

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

**«RIEMPIMENTO DI UNA CAVITÀ CON MISCELE FLUIDE
INDURENTI»**

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing.
Gianfranco Urciuoli

CANDIDATA

Italia Colella

N49/000191

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

SINTESI DELL'ELABORATO DI TESI

- **Cemento cellulare**
 - *Esperienza in cantiere*
- **Prove sperimentali**
 - Prove sulla schiuma
 - Prove sulla miscela di boiaccia e schiuma
 - Prova di compressione monoassiale sul cemento cellulare
- **Conclusioni**

• *ESPERIENZA IN CANTIERE*

○ Riempimento di una cavità

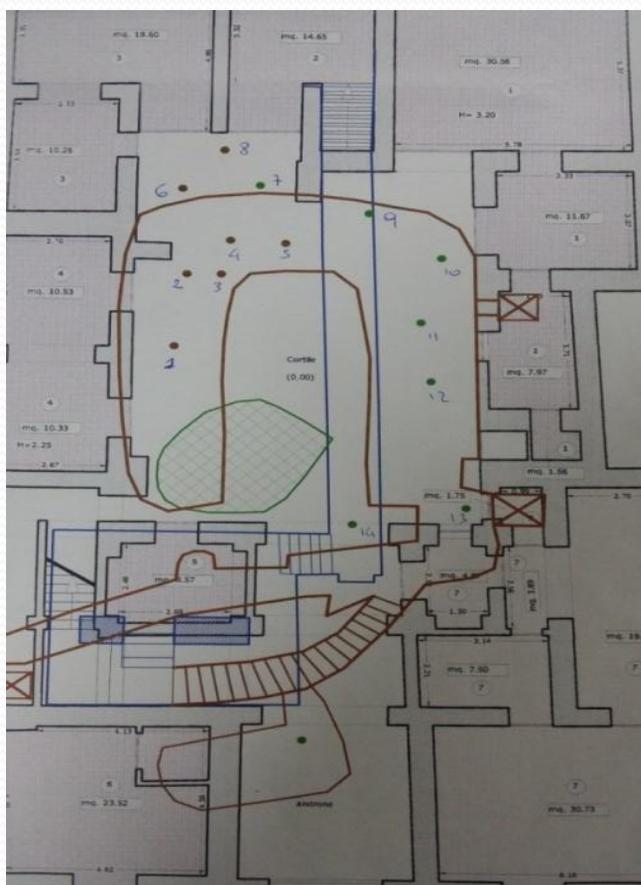
Dopo la formazione di un'ampia voragine formatasi sulla volta di una cavità preesistente, che ne ha provocato il crollo (in un cortile interno di un antico palazzo in Santa Maria Capua Vetere), si è utilizzato cemento cellulare quale materiale di riempimento della cavità stessa.



Primo riempimento con materiale arido e secondo riempimento con cemento cellulare.

A tal fine sono stati effettuati dei fori per intercettare la cavità, i quali, oltre ad avere funzione di iniezione, fungevano da sfiato sia per allontanare l'aria durante l'iniezione, sia per permettere la fuoriuscita del calore di idratazione.

I fori sono stati realizzati secondo lo schema seguente:

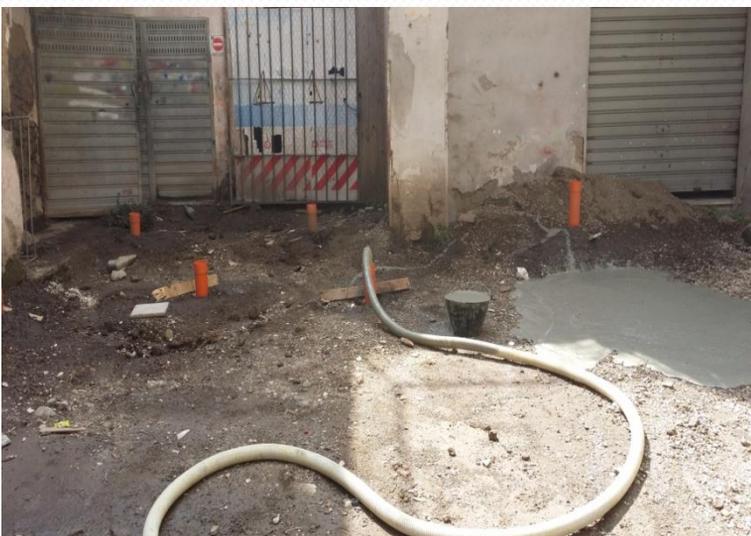


Schema di posizionamento dei fori, disposti in modo da coprire tutta la cavità, divisa in due livelli da gallerie e cantine preesistenti.

Per realizzare il cemento cellulare e riempire la cavità è stata utilizzata un'apposita macchina, che garantisce una produzione in continuo: S8 CM (ditta Bunker).



Ogni volta che il cemento cellulare veniva iniettato in foro, si effettuavano delle misure per il controllo delle proprietà.



Il **cemento cellulare** è un conglomerato cementizio realizzato miscelando:

- ✓ Acqua
- ✓ Cemento
- ✓ Schiuma Preformata



VANTAGGI

- Leggerezza
- Posa agevole
- Riduce i costi di scavo
- Versatilità
- Elevata fluidità

La fase sperimentale del presente lavoro di tesi è stata eseguita in parte presso la sede della “P.I.G.I. Srl Costruzioni e Fondazioni” ed in parte presso il laboratorio di Ingegneria Geotecnica del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell’Università degli Studi di Napoli “Federico II”.



Tale sperimentazione mirava a valutare come, al variare della composizione della schiuma, vengono influenzate le caratteristiche del materiale, allo scopo di ricercare le miscele ottimali per le diverse applicazioni.

- **Prove sperimentali**
 - Prove sulla schiuma

La schiuma si realizza insufflando aria in pressione all'interno di una miscela fluida composta da acqua e agente schiumogeno.



Misuratore portata di acqua

Le prove sono state eseguite facendo variare, di volta in volta, tutti i parametri che caratterizzano la schiuma, quali concentrazione di additivo, pressione dell'aria e portata di acqua.



Dosaggio della concentrazione di additivo

Al variare di tali parametri si sono registrati diversi valori di peso e densità della schiuma ottenuta:

Concentrazione di additivo(l/12l)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Pressione dell'aria (bar)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5
Portata di acqua (l/h)	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	450
densità della schiuma(Kg/m3)	49,5	80	99,5	117	150	47	64	79	93,5	105,5	54	40,5	42,5
Verifica idoneità (si/no)	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

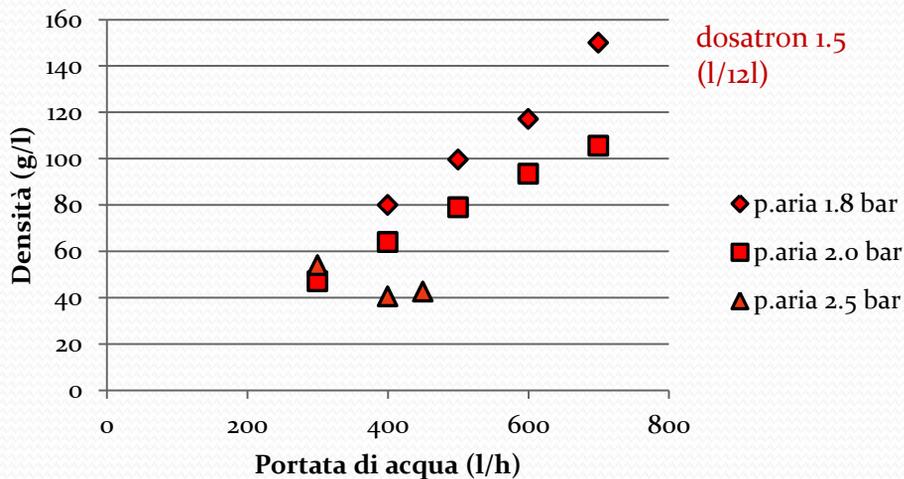
Concentrazione di additivo(l/12l)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pressione dell'aria (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,52	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5
Portata di acqua (l/h)	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	500
densità della schiuma(Kg/m3)	61,5	79,5	99	116	146,5	49	66	79,5	96,5	112	32	34,5	49,5
Verifica idoneità (si/no)	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Concentrazione di additivo(l/12l)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Pressione dell'aria (bar)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2	3	3	3
Portata di acqua (l/h)	300	400	500	600	700	300	400	500	600	700	300	400	500
densità della schiuma(Kg/m3)	65,5	80	103	120,5	149	52	73,5	86,5	102	114,5	28	35	49
Verifica idoneità (si/no)	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

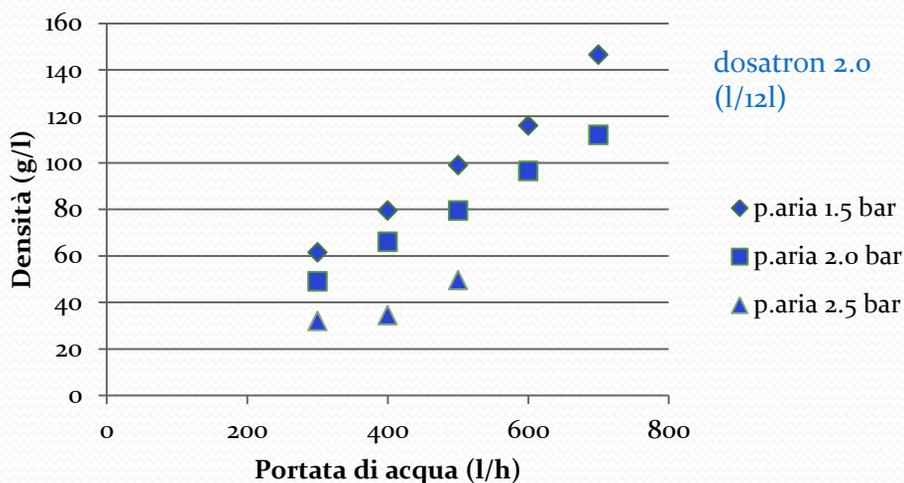
○ Risultati ottenuti

Come da letteratura:

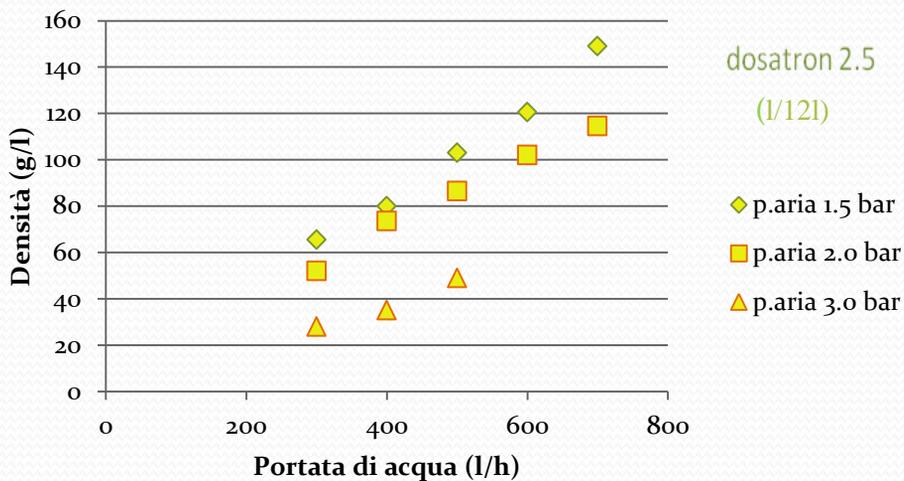
- Al crescere della pressione dell'aria, cresce la dimensione delle bolle, mentre si riduce la densità della schiuma;
- Al crescere della portata di acqua, aumenta la densità della schiuma;
- Al crescere della concentrazione di additivo migliora la qualità della schiuma, ovvero il tempo di dissoluzione della stessa.



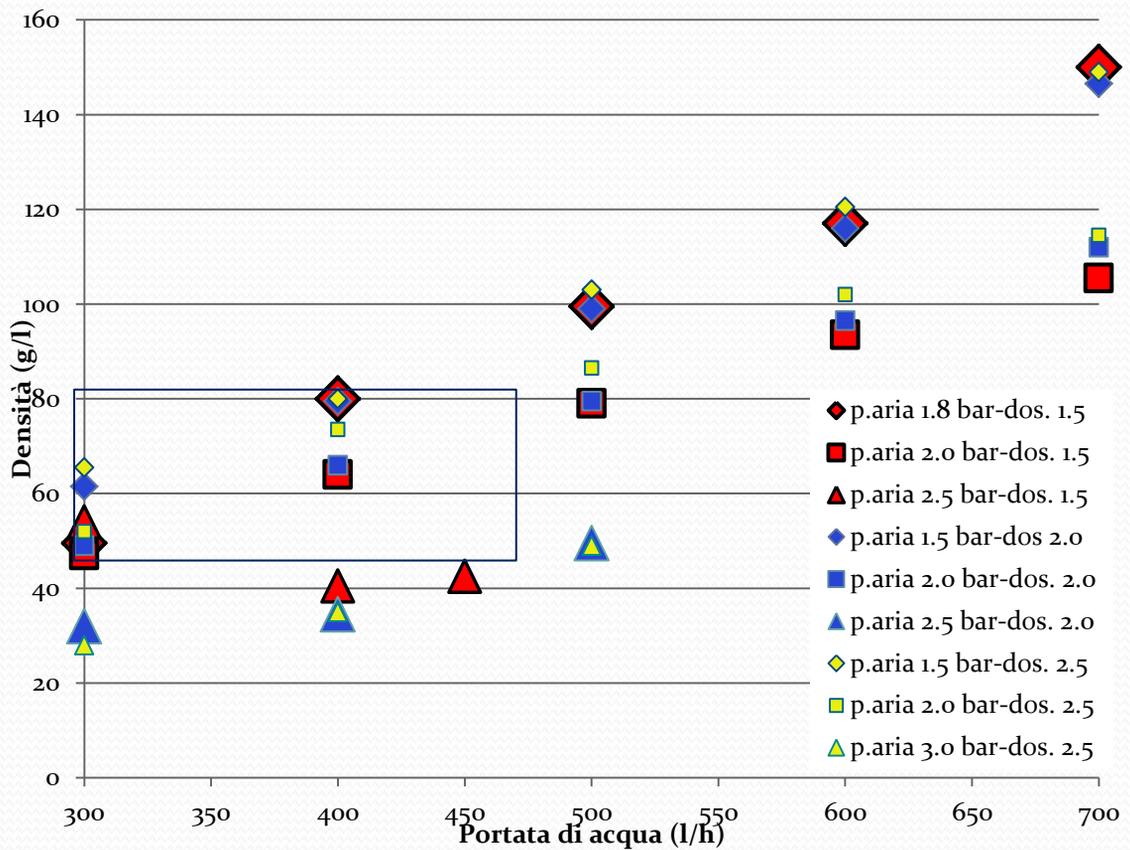
Andamento della densità della schiuma con concentrazione di additivo pari a 1.5 l/12l, a diverse pressioni di aria, all'aumentare della quantità di acqua



Andamento della densità della schiuma con concentrazione di additivo pari a 2 l/12l, a diverse pressioni di aria, all'aumentare della quantità di acqua.



Andamento della densità della schiuma con concentrazione di additivo pari a 2,5 l/12l, a diverse pressioni di aria, all'aumentare della quantità di acqua.



La concentrazione di additivo non influenza la densità della schiuma.

Barattolo

A



Concentrazione di additivo pari a 1.5 (l/12l)



Barattolo

C



Concentrazione di additivo pari a 2.5 (l/12l)

Barattoli di schiuma realizzata con concentrazioni di additivo crescenti dopo due ore di riposo.

Barattolo

B



Concentrazione di additivo pari a 2.0 (l/12l)



Barattolo

D



Concentrazione di additivo pari a 3.0 (l/12l)

Barattoli di schiuma realizzata con concentrazioni di additivo crescenti dopo 4 ore di riposo

La concentrazione di additivo influenza esclusivamente la qualità della schiuma, ovvero il tempo di dissoluzione della stessa.



Acqua precipitata

Acqua precipitata

Differenza tra precipitazione di acqua da schiuma realizzata con concentrazione di additivo 2.5 (l/12l), pressione dell'aria 1.5 bar e portata di acqua acqua rispettivamente 300 l/h e 700l/h.



Acqua precipitata

Acqua precipitata

Differenza tra precipitazione di acqua da schiuma realizzata con concentrazione di additivo 2.0 (l/12l), pressione dell'aria 2.0 bar e portata di acqua rispettivamente 300 l/h e 700l/h

La precipitazione dell'acqua è eccessiva per le schiume realizzate con portate d'acqua pari a 500 l/h, 600 l/h e 700 l/h.

○ Prova sulla miscela di boiaccia e schiuma

Sono stati realizzati provini di cemento cellulare con schiuma avente concentrazione di additivo pari a 2.5 (l/12l) e facendo variare gli altri parametri quali pressione dell'aria e quantità di acqua.

Si è effettuata una verifica dell'impasto prodotto dalla macchina al fine di ottenere la stessa miscela «ottima» ottenuta manualmente.



Misura spandimento laterale

Appurata la rispondenza della lavorazione in macchina ai risultati desiderati, si è realizzato cemento cellulare, facendo variare i parametri della schiuma, di cui si è misurato il peso.



Misura del peso della pasta di boiaccia e schiuma.



Si sono realizzati in seguito provini di cemento cellulare



○ Prova di compressione monoassiale

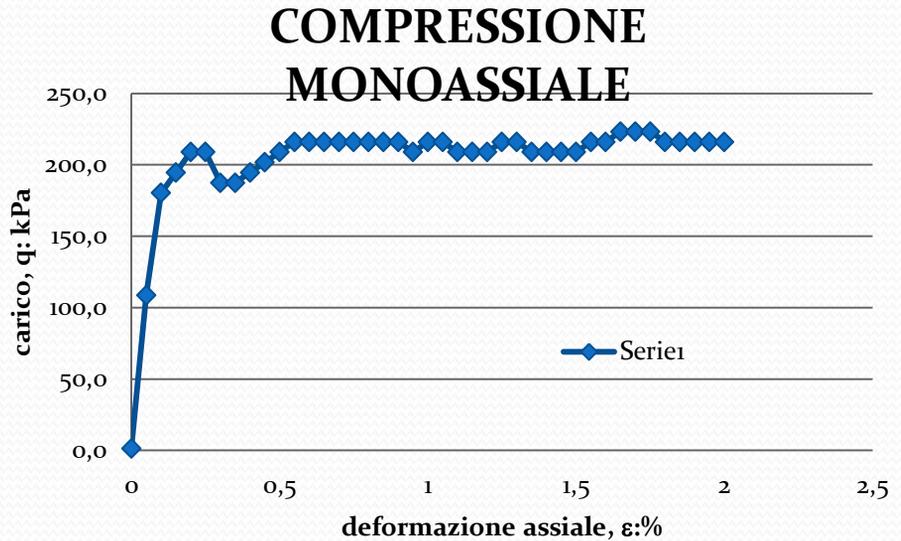
Preparazione ed esecuzione della prova

- ✓ Preparazione dei provini
- ✓ Regolazione micrometro e cella di carico
- ✓ Posizionamento provino
- ✓ Regolazione pressa
- ✓ Inizio prova



○ Risultati ottenuti

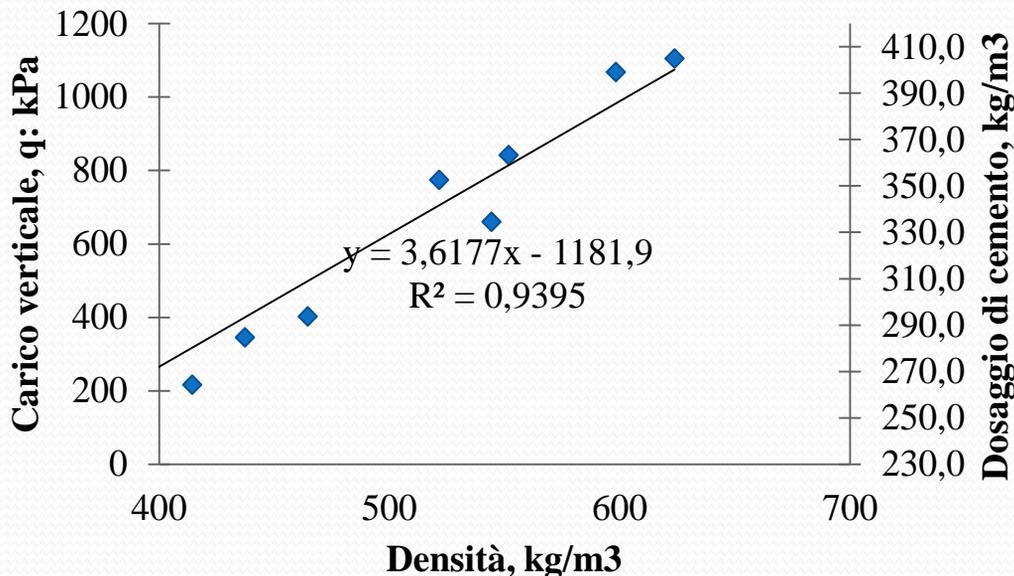
Dall'analisi dei risultati derivanti dalle prove di compressione monoassiale emerge che il materiale si presenta più duttile dei normali calcestruzzi mostrando in tal modo una maggiore applicabilità ai problemi geotecnici.



Diag. Provino 19

Inoltre la resistenza varia linearmente con la densità.

Prove monoassiale



Ciò è legato prevalentemente al quantitativo di cemento che cresce notevolmente al crescere della densità della miscela.



Rottura provino 19



Rottura provino 26

COMPRESSIONE MONOASSIALE

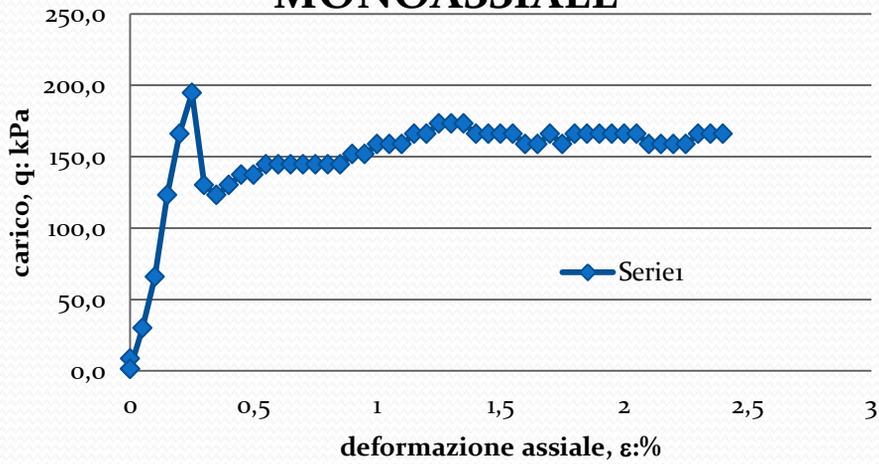


Diagramma relativo al Provino 26

CONCLUSIONI

In definitiva, per la realizzazione di cemento cellulare si utilizzano :

- concentrazioni di additivo pari a 2.5 (l/12l), perché tale dosaggio è ottimale per la qualità della schiuma;
- portate di acqua inferiori a 500 l/h, per ridurre la precipitazione dell'acqua dalla schiuma;
- pressioni dell'aria inferiori a 3 bar, perché, in tal modo si ottengono schiume più stabili;

Inoltre:

- la resistenza della miscela di boiaccia e schiuma cresce linearmente al crescere della densità;
- il comportamento del materiale si presenta più duttile dei normali calcestruzzi.

In seguito sarà indagata anche la permeabilità del materiale:

- ci si aspetta valori di permeabilità maggiori per miscele più leggere e meno resistenti e valori di permeabilità minori per miscele più pesanti e più resistenti.



In tal modo, in funzione della problematica geotecnica che si dovrà affrontare sarà possibile scegliere la giusta densità da impiegare per la miscela.



*GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!*

Italia Colella

Università degli studi di Napoli “Federico II”