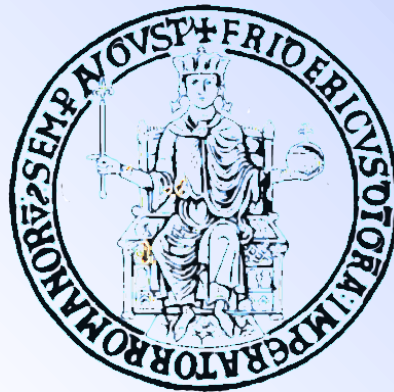


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



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

**Materiali sintetici innovativi per applicazioni
di ingegneria geotecnica**

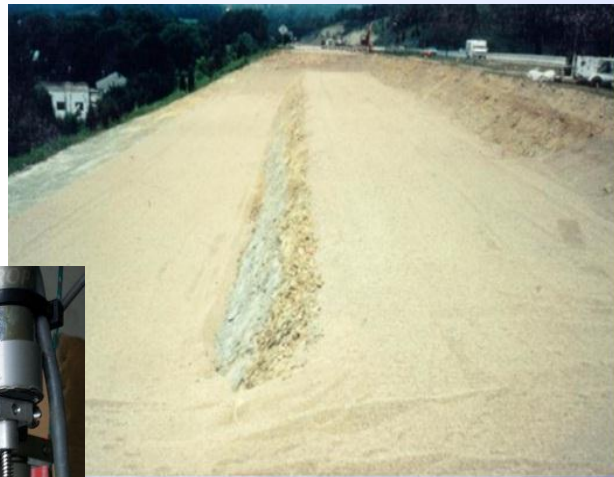
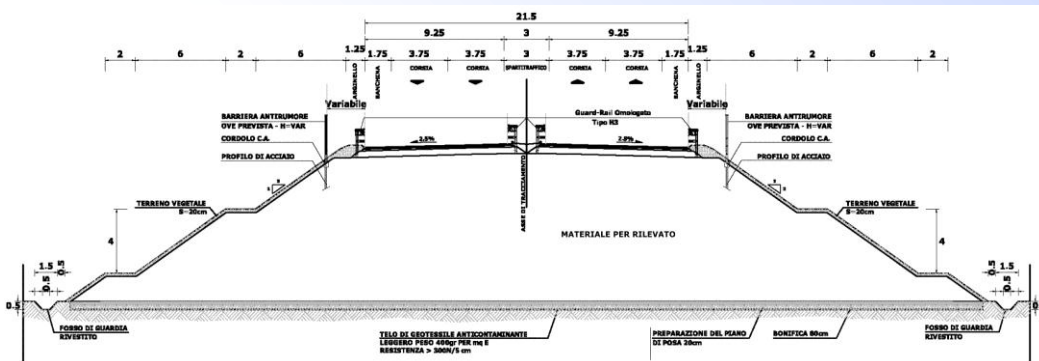
Relatore:
Prof. Ing.
Gianfranco Urciuoli
Co-Relatore:
Ing. Raffaele Papa

Candidato:
Raffaele Natale
Matr. N49/22

Anno accademico 2013/2014



■ OBIETTIVO DELLA TESI: I SUPER GEO MATERIALS NELLA COSTRUZIONE DI UN RILEVATO STRADALE



- Prove di compressione monoassiale
- Prove di compressione triassiale

■ IL SUPER GEO MATERIAL COME EVOLUZIONE DEL CALCESTRUZZO CELLULARE



Calcestruzzo cellulare:

- Cemento Portland;
- Acqua;
- Schiuma;
- Agente Schiumogeno.

+ Inerte

SUPER GEO MATERIAL :

- Cemento Portland
- Acqua;
- Schiuma;
- Agente schiumogeno;
- **TERRA.**



■ CALCESTRUZZO CELLULARE

CON IL TERMINE DI CALCESTRUZZI AERATI O CELLULARI SI INTENDE QUELLA GAMMA DI CALCESTRUZZI NELLA CUI MASSA SONO PRESENTI PICCOLE BOLLE DI ARIA, ESSE CONFERISCONO AL MATERIALE ELEVATA LEGGEREZZA E PRATICITÀ DI IMPIEGO



Il sistema di vuoti all'interno del materiale si realizza aggiungendo alla boiaccia cementizia una schiuma ottenuta mediante un agente schiumogeno preformato

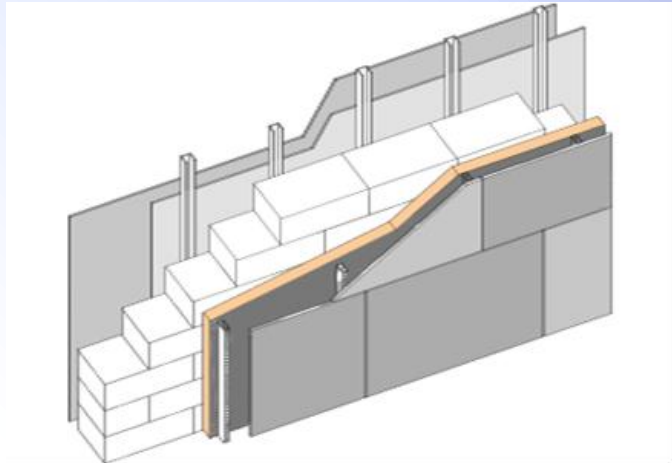
I meccanismi di produzione delle bolle di aria possono essere:

- di tipo chimico, per elementi prefabbricati
- di tipo meccanico nella produzione in sito



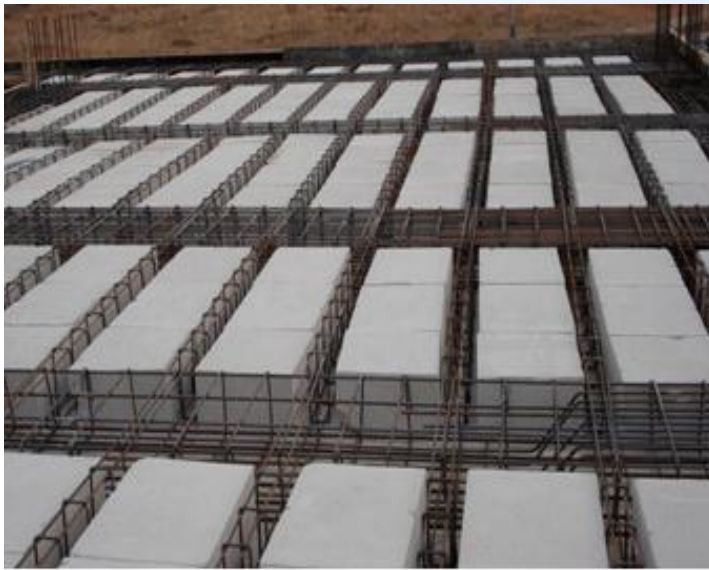
■ CALCESTRUZZO CELLULARE : CARATTERISTICHE

- Densità comprese tra 300 e 1600 kg/m³
- Resistenza a compressione tra 0.7 e 24 MPa
- Resistenza a trazione circa il 10% di quella a compressione
- Conducibilità termiche comprese tra 0.080-0.20 W/(m°C)
- Isolamento acustico di 2-4 dB
- Durabilità
- Permeabilità
- Rispetto ambientale



■ CALCESTRUZZO CELLULARE : APPLICAZIONI

LE APPLICAZIONI DI CALCESTRUZZO CELLULARE SONO AMPIE, DOVUTE ALLE OTTIME CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE DEL MATERIALE



- Realizzazione di
 - Tramezzi
 - Contropareti
 - Divisori
 - Massetti
- Se armato:
 - Coperture
 - Solette intermedie

- Riempimento dell'intercapedin e tra le condotte interrato ed il terreno



■ SUPER GEO MATERIAL

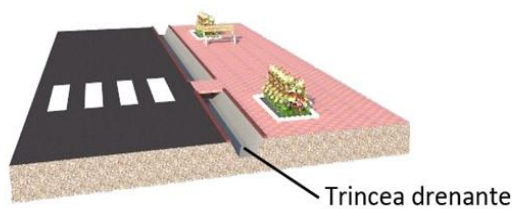
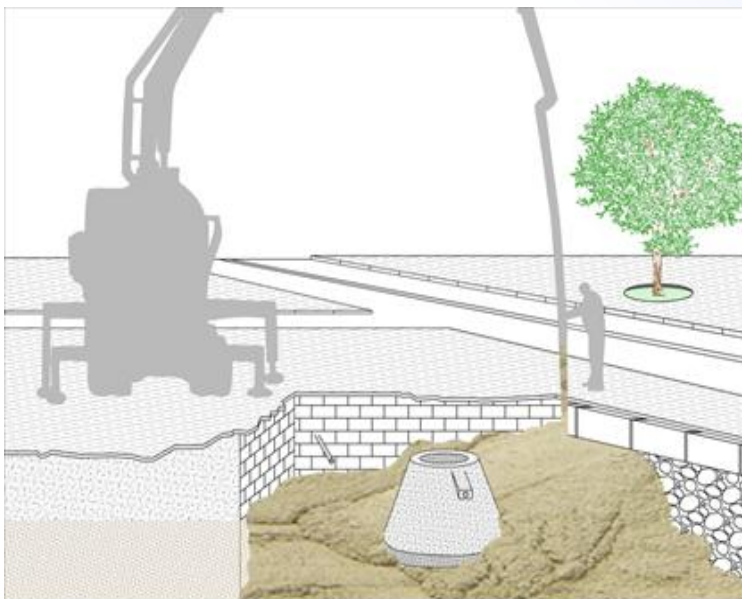
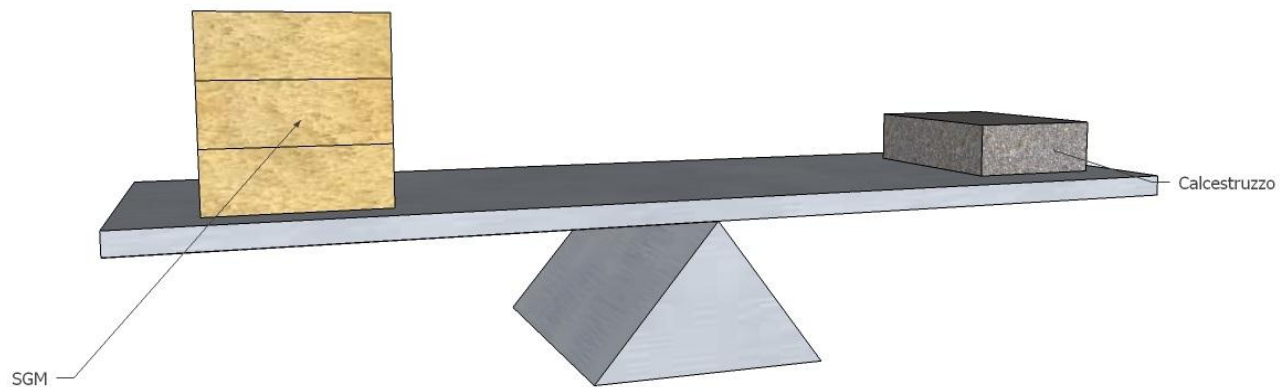
- ▶ I SUPER GEO MATERIALS, MATERIALI GEOTECNICI, FORMATI PREVALENTEMENTE DA ARGILLE E LIMI, PRESENTI IN SITO, E DA CALCESTRUZZO MISTO AD UN AGENTE SCHIUMOGENO

- Le bolle di aria all'interno della matrice di SGM conferiscono al materiale elevata porosità e duttilità



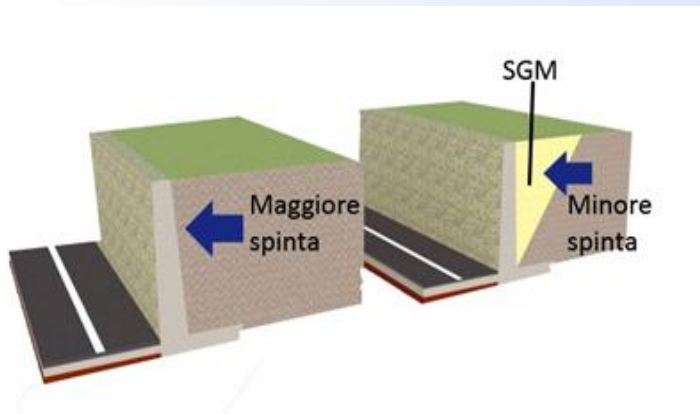
- Possibile produzione di SGM in sito tramite macchinari realizzati ad hoc

■ SUPER GEO MATERIAL : CARATTERISTICHE

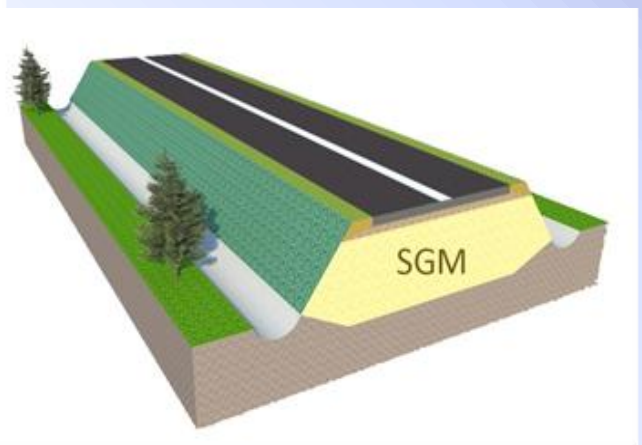


- Densità comprese tra 500 e 1700 kg/m³
- Resistenza a compressione tra 0.7 e 15 MPa
- Elevata duttilità
- Isolamento acustico di 2-4 dB
- Durabilità
- Permeabilità

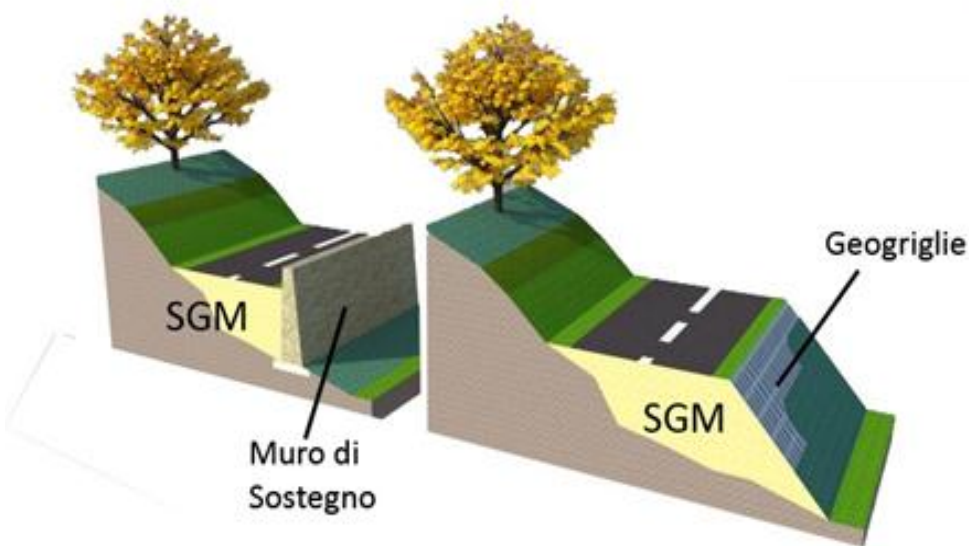
■ SUPER GEO MATERIAL : APPLICAZIONI



- Rinterro alle spalle del muro di sostegno

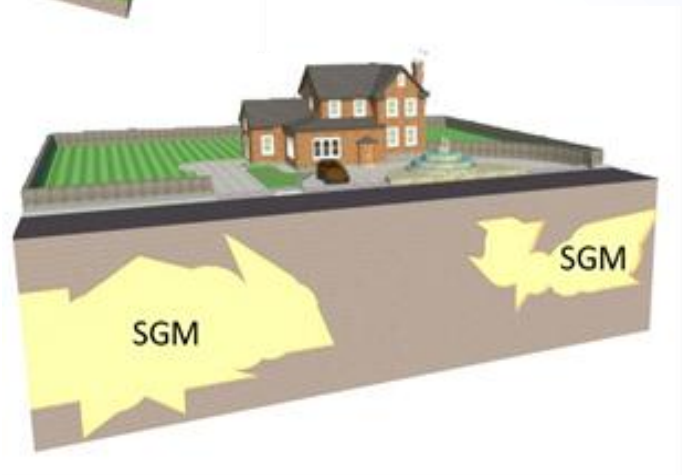


- Rilevati stradali

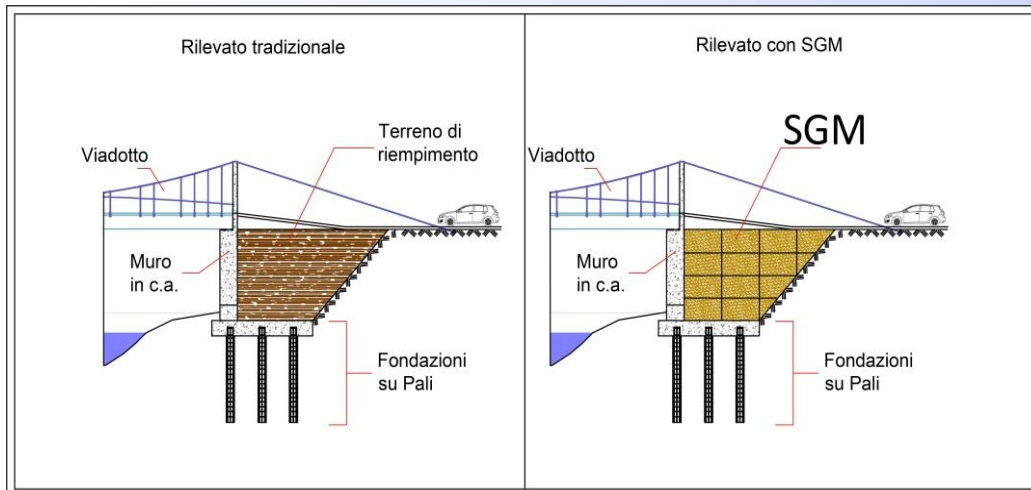


- Alleggeriment o corpi stradali con riduzione dei carichi su pendii

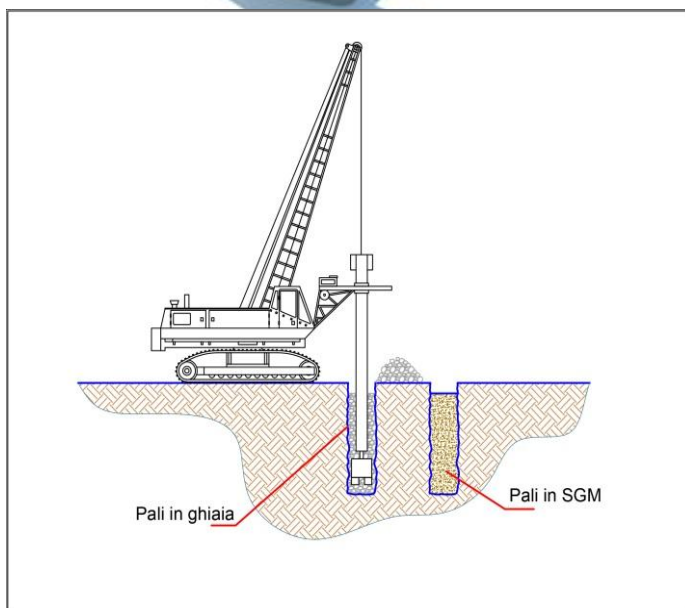
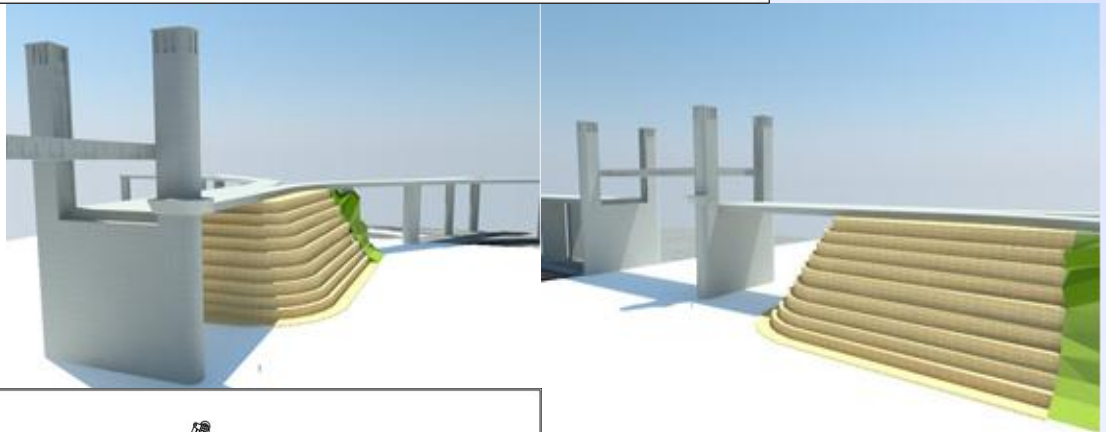
- Riempimento di grotte e cavità sotterranee



■ SUPER GEO MATERIAL : APPLICAZIONI



- Riduzione carico su fondazione e muro di sostegno



- Sostituzione dei pali in ghiaia con pali in SGM

■ PREPARAZIONE DEI PROVINI

I PROVINI IN CALCESTRUZZO SONO STATI PREPARATI PRESSO LA BUNKER TEK.SP.ED SRL SITA IN CASANDRINO (NA), UNA IMPRESA CHE PRODUCE MACCHINE PER L'EDILIZIA TRA CUI POMPE E MACCHINE MISCELATRICI PER MALTE, INTONACI E CEMENTO.

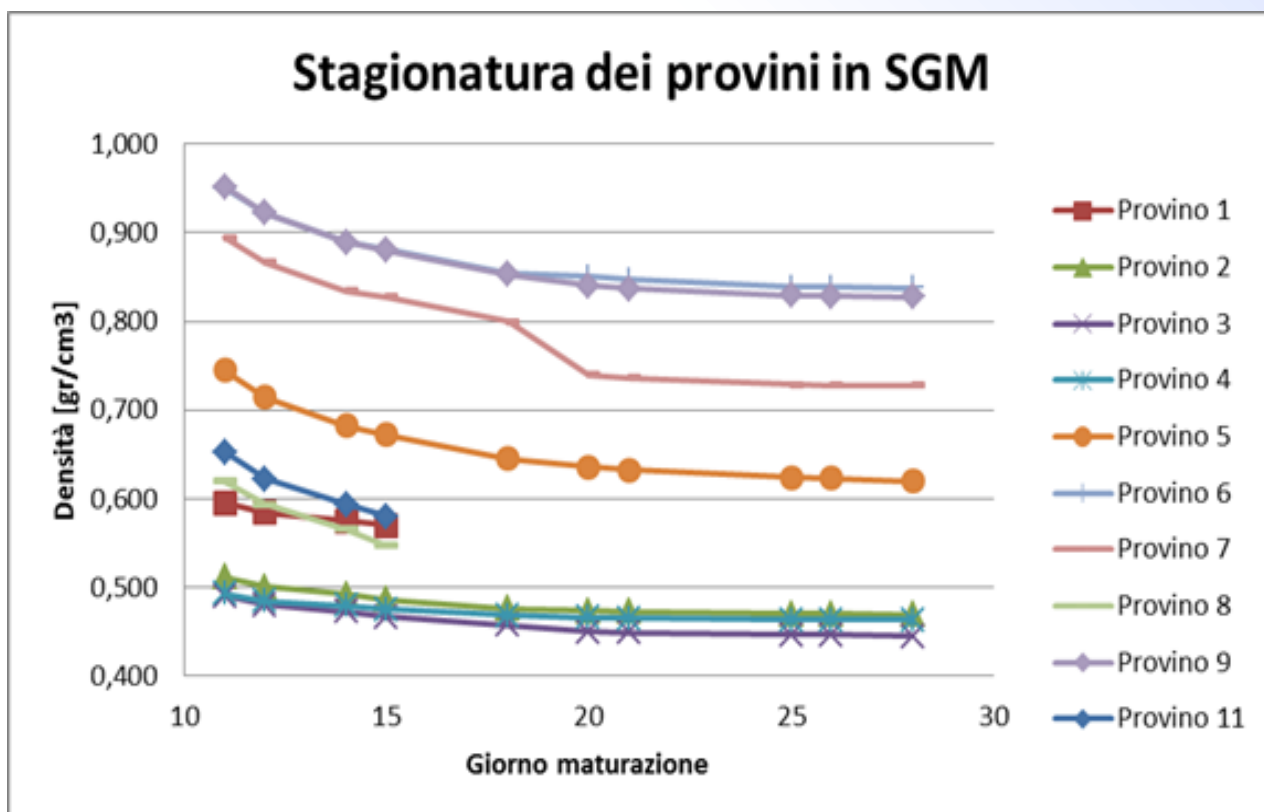


MIX DESIGN

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

CATALOGAZIONE PROVINI

SONO STATI REALIZZATI 11 PROVINI CILINDRICI.
SUCCESSIVAMENTE PORTATI IN LABORATORIO E
CATALOGATI



■ ANALISI GRANULOMETRICA

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

Φ = Diametro
delle
particelle



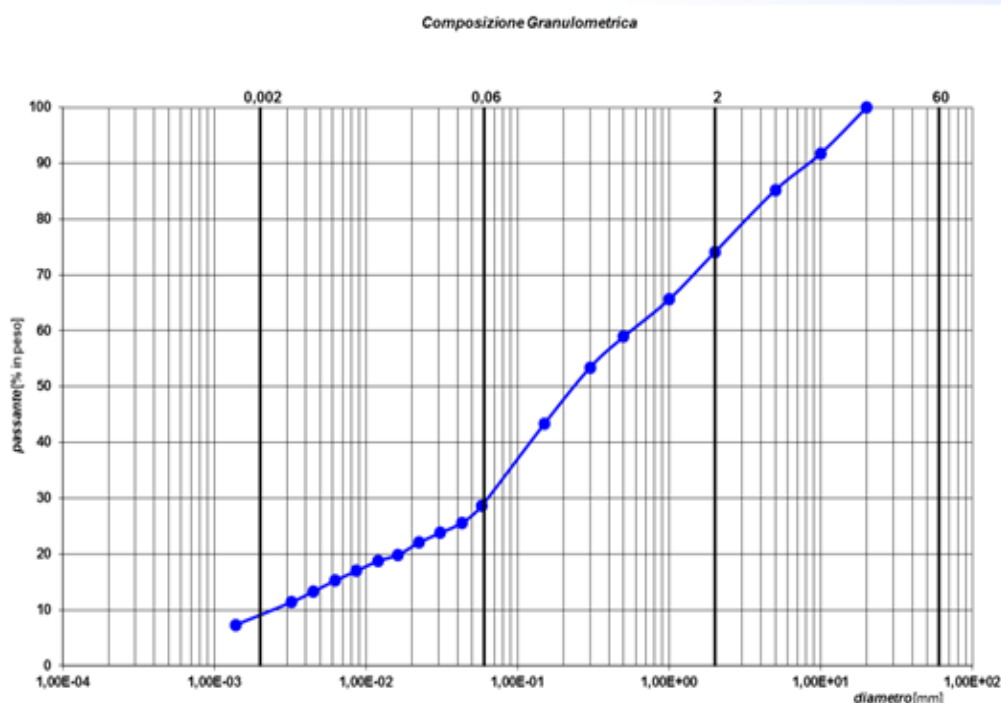
**E' STATA CONDOTTA UN'ANALISI GRANULOMETRICA SUL
TERRENO USATO COME INERTE PER LA REALIZZAZIONE
DEL SUPER GEO MATERIAL**

RISULTATI ANALISI GRANULOMETRICA

Stacciatura (prima della sedimentazione)		
Peso [gr]	Diametri [mm]	Trattenuto [gr]
1686,39	20,00	0,00
	10,00	138,61
	5,00	111,34
	2,00	186,73
	1,00	142,75
	0,50	113,28

Stacciatura (dopo la sedimentazione)		
Peso [gr]	Diametri [mm]	Trattenuto [gr]
78,67	0,300	7,35
	0,150	13,42

Sedimentazione			
Peso [gr]	Tempo [min]	Temperatura [°C]	Letture areometro
78,67	0,5	18,00	1,03400
	1	18,00	1,03050
	2	18,00	1,02850
	4	18,00	1,02650
	8	18,00	1,02400
	15	18,00	1,02275
	30	18,00	1,02075
	60	18,00	1,01875
	120	18,25	1,01650
	240	18,75	1,01425
	1440	18,00	1,00975



- Il terreno assume la seguente denominazione specifica : sabbia con ghiaia, limosa

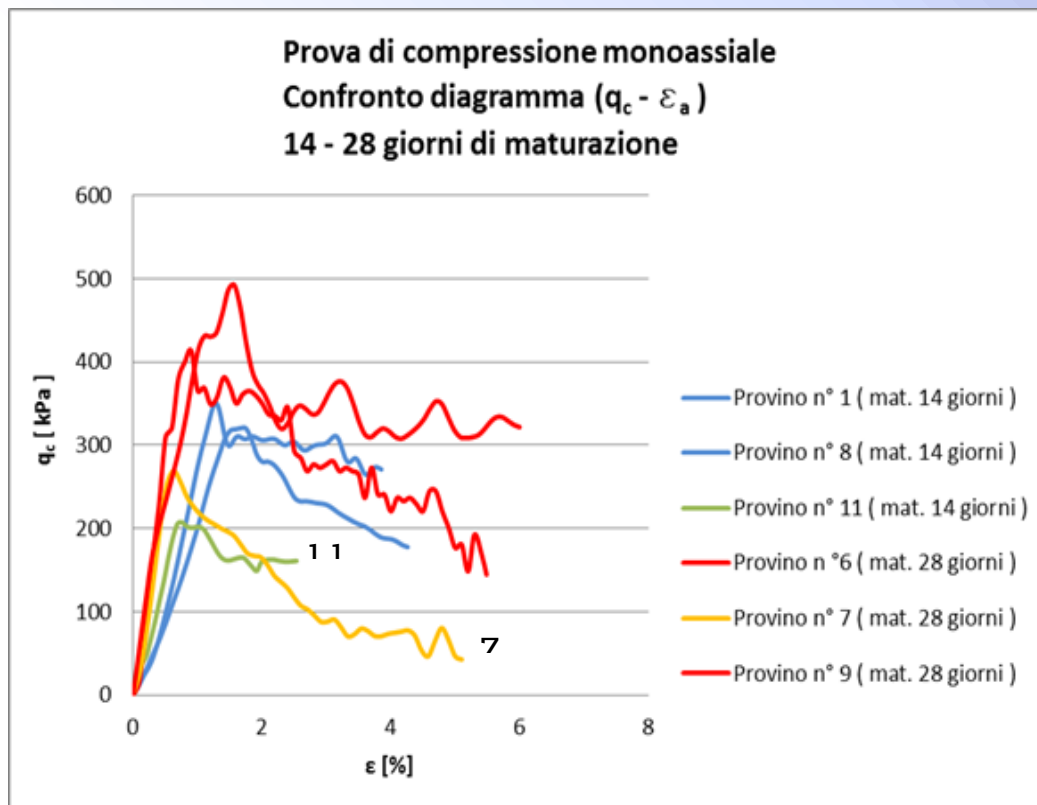
■ PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE



- Lo scopo delle prove a compressione uniassiale è di valutare la resistenza a compressione q_c dei provini di SGM, in funzione del grado di maturazione di quest'ultimi. I risultati ottenuti sono stati diagrammati nel piano ($\sigma - \epsilon$)



RISULTATI PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE



DA 14 A 28
GIORNI DI
MATURAZIONE

+ 38,8% Q_c ↑

- Nel Provino n°11 (14 giorni di mat.) e nel n° 7 (28 giorni di mat.) si nota come la resistenza q_c è inferiore rispetto agli altri provini. Si hanno valori di q_c che variano da 200 kPa a 250 kPa. La causa è pertanto da attribuire alle microlesioni che i provini hanno riportato in seguito all'operazione di taglio.

■ RISULTATI PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE

Prova compressione monoassiale Campione 3						
Tempo di maturazione 14 giorni (27/03/2014)						
		Volume [cm ³]	Peso [gr]	Densità [gr/cm ³]	Velocità di rottura [mm/s]	Carico di rottura q _c [kPa]
Provino Cilindrico n° 1	Diametro [cm]	1373,379	782,200	0,570	0,008	350,0
	H [cm]					
Provino Cilindrico n° 8	Diametro [cm]	1493,682	816,500	0,547	0,008	320,0
	H [cm]					
Provino Cilindrico n° 11	Diametro [cm]	1439,367	884,600	0,615	0,008	207,8
	H [cm]					
Tempo di maturazione 28 giorni (11/04/2014)						
Provino Cilindrico n° 6	Diametro [cm]	1579,871	1156,900	0,732	0,008	413,3
	H [cm]					
Provino Cilindrico n° 7	Diametro [cm]	1598,838	1163,600	0,728	0,008	269,2
	H [cm]					
Provino Cilindrico n° 9	Diametro [cm]	1562,665	1136,200	0,727	0,008	486,4
	H [cm]					

□ sunto delle prove a compressione monoassiale

■ PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

□ Lo scopo della prova di compressione triassiale CIU è valutare la resistenza a compressione di un provino cilindrico, al variare della tensione di confinamento p' . Il provino è precedentemente consolidato isotropicamente attraverso l'inserimento di acqua pressurizzata all'interno della cella triassiale, e poi portato a rottura in condizioni di drenaggio impedito



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

RISULTATI PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE

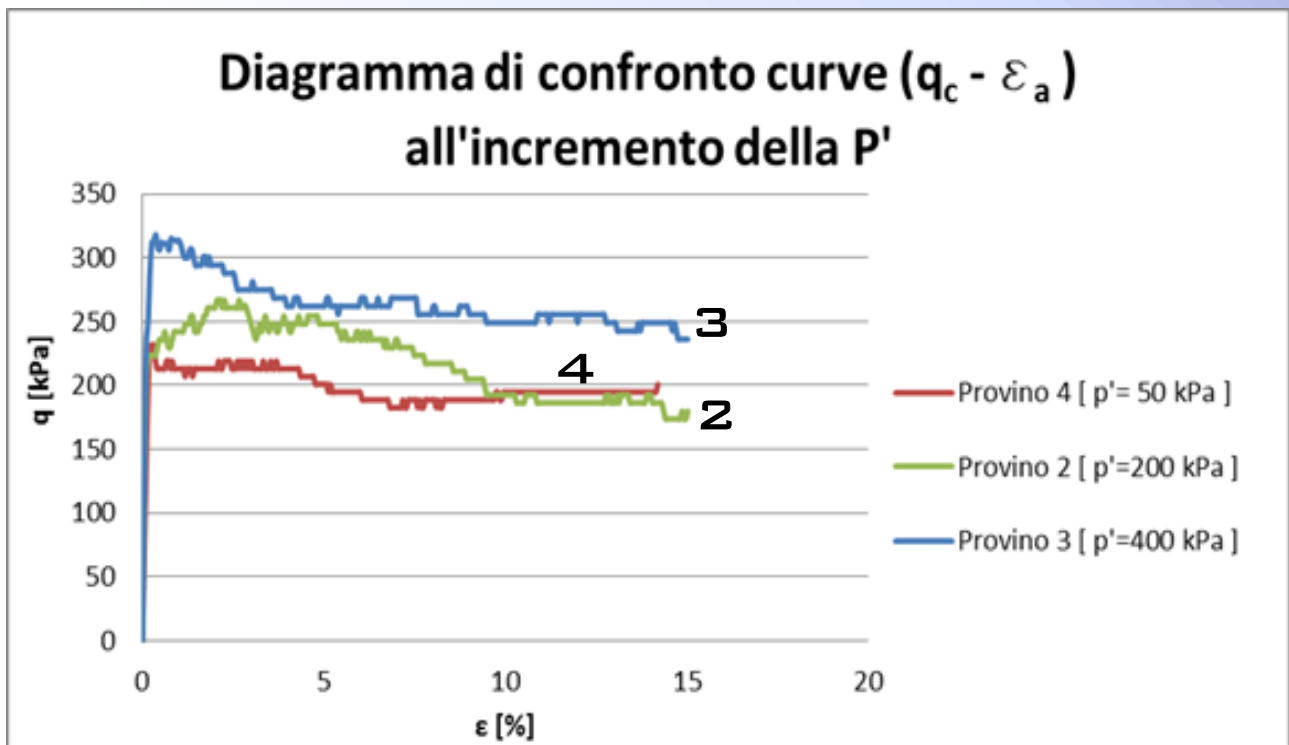
SUNTO DELLE PROVE A COMPRESSIONE TRIASSIALI

Prova compressione Triassiale Campione 3 Provino n°4									
Tempo di maturazione: 28 giorni									
Diametro [cm]	10,3	Volume	Peso 17/04/2014	Densità	Velocità di rottura	q _c	σ _c	bp	σ ² _c
H [cm]	19,5	cm ³	gr	gr/cm ³	mm/s	kPa	kPa	kPa	kPa
Area [cm ²]	83,281	1624,0	752,8	0,464	0,008	230	250	200	50

Prova compressione Triassiale Campione 3 Provino n°2									
Tempo di maturazione: 28 giorni									
Diametro [cm]	10,2	Volume	Peso 17/04/2014	Densità	Velocità di rottura	q _c	σ _c	bp	σ ² _c
H [cm]	19,5	cm ³	gr	gr/cm ³	mm/s	kPa	kPa	kPa	kPa
Area [cm ²]	81,671	1592,6	747,0	0,469	0,008	267	400	200	200

Prova compressione Triassiale Campione 3 Provino n°3									
Tempo di maturazione: 28 giorni									
Diametro [cm]	10,0	Volume	Peso 17/04/2014	Densità	Velocità di rottura	q _c	σ _c	bp	σ ² _c
H [cm]	19,1	cm ³	gr	gr/cm ³	mm/s	kPa	kPa	kPa	kPa
Area [cm ²]	78,50	1499,4	715,4	0,477	0,008	312	600	200	400

■ RISULTATI PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



DA $P' = 50$ [KPA]
A $P' = 200$ [KPA]

+ 16,1% Q_c



DA $P' = 200$ [KPA]
A $P' = 400$ [KPA]

+ 16,8% Q_c



■ CONCLUSIONI

- ▶ ALLA LUCE DEI RISULTATI OTTENUTI DALLA SPERIMENTAZIONE, SI EVINCE CHE I DIAGRAMMI TENSIONE – DEFORMAZIONE DEI PROVINI DI SGM RISPECCHIANO L'ANDAMENTO DELLE CURVE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLE ROCCE TENERE (TUFI TENERI). SI CONFERMA QUINDI L'UTILIZZO DI MATERIALI DI SCAVO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE GEOTECNICHE IN GENERALE E SOPRATTUTTO PER LA REALIZZAZIONE DI RILEVATI ALLEGGERITI DOVE L'IMPIEGO DEL SGM OFFRE UNA VALIDA SOLUZIONE. CON TALE MATERIALE, DALL'ELEVATA RESISTENZA E DUTTILITÀ E BASSA DENSITÀ, È POSSIBILE SOPPERIRE AI PROBLEMI LEGATI ALLA PROGETTAZIONE ED ALLA MESSA IN OPERA DELL'INFRASTRUTTURA, RISOLVENDO I PROBLEMI DI CONSOLIDAZIONE SU TERRENI COMPRESSIBILI SATURI. TALE TECNOLOGIA PUÒ ESSERE UTILIZZATA, CON ALTRE TIPOLOGIE DI MATERIALE, PER RIEMPIMENTI E RINTERRI A DENSITÀ CONTROLLATA, RIPRISTINO DI FONDAZIONI, RIEMPIMENTI ATTI A DIMINUIRE LE SPINTE LATERALI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI E TRINGEE DRENANTI.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

RAFFAELE NATALE

