

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

STUDIO DI LABORATORIO DELLA MISCELA TERRA CALCE

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

INTERAZIONE CALCE TERRENO

L'aggiunta di calce in un terreno argilloso provoca:

- 1) la sostituzione degli ioni Na^{2+} , K^{+} , H^{+} con ioni Ca^{2+} (scambio ionico);
- 2) innalzamento del pH che produce la solubilizzazione della silice presente nei minerali argillosi e la sua disponibilità a reagire con gli ioni calcio formando silicoalluminati idrati di calcio stabili dotati di forte potere legante (reazione pozzolanica).

La quantità di silico-alluminati prodotti dipende dalla reattività del terreno ed è proporzionale sia alla quantità di calce aggiunta sia al tempo di maturazione.

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

EFFETTI DELLA STABILIZZAZIONE A CALCE

L'AGGIUNTA DI CALCE NEL TERRENO PRODUCE:

- la flocculazione e l'agglomerazione delle particelle argillose ($< 2.0 \mu\text{m}$) modificandone sostanzialmente la distribuzione granulometrica.
- un aumento del campo nel quale il terreno presenta un comportamento solido; (“inertizzazione del terreno”).
- un aumento del contenuto in acqua ottimale, in una diminuzione del peso di volume del terreno secco
- un incremento della resistenza CBR e una diminuzione dell'indice di rigonfiamento.
- cambiamenti nella curva sforzo-deformazione, incrementi sensibili di resistenza al taglio e una riduzione della deformazione a rottura (aumento del modulo di deformazione)

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

CRITERI DI ACCETTABILITA' TENNENO NATURALE

- Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce, deve essere di tipo limo-argilloso e deve avere un indice di plasticità superiore a 10 (tipo A6 ed A7 CNR UNI 10006).
- Posso essere stabilizzate anche terreni giaioso-argillosi purchè presentino una frazione passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore a 35% (fig. 1).
- Non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.
- Non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

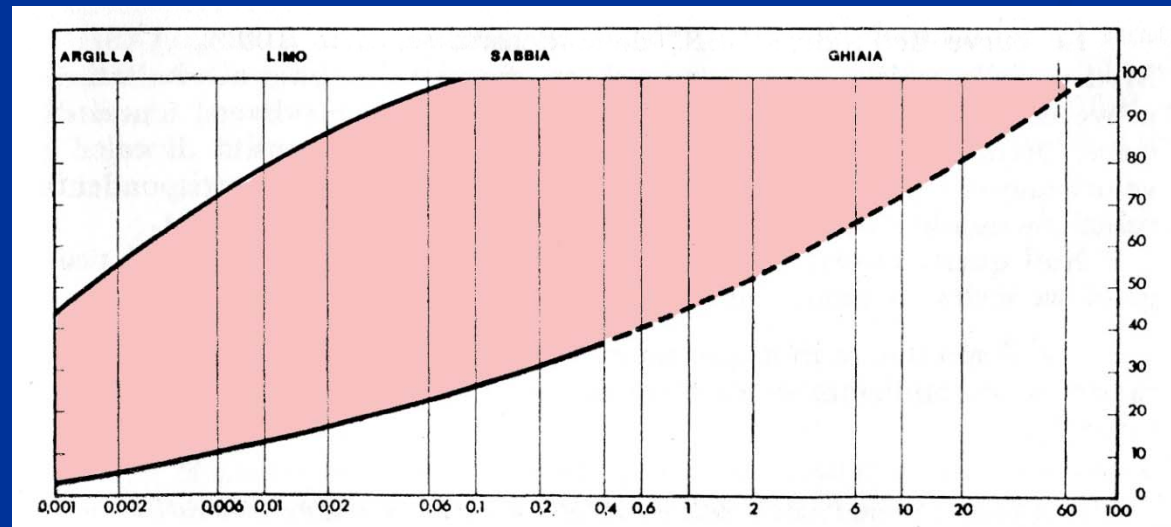


Fig.1

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

FASI PROGETTUALI

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. DEFINIZIONE E STUDIO DELLA RICETTA OTTIMALE
5. PROVE DI CONTROLLO

Lo studio verrà eseguito su 5 campioni alle seguenti percentuali di calce

Contenuto in Calce	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%	4.00%	5.00%	Tot Campioni
N° Campioni	5	5	5	5	5	5	30

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. DEFINIZIONE E STUDIO DELLA RICETTA OTTIMALE
5. PROVE DI CONTROLLO

FASI PROGETTUALI

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE

- Analisi granulometrica
- Contenuto naturale d'acqua
- Determinazione del peso specifico dei grani
- Contenuto di sostanze organiche
- Contenuto in soffi
- Determinazione dei limiti di Atterberg ed indice di plasticità
- Classificazione CNR UNI 10006
- Determinazione del contenuto ottimale di acqua
- Determinazione del indice CBR
- Determinazione della resistenza a compressione (ELL)
- Determinazione della resistenza a taglio (Talio diretto CD)
- Determinazione delle resistenza a taglio non drenata (CIU)
- Determinazione dei parametri di defotmazione (IL)
- Determinazione del rigonfiamento e della pressione di rigonfiamento

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. DEFINIZIONE E STUDIO DELLA RICETTA OTTIMALE
5. PROVE DI CONTROLLO

FASI PROGETTUALI

2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA

- Analisi granulometrica
- Determinazione del contenuto ottimale di acqua
- Determinazione dei limiti di Atterberg ed indice di plasticità
- Determinazione del indice CBR
- Determinazione della resistenza a compressione (ELL)
- Determinazione della resistenza a taglio (Taglio diretto CD)
- Determinazione delle resistenza a taglio non drenata (CIU)
- Determinazione dei parametri di deformazione (IL)
- Determinazione del rigonfiamento e della pressione di rigonfiamento

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. DEFINIZIONE E STUDIO RICETTA OTTIMALE
5. PROVE DI CONTROLLO

FASI PROGETTUALI

3. VARIABILITA' DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE NEL TEMPO

Contenuto in Calce	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%	4.00%	5.00%
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tipologia prove	Giorni stagionatura									
	0	1	2	3	4	5	6	7	11	28
Proctor Modificata	X									
Limiti di Atterberg	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Analisi granulometrica	X	X	X	X	X	X	X	X		X
CBR a 7 gg	X							X		
CBR a 7 gg e 4 di imbibizione e misura del rigonfiamento									X	
ELL (w naturale ed ottimale)	X							X		X
Talio diretto CD (w naturale ed ottimale)	X							X		X
Triassiale CIU (w naturale ed ottimale)	X							X		X
Porva Edometrica II. (w naturale ed ottimale)	X							X		X
Prova di rigonfiamento in edometro (w naturale ed ottimale)	X							X		X

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA **FASI PROGETTUALI**
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. **DEFINIZIONE E STUDIO RICETTA OTTIMALE**
5. PROVE DI CONTROLLO

4. DEFINIZIONE DELLA RICETTA OTTIMALE

Definite le caratteristiche fisico meccaniche del terreno stabilizzato ai vari contenuti di calce ed acqua, e definito la loro variabilità nel tempo si può desumere la ricetta ottimale della miscela terreno-calce-acqua

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

1. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO TAL QUALE
2. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO A DIVERSO CONTENUTO DI CALCE E ACQUA
3. VARIABILITA' NEL TEMPO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO STABILIZZATO A CALCE
4. DEFINIZIONE E STUDIO RICETTA OTTIMALE
5. PROVE DI CONTROLLO

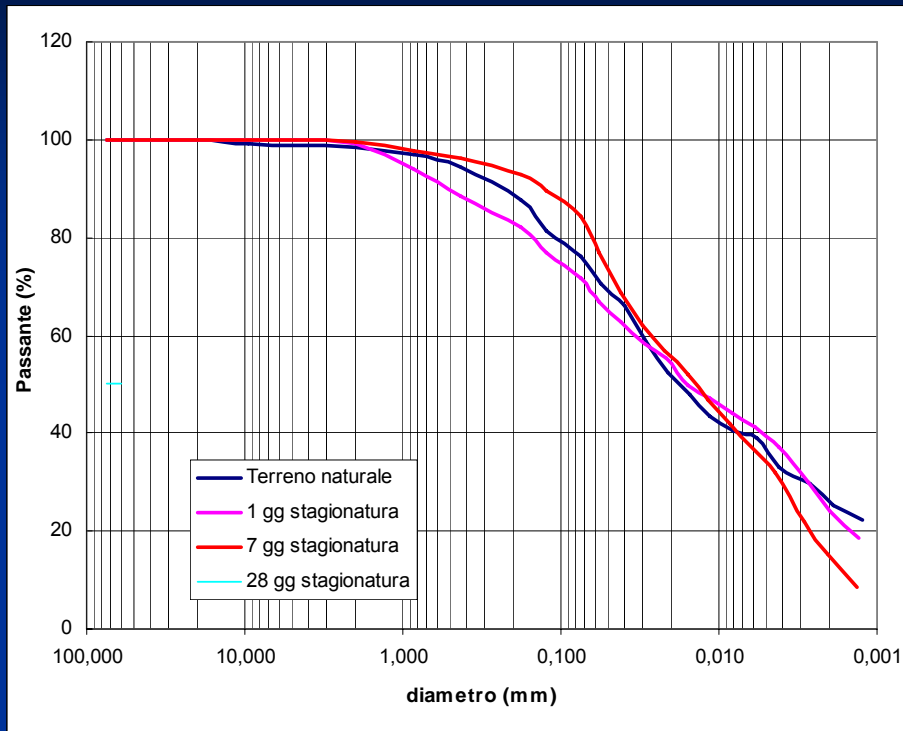
FASI PROGETTUALI

5. PROVE DI CONTROLLO

Si possono effettuare prove in corso d'opre quali:

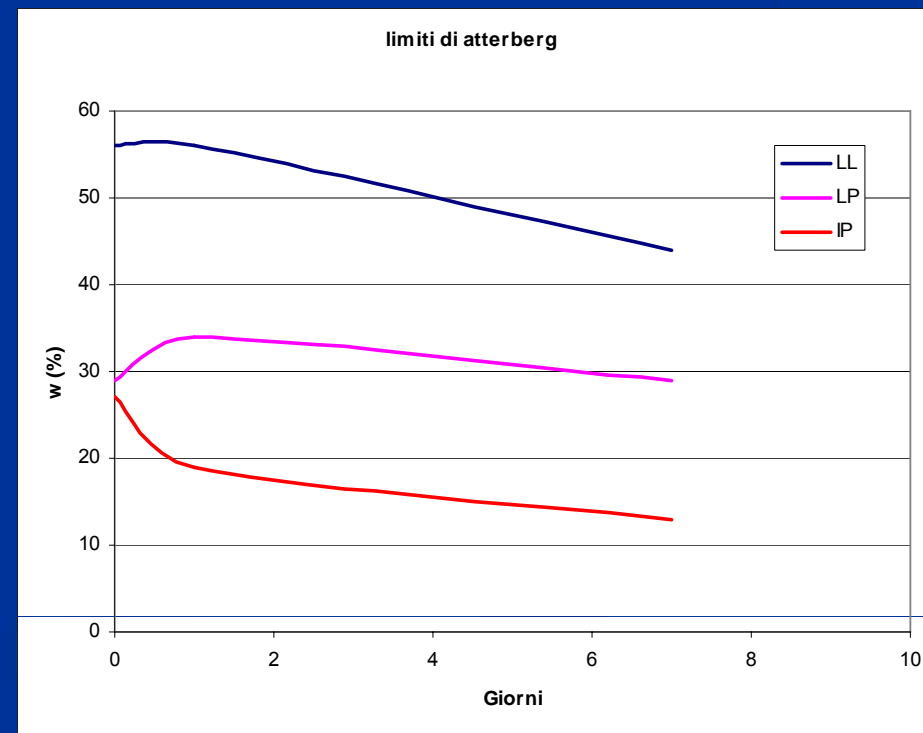
- Densità in sito
- Prova di carico su piastra

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

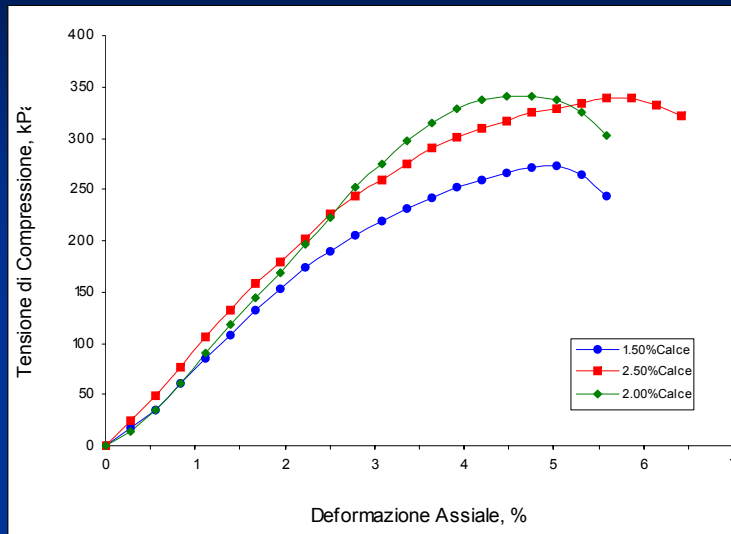


Variation of the granulometry in function of the curing days

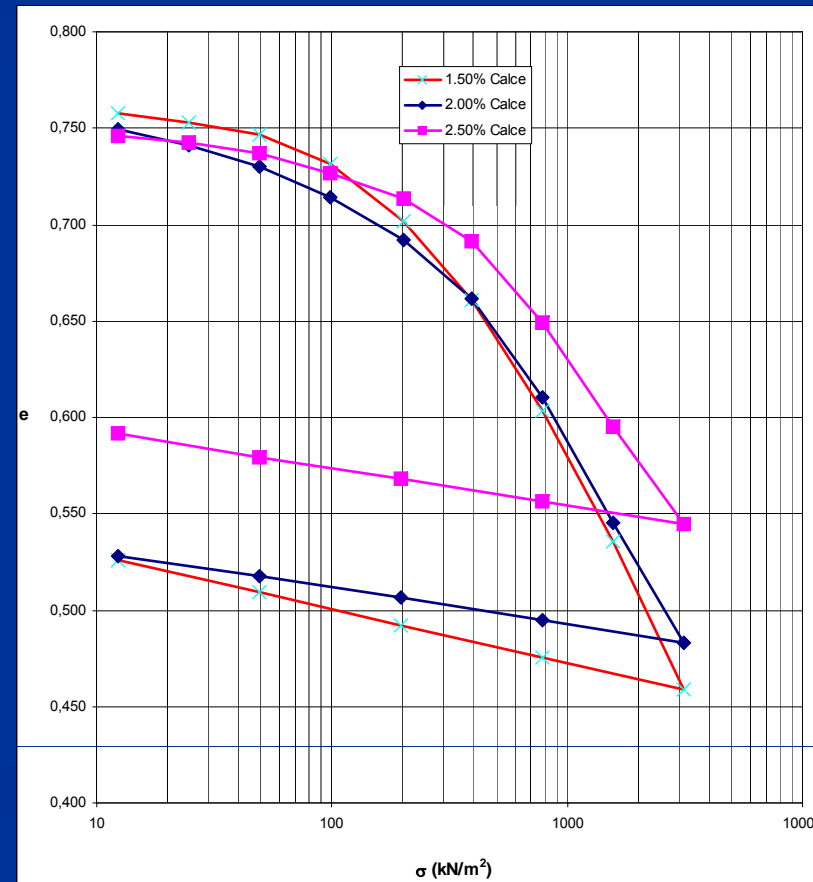
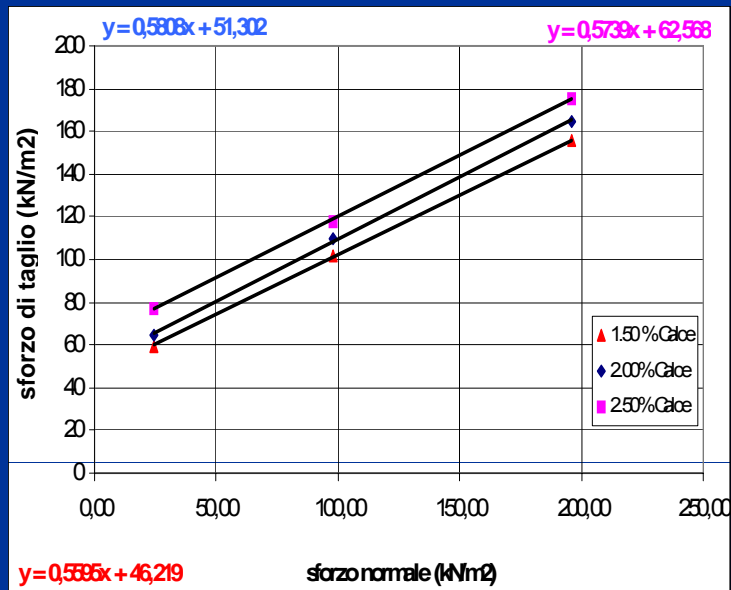
Variation of the Atterberg limits in function of the curing days



STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

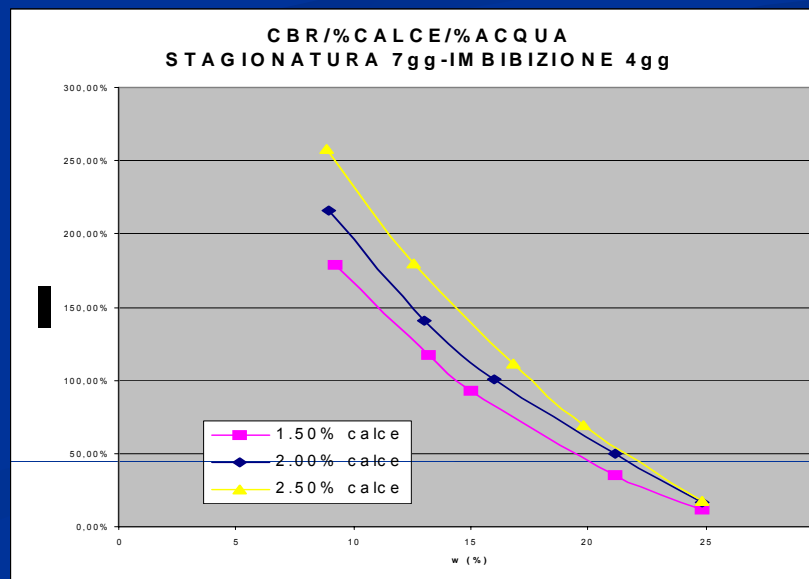
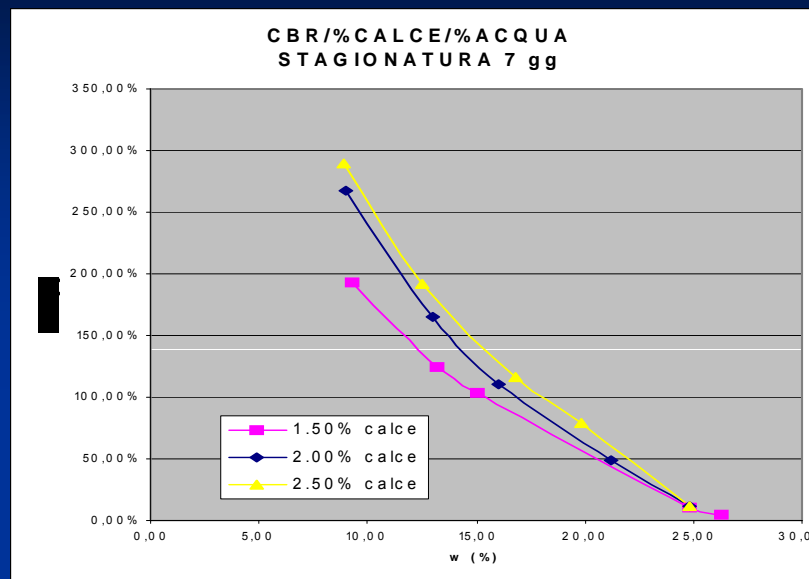
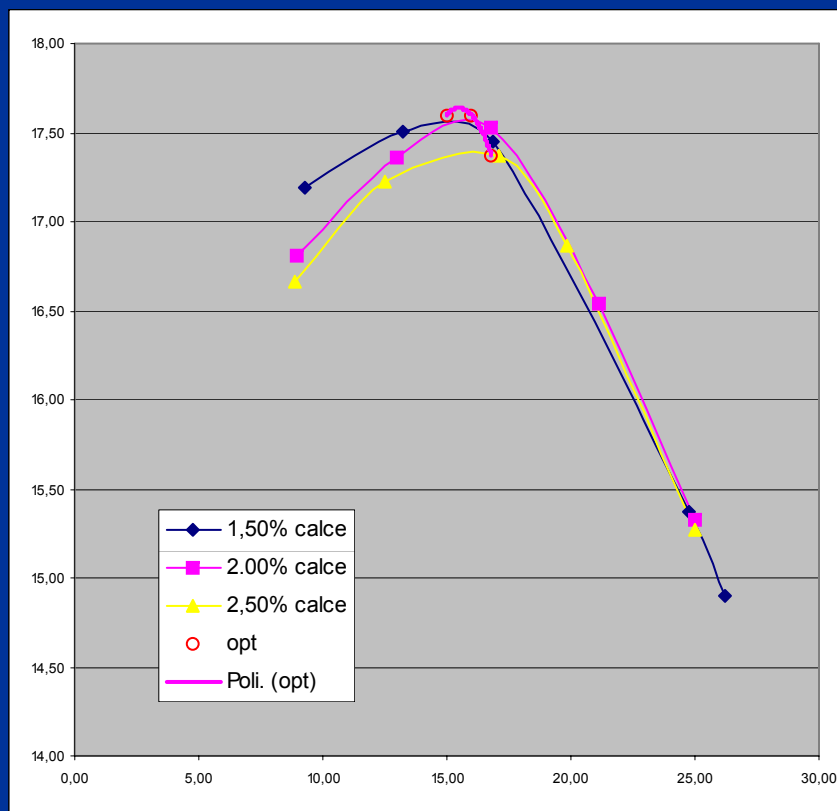


Variation of mechanical characteristics as a function of the % of Lime



STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

Variation of the optimal water content and the CBR index as a function of the % of Lime



STABILIZZAZIONE DELLE TERRE A CALCE

POSSIBILI SVILUPPI NELLO STUDIO DEI STABILIZZATI A CALCE

L'impiego pluriennale nell'ambito delle terre stabilizzate a calce, ha permesso di definire una metodologia progettuale ed una tecnica esecutiva basate sul controllo empirico delle prestazioni meccaniche delle miscele. Le procedure sono basate su prove empiriche quali la prova CBR e la prova di compressione ad espansione laterale libera.

In Italia la norma C.N.R. n° 36/73 prevede come prova di accettazione solamente la CBR ed è richiesta anche la prova ELL se la stabilizzazione è eseguita su terre reattive.

Le due prove, con una misura convenzionale della resistenza meccanica, permettono di valutare il comportamento in esercizio delle miscele: ovviamente il metodo non considera l'effetto dinamico dei carichi che impegnano l'infrastruttura viaria.

In analogia con quanto attualmente viene fatto con i materiali utilizzati nelle pavimentazioni flessibili sarebbe opportuno eseguire il mix design delle miscele terracalce con uno studio sul comportamento del materiale sotto l'azione di carichi dinamici, in modo da scegliere la percentuale di legante anche in funzione delle condizioni previste in esercizio e non solo in base al criterio della minima spesa.

Si propone una metodologia di prova per l'accettazione delle miscele basata sul comportamento deformativo delle miscele stesse sotto l'azione di carichi dinamici.

Il protocollo si basa su una prova di creep dinamico, in grado di valutare il comportamento deformativo ed in particolare la tendenza all'accumulo delle deformazioni permanenti delle miscele terra-calce (**A. Montepara & G. Tebaldi**, *Una nuova metodologia di prova per l'impiego di terre stabilizzate nel corpo stradale -2000*; **G. Cerni**, *Deformabilità delle miscele terra-1997*)

Si propone inoltre lo studio della propagazione degli ultrasuoni nelle terre miscelate con calce al fine di determinare delle leggi empiriche che correlano la misura non distruttiva della velocità, che può essere effettuata più volte sullo stesso campione, con le caratteristiche delle terre stabilizzate con calce. Tale risultato risulta fondamentale perché i tempi di reazione della calce con l'argilla, dai quali dipendono le stesse caratteristiche meccaniche del terreno trattato, non sono noti a priori in quanto fortemente dipendenti dai diversi minerali argillosi presenti nel terreno.

Ben più utile e di carattere pratico sarebbe il risultato ottenuto correlando i valori di velocità con i parametri meccanici a rottura dei provini. In particolare sono state trovate relazioni non lineari, analoghe a quella dei calcestruzzi, capaci di fornire i valori di resistenza e di modulo, noti i valori di velocità, tenendo conto anche del contenuto in acqua (**G. Cerni**, *Stabilizzazione dei terreni con calce: studio delle proprietà e delle prestazioni mediante l'impiego degli ultrasuoni-2001*)