENSITA' MEDIO-ALTA»**

**RELATORE**

Ch.mo Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

**CORRELATORE**

Dott. Ing. Raffaele Papa

**CANDIDATO**

Nicola Migliore Matr. 518/631



## **SINTESI DELL'ELABORATO DI TESI**

- 1. Obiettivo della tesi**
- 2. Terra alleggerita**
  - *Definizione*
  - *Caratteristiche e applicazioni*
  - *Preparazione provini (miscelazione, presa e indurimento)*
- 3. Prove di resistenza a compressione**
- 4. Conclusioni**

La presente tesi è dedicata all'applicazione delle terre alleggerite nelle opere di ingegneria marittima

### ***OBIETTIVO DELLA TESI***

Valutazione delle caratteristiche delle terre alleggerite in seguito all'utilizzo di materiale inerte (sabbia) nella boiaccia cementizia.

### ***DEFINIZIONE***

La **terra alleggerita** è un conglomerato cementizio in cui sono presenti bolle d'aria. Viene realizzata miscelando:

- ✓ Acqua
- ✓ Cemento
- ✓ Inerti
- ✓ Schiuma preformata

Le bolle d'aria conferiscono leggerezza al materiale e possono essere prodotte attraverso vari meccanismi.





## CARATTERISTICHE

- Densità comprese tra 300 e 2000 kg/m<sup>3</sup>, inferiori a quelle del calcestruzzo ordinario (2200-2600 kg/m<sup>3</sup>);  
Densità comprese tra 1700 e 1850 kg/m<sup>3</sup> con aggregati leggeri per usi strutturali superiori a quelle comprese tra 1200 e 1600 kg/m<sup>3</sup> per usi non strutturali;  
Densità minori di 1000 kg/m<sup>3</sup>, in particolare tra 300 e 600 kg/m<sup>3</sup> nei conglomerati preparati con polistirolo, perlite e vermiculite
- Resistenza a compressione tra 0.7 e 24 MPa
- Resistenza a trazione circa il 10% di quella a compressione
- Durabilità (permeabilità e resistenza all'ambiente aggressivo)

## APPLICAZIONI

In campo geotecnico:

- esecuzione di rilevati stradali
- opere marittime
- riempimenti di trincee, fori ed altre cavità
- rinterro alle spalle di muri di sostegno; di scavi per condotte; di serbatoi sotterranei non più in uso; di altre strutture che devono essere abbandonate piuttosto che demolite





## Preparazione provini

I provini di terra alleggerita sono stati preparati presso la BUNKER TEK.SP.ED srl sita in Casandrino (Na) e ottenuti con due miscele.

Miscela sabbia-cemento-schiuma					
Materiale	Tipo	Dati di riferimento del produttore dello schiumogeno		Dati reali prima miscela	Dati reali seconda miscela
		Densità 1200 kg/m <sup>3</sup>		Parti: 30	
		1 m <sup>3</sup>	Parti		
Sabbia (kg)	marina lavata	750	1/30	25	25
Cemento (kg)	Portland 42.5	360/270	1/30	12	9
Acqua (l)	potabile	140	1/30	6	6
Schiuma (l)	Laston Foamcem	460	1/30	16	16
Acqua in schiuma (l)				2.5	2.5
Acqua/cemento		0.38/0.52	1/30	0.5	0.66
Sabbia/cemento				2.1	2.8
Acqua/solido				0.16	0.174
Densità campione umido (kg/m <sup>3</sup> )				1130	1120
Spandimento (cm)				42	45

## ***Preparazione provini***

- premiscelazione a secco tra la sabbia marina lavata e il cemento secondo le quantità previste dal mix design;
- aggiunta di acqua;
- miscelazione malta cementizia;
- verifica fluidità (cono di Abrams e spandimento finale di 45 cm);



## *Preparazione provini*

- preparazione schiuma (miscela agente schiumogeno-acqua per un totale di 32 l e aria insufflata alla pressione di 3.4 bar);
- miscelazione schiuma-boiaccia;
- determinazione densità miscela;
- colata negli stampi cilindrici e cubici



## ***Prove di resistenza a compressione***

- Fasi preliminari:
  - stagionatura in stampi cilindrici di pvc (28 giorni);
  - rettifica;



## *Prove di resistenza a compressione*

- Fase esecutiva:
- prova di compressione monoassiale

Lo scopo della prova è misurare la resistenza alla compressione non confinata qc dei provini di cemento con sabbia in funzione del grado di maturazione (da 7 a 28 giorni)



## Prove di resistenza a compressione

- Fasi di acquisizione ed elaborazione dati:

miscela con contenuto di cemento pari a  $360 \text{ kg/m}^3$

Provino	Peso(g)	Diametro(mm)	Altezza(mm)	Area( $\text{cm}^2$ )	Densità ( $\text{kg/m}^3$ )	Velocità di rottura (mm/min)	Tensione di rottura (MPa)
3	1821	94	197	69.40	1332	0.01	5.82
4	1956.4	95	196	70.88	1408.2	0.01	7.33
6	1655.2	96	195	72.38	1172.7	0.01	3.78

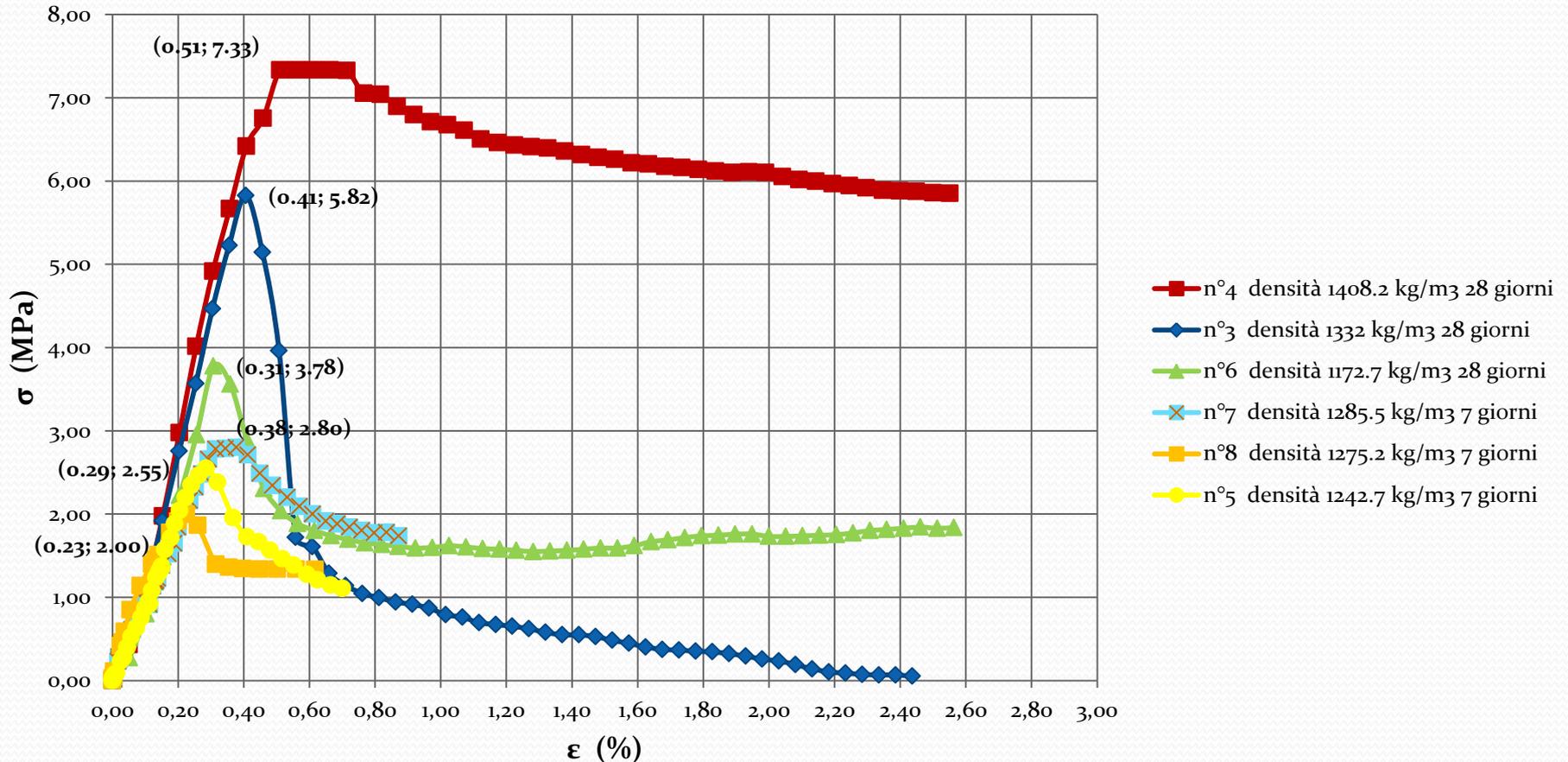
miscela con contenuto di cemento pari a  $270 \text{ kg/m}^3$

Provino	Peso(g)	Diametro(mm)	Altezza(mm)	Area( $\text{cm}^2$ )	Densità ( $\text{kg/m}^3$ )	Velocità di rottura (mm/min)	Tensione di rottura (MPa)
15	1350.8	94	187	69.40	1040.9	0.01	1.35
16	1329.3	96	190	72.38	966.6	0.01	1.33
20	1300.3	94	185	74.40	1012.8	0.01	1.08

## Prove di resistenza a compressione

- Fase di rappresentazione grafica:
- dosaggio con contenuto di cemento di 360 kg/m<sup>3</sup>

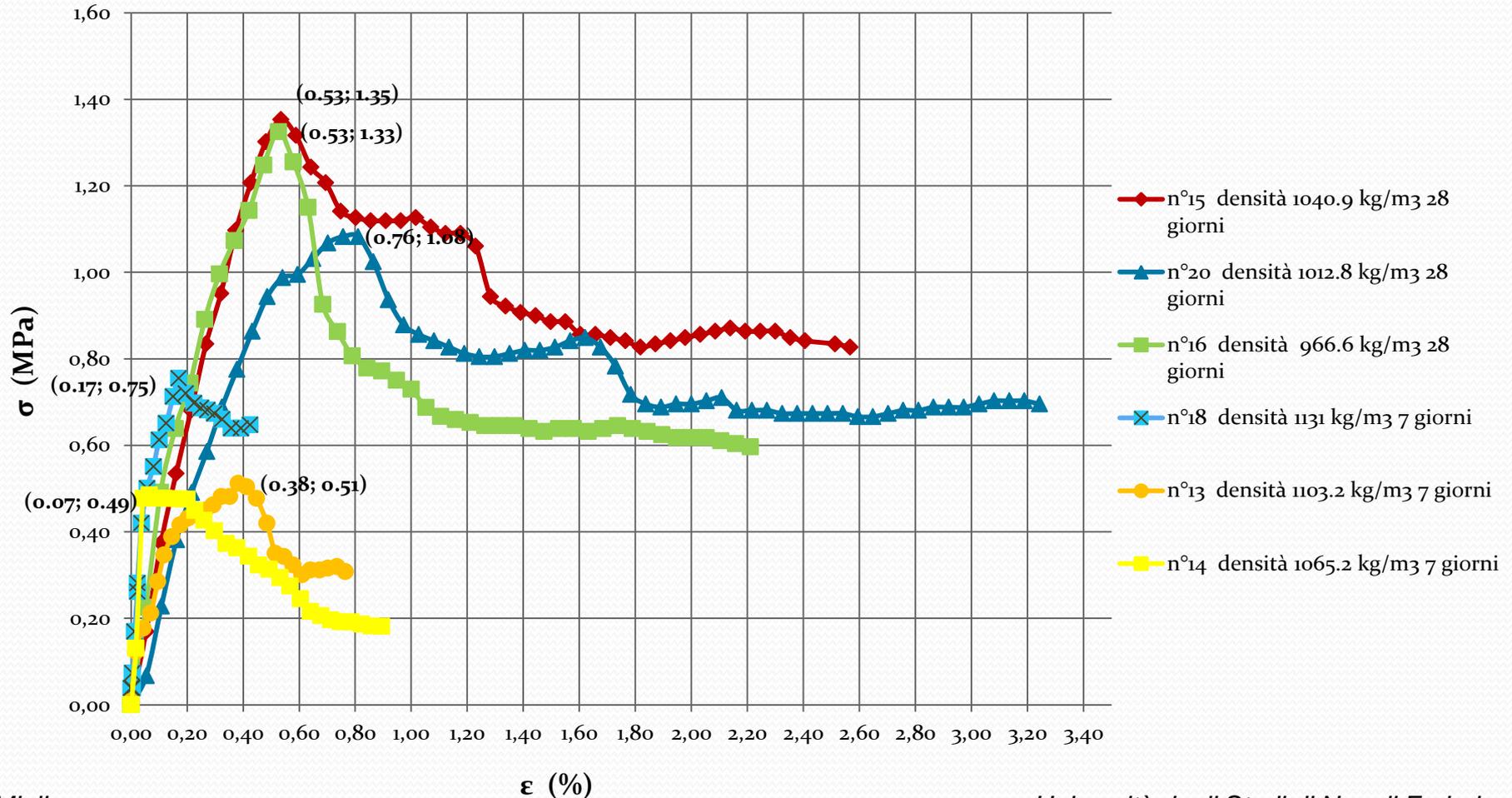
Diagramma ( $\sigma$ - $\epsilon$ ), Contenuto di Cemento di 360 kg/m<sup>3</sup>



## Prove di resistenza a compressione

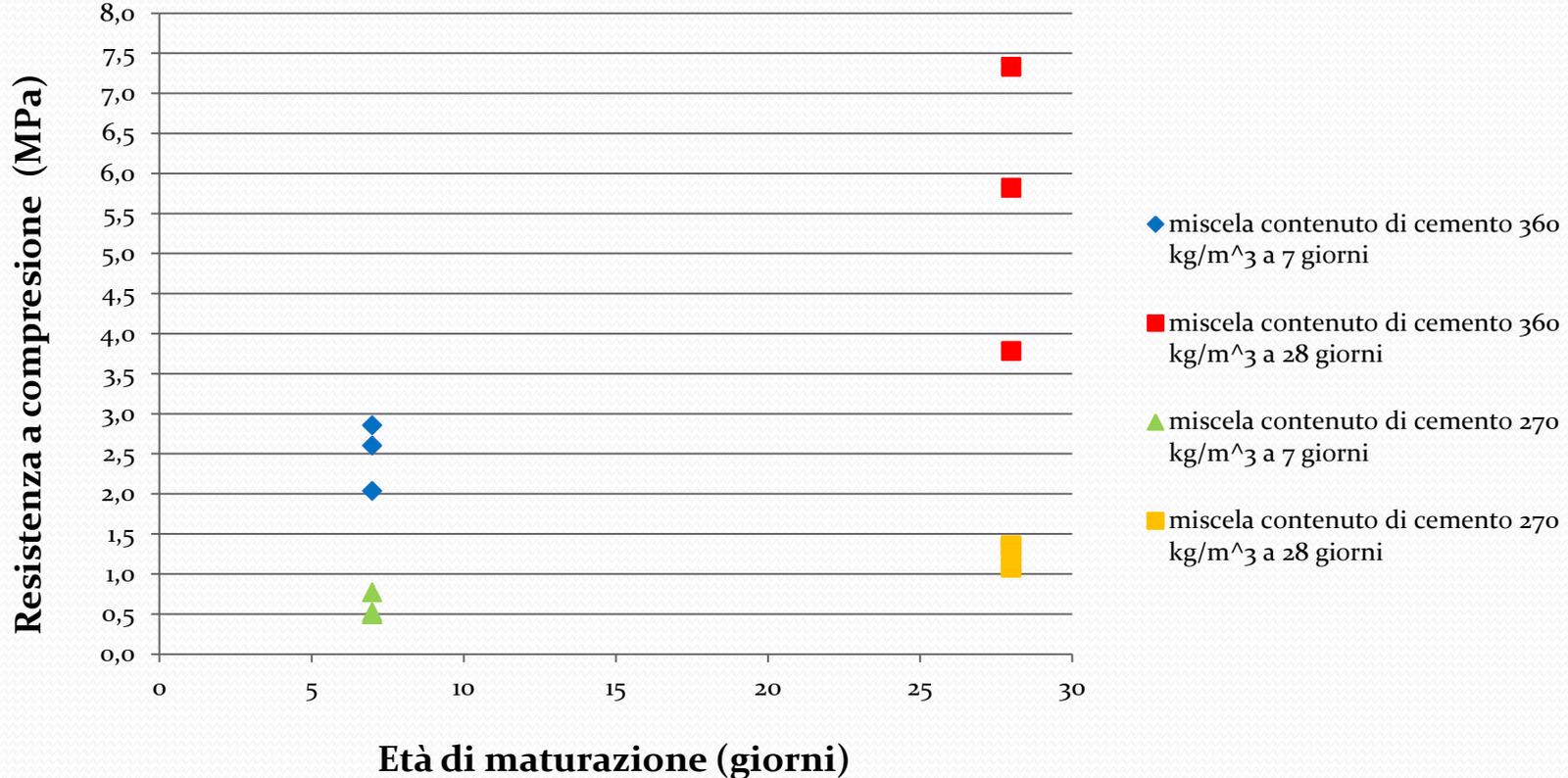
- dosaggio con contenuto di cemento di 270 kg/m<sup>3</sup>

### Diagramma ( $\sigma$ - $\epsilon$ ), Contenuto di Cemento di 270 kg/m<sup>3</sup>



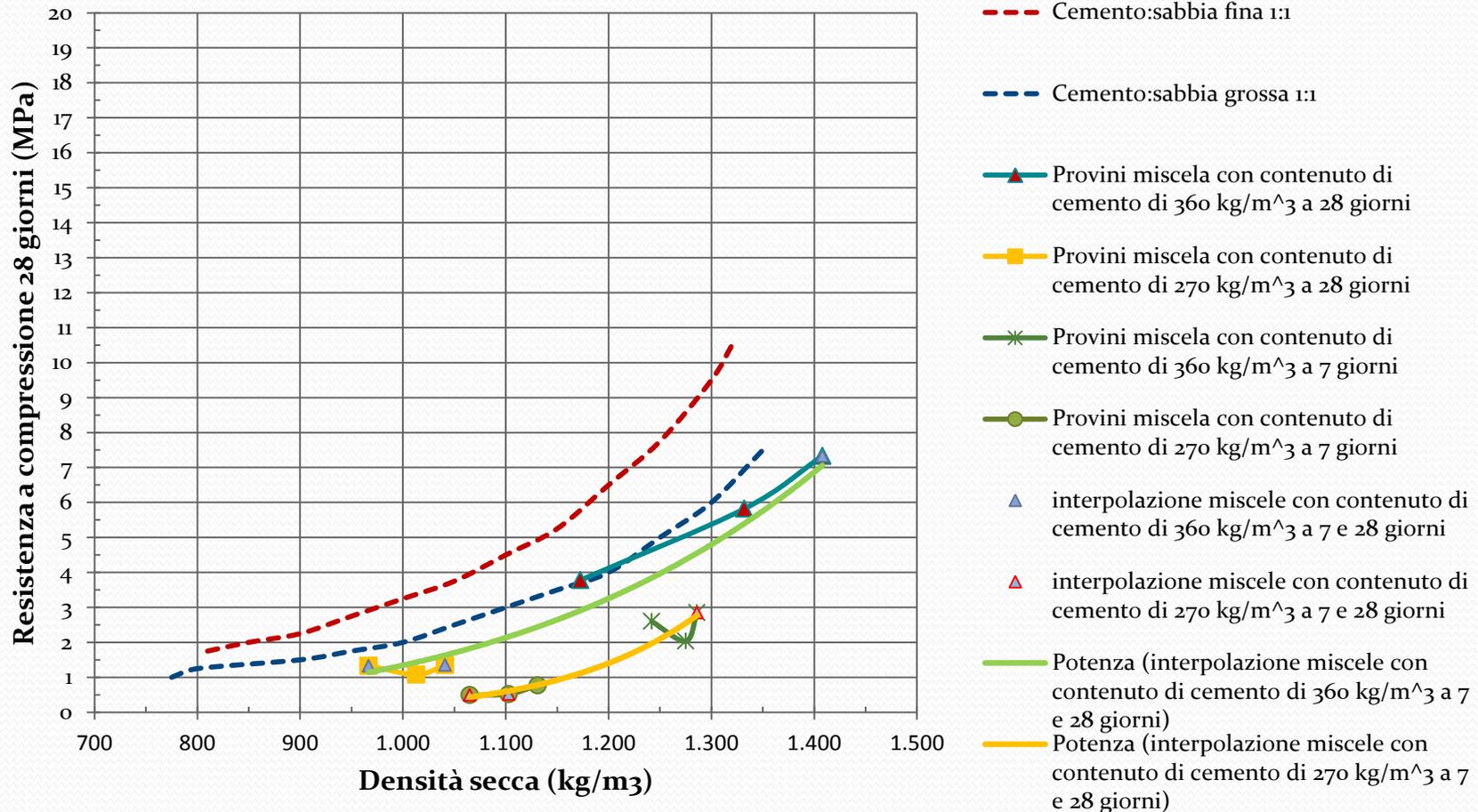
## Prove di resistenza a compressione

- diagramma resistenza (Mpa) – età di maturazione (giorni) delle miscele con contenuto di cemento di 360 e 270 kg/m<sup>3</sup> a 7 e 28 giorni



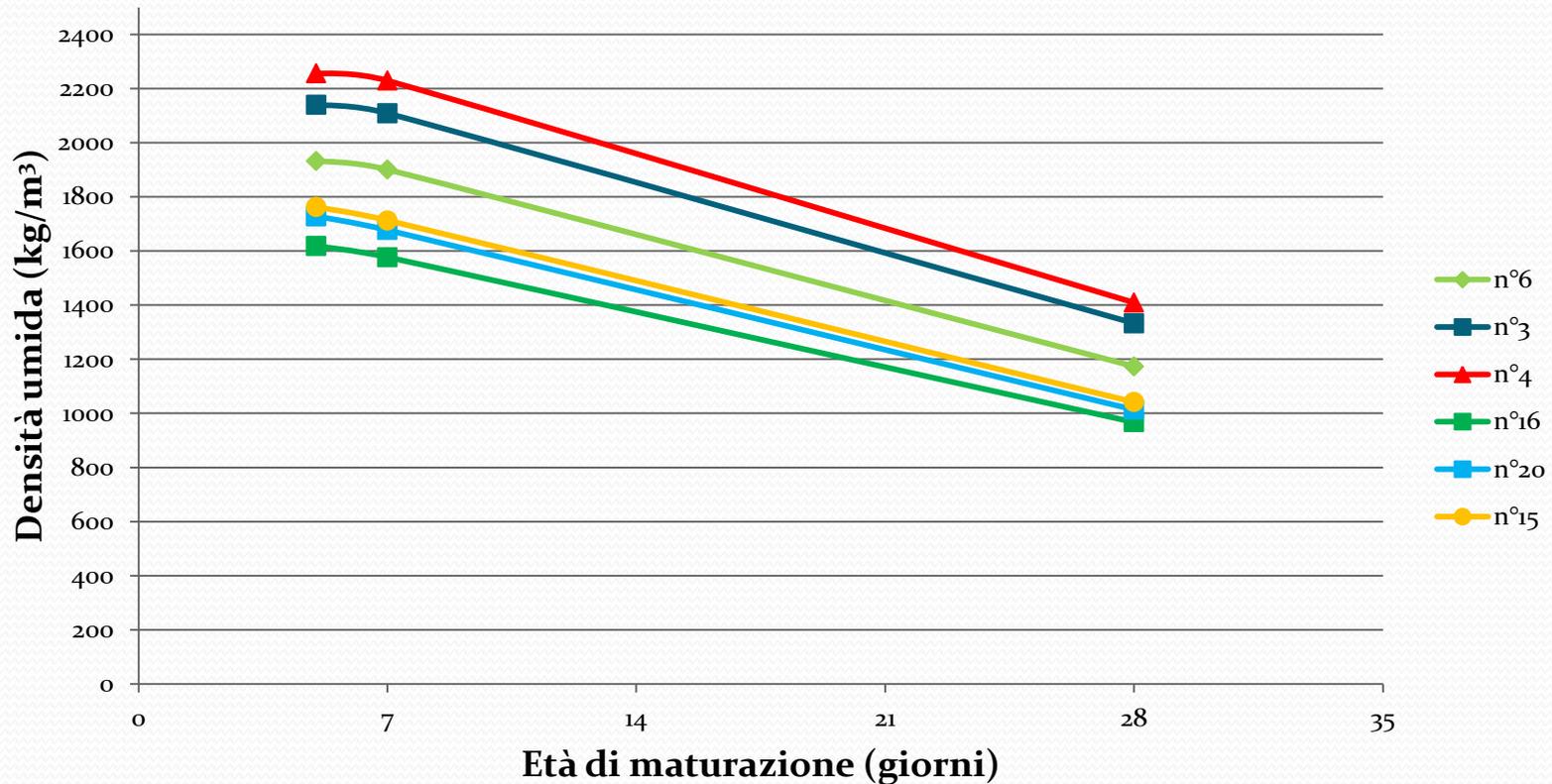
## Prove di resistenza a compressione

- diagramma resistenza (Mpa) – densità secca (Kg/m<sup>3</sup>) delle miscele dell'indagine della letteratura e dell'indagine sperimentale



## ***Prove di resistenza a compressione***

- Densità umida ( $\text{kg/m}^3$ ) – età di maturazione (giorni) delle miscele con contenuto di cemento di 360 e 270  $\text{kg/m}^3$



## ***Prove di resistenza a compressione***

- Conclusioni delle rappresentazioni grafiche:
  - il materiale presenta un comportamento fragile (raggiunge una tensione di snervamento per piccole deformazioni a cui segue una rapida caduta della resistenza)
  - la diminuzione del 25% di cemento nella seconda miscela unita ad un non adeguato quantitativo d'acqua ha provocato una sensibile riduzione della resistenza
  - all'aumentare della densità secca aumenta la resistenza (osservazione sul provino n°16)
  - la resistenza è maggiore per le miscele con sabbia fina rispetto a quelle con la sabbia grossa perché nelle prime vi è una distribuzione uniforme dei pori mentre nelle seconde i pori sono larghi e irregolari; inoltre le resistenze delle miscele con sabbia fine e grossa sono maggiori delle miscele dell'indagine sperimentale perché il rapporto cemento/sabbia è maggiore e la variazione è più grande ad alte densità.
  - all'aumentare dell'età di maturazione diminuisce la densità umida



## ***Conclusioni***

Dai risultati ottenuti dalla sperimentazione si nota che il materiale ha un'ottima fluidità, infatti presenta un elevato spandimento che lo rende idoneo per le applicazioni geotecniche marittime di riempimento e ne agevola la messa in opera.

L'utilizzo di materiali in loco come la sabbia marina comporta una riduzione dei costi.

Dai diagrammi tensione - deformazione risulta che il materiale presenta già a 7 giorni una resistenza a compressione più che sufficiente rispetto a quella richiesta per le usuali applicazioni geotecniche.

Sulla base di questi risultati si conferma la possibilità di utilizzare questo materiale in applicazioni geotecniche marittime.



---

***GRAZIE***

***PER***

***L'ATTENZIONE***