

Stabilizzazione delle terre con calce

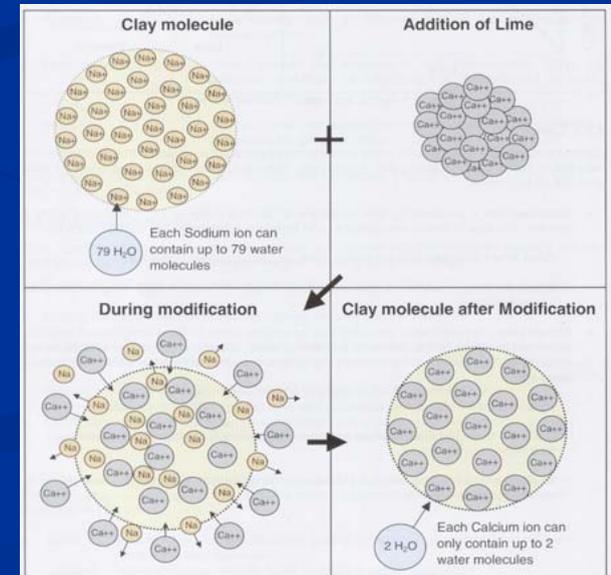
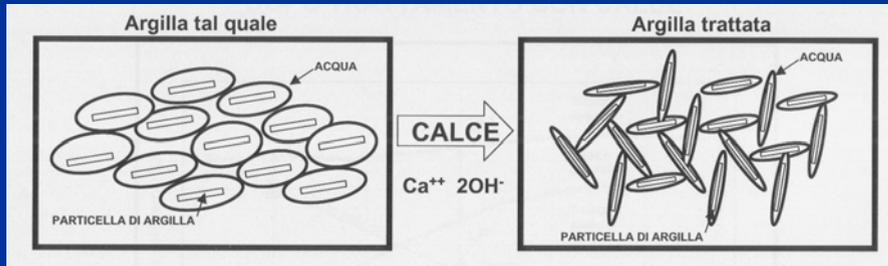
Studio di laboratorio della miscela terra-calce

Dr. Ugo-Sergio Orazi
Laboratorio Geomeccanico – Pesaro

Ferrara, 5 Maggio 2006

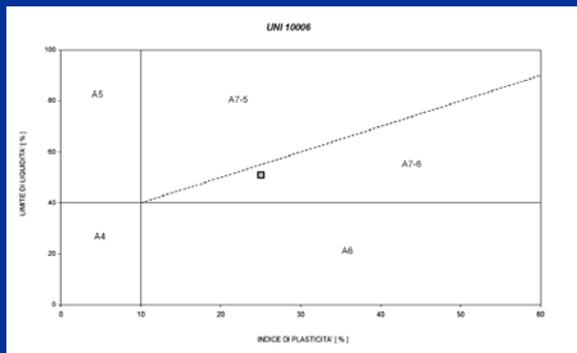
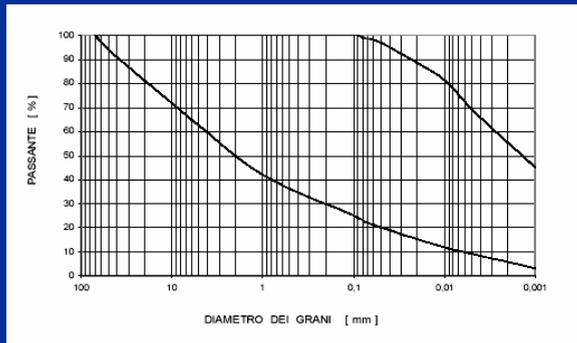
Introduzione

- 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 silico-alluminati 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.
- La variazione delle caratteristiche descritte in seguito saranno influenzate sia dalla quantità di calce che dal tempo di maturazione della miscela.



Limiti di accettabilità del materiale

- Un terreno stabilizzabile a calce deve appartenere al gruppo A6 o A7 della classificazione UNI 10006, al sottogruppo A2-6 o A2-7 se il passante al setaccio con apertura 0.42 mm è maggiore del 35%, oppure al gruppo A5 purché abbia un $I_p > 8\%$.



GRUPPO	TERRE A GRANA GROSSOLANA Passante al setaccio 0,075 < del 35 %						TERRE A GRANA FINA Pass. 0,075 > 35 %				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7
SOTTOGRUPPO	A1-a	A1-b	*	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				

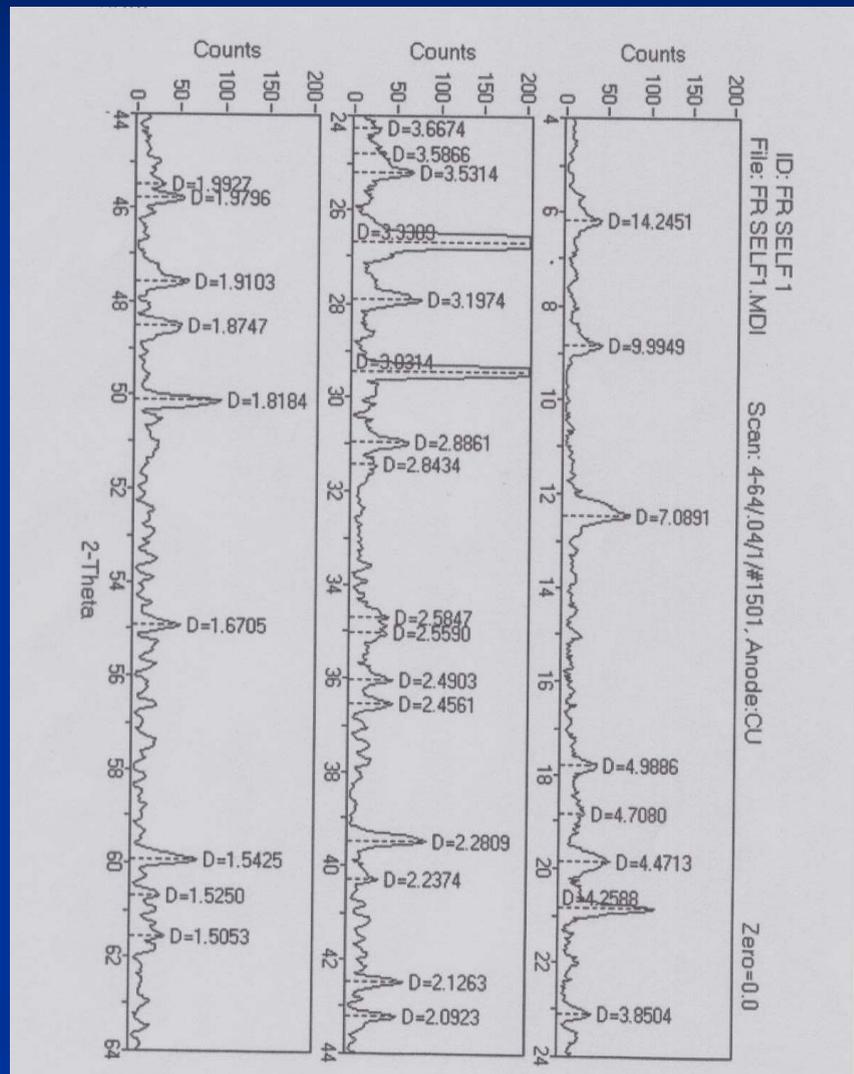
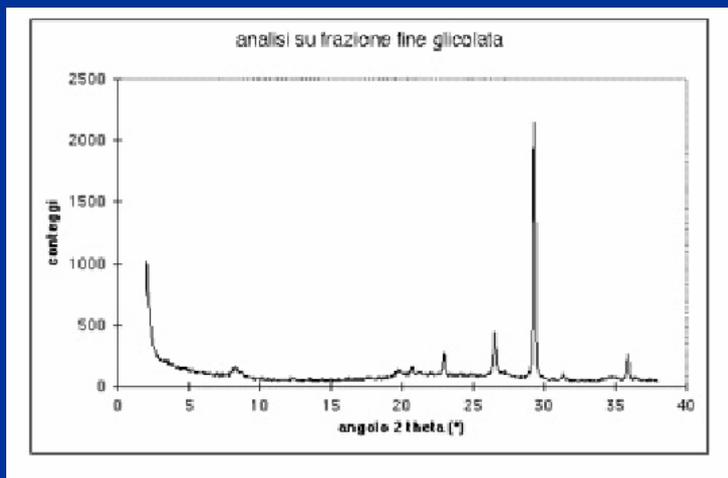
GRANULOMETRIA					[*]		[*]					
< 2,00 mm	< 50											
< 0,42 mm	< 30	< 50	> 50			> 35 %						
< 0,075 mm	< 15	< 25	< 10	< 35	< 35	< 35	< 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35

LIMITI DI ATTERBERG												
Limite di liquidità			< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40
Indice di plasticità	< 6	N.P.	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	> 10

INDICE DI GRUPPO	0	0	0	< 4	< 8	< 12	< 16	< 20
------------------	---	---	---	-----	-----	------	------	------

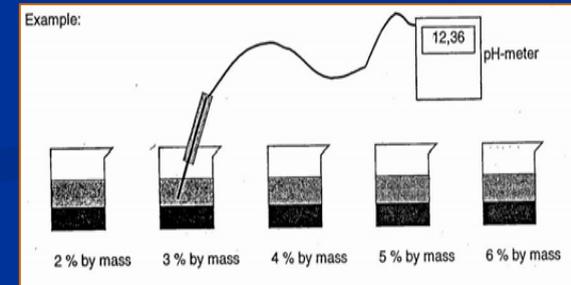
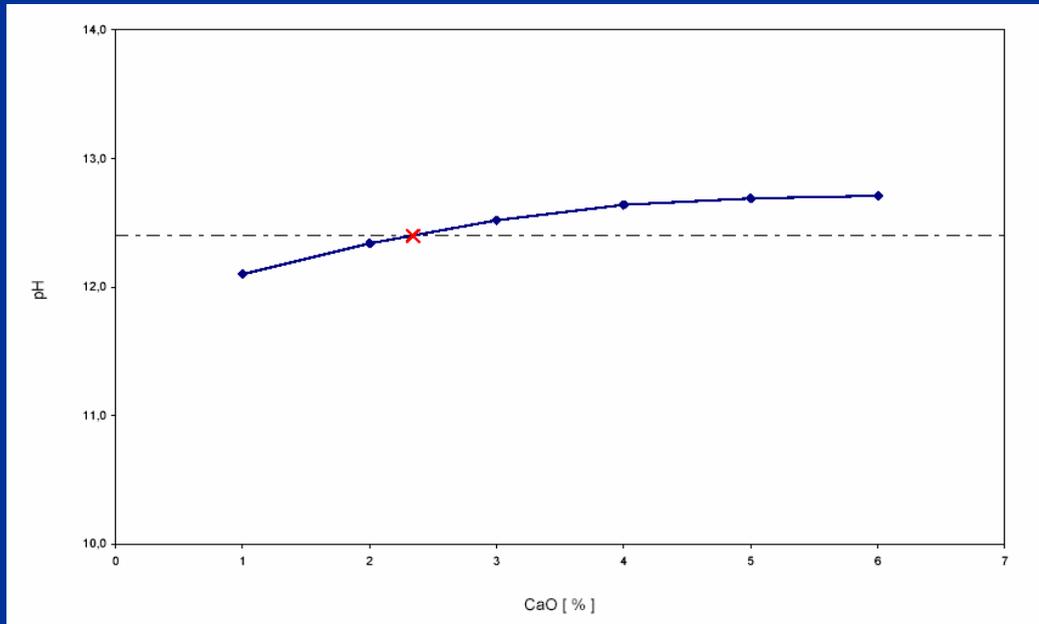
Analisi diffrattometrica

- La diffrattometria è utile per valutare la qualità e la quantità dei minerali argillosi presenti in un terreno.



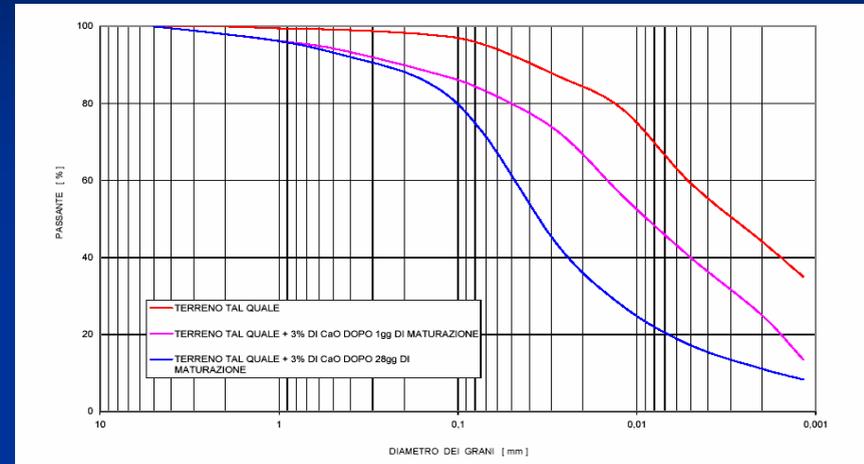
Consumo iniziale di calce

- Quest'analisi si esegue per individuare il rapporto terreno-calce opportuno per la stabilizzazione. Per percentuali di calce uguali al C.I.C. si bonifica il terreno, mentre per valori superiori lo si stabilizza.

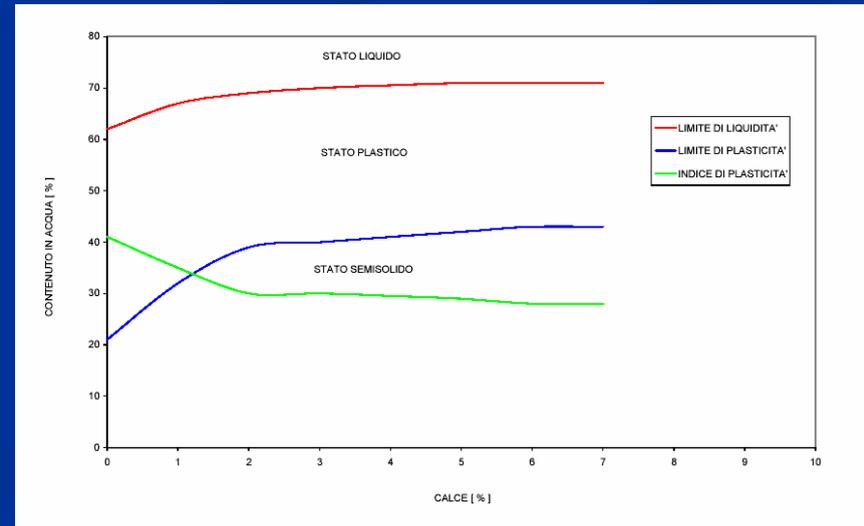


Distribuzione granulometrica e limiti di Atterberg

- L'aggiunta di calce nel terreno prova la flocculazione e l'agglomerazione delle particelle argillose ($< 2.0 \mu\text{m}$) modificandone sostanzialmente la distribuzione granulometrica.

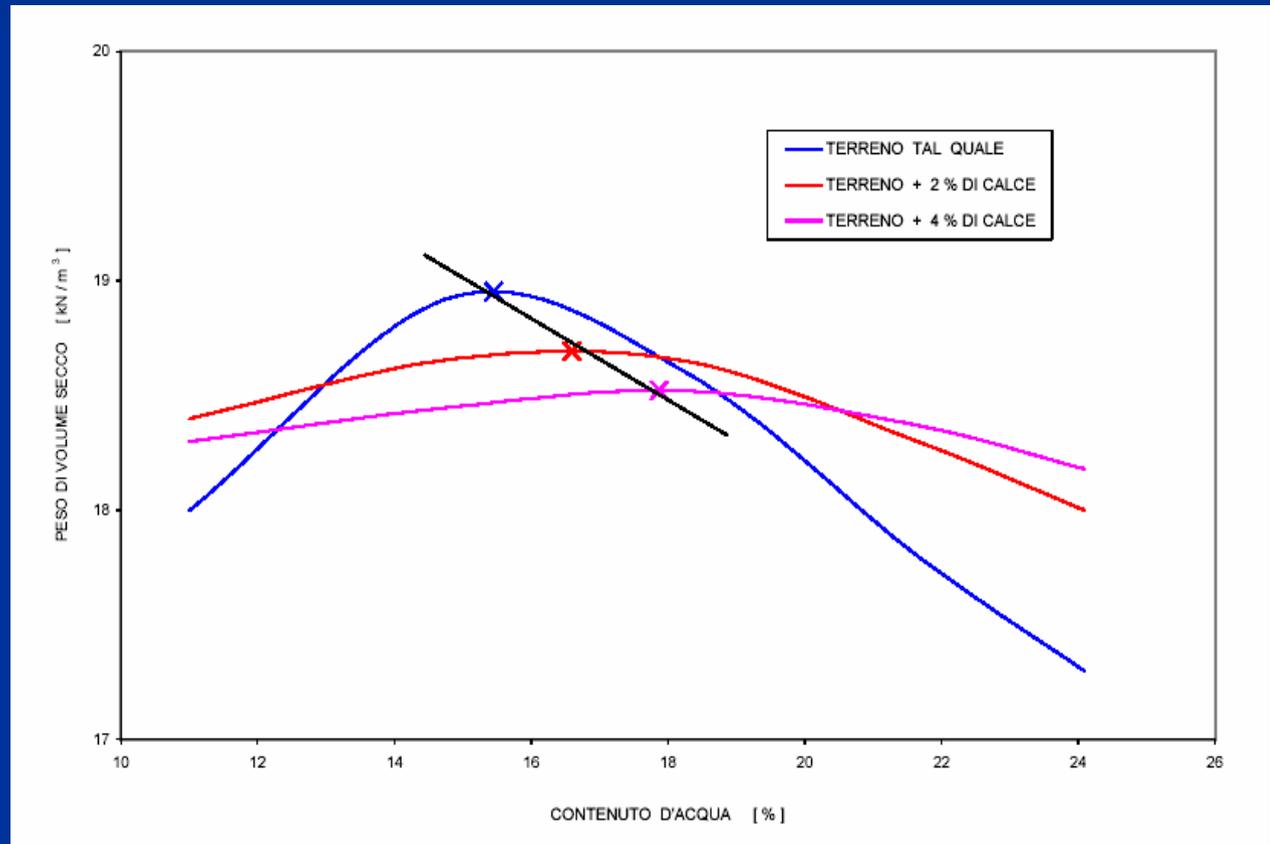
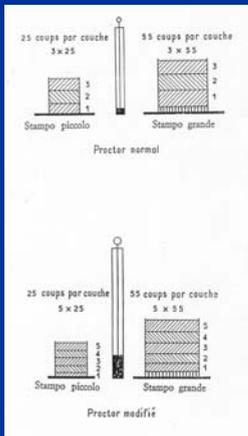


- Il trattamento provoca un aumento del campo nel quale il terreno presenta un comportamento solido; ciò è da ricondursi ad una diminuzione dell'indice di plasticità dovuta ad un leggero incremento del limite di liquidità ed ad un sensibile aumento del limite di plasticità (“inertizzazione del terreno”).



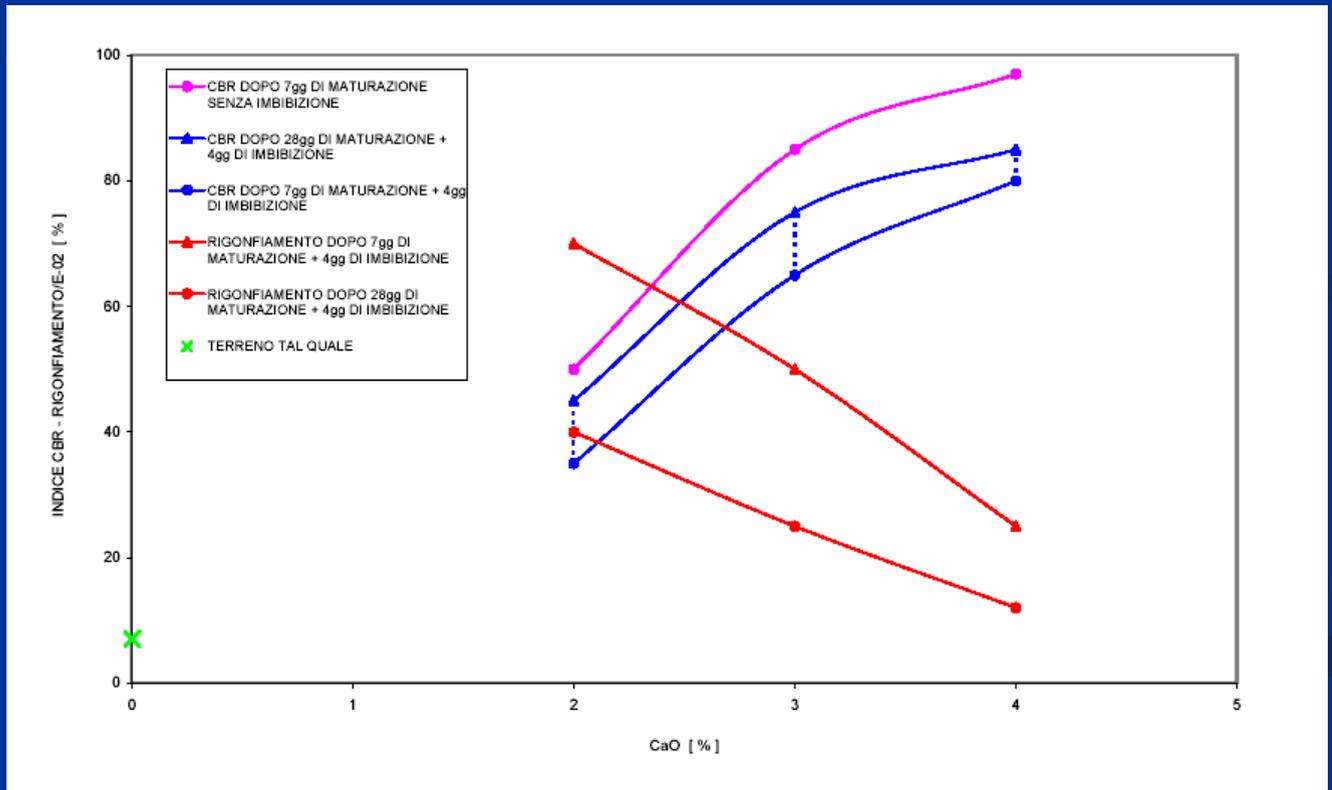
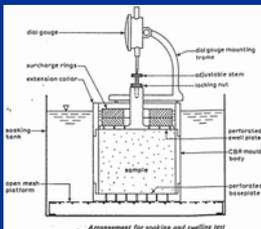
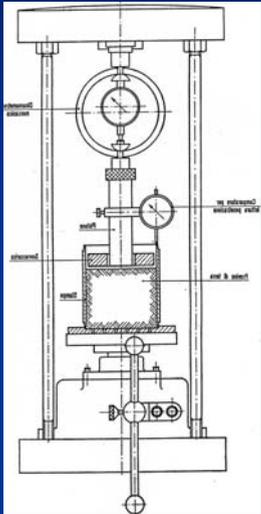
Prova di compattazione Proctor

- Gli effetti del trattamento con CaO si traducono in un aumento del contenuto in acqua ottimale, in una diminuzione del peso di volume del terreno secco e nell'appiattimento della curva di compattazione Proctor.



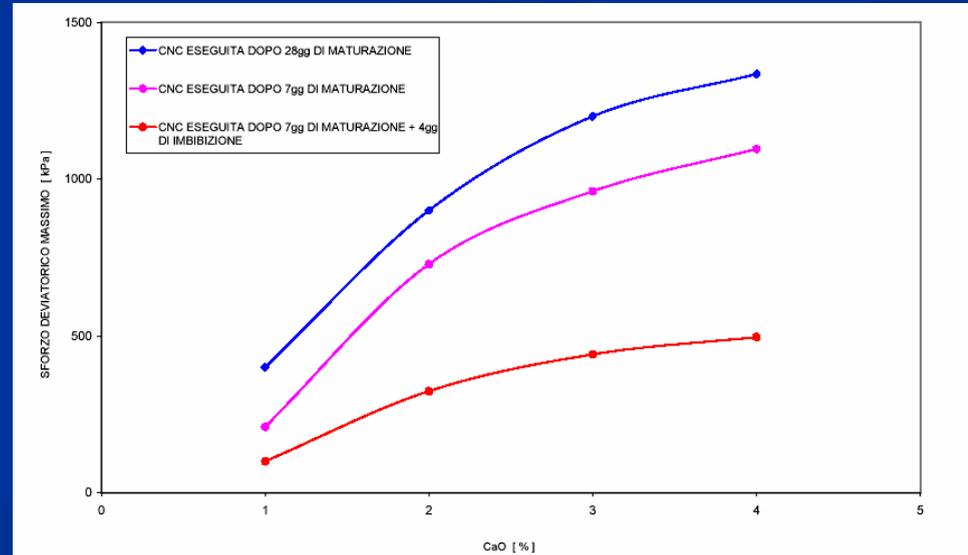
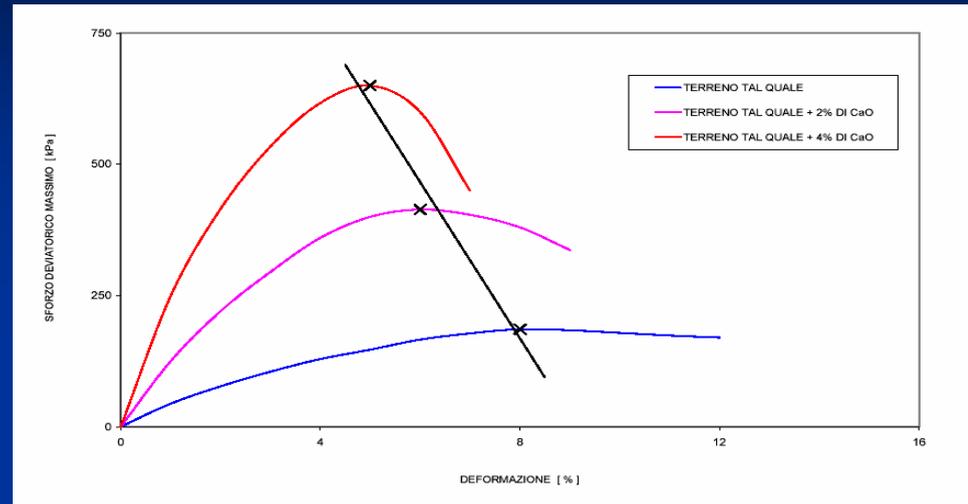
Prova di penetrazione CBR

- La stabilizzazione produce un incremento della resistenza CBR e una diminuzione dell'indice di rigonfiamento.



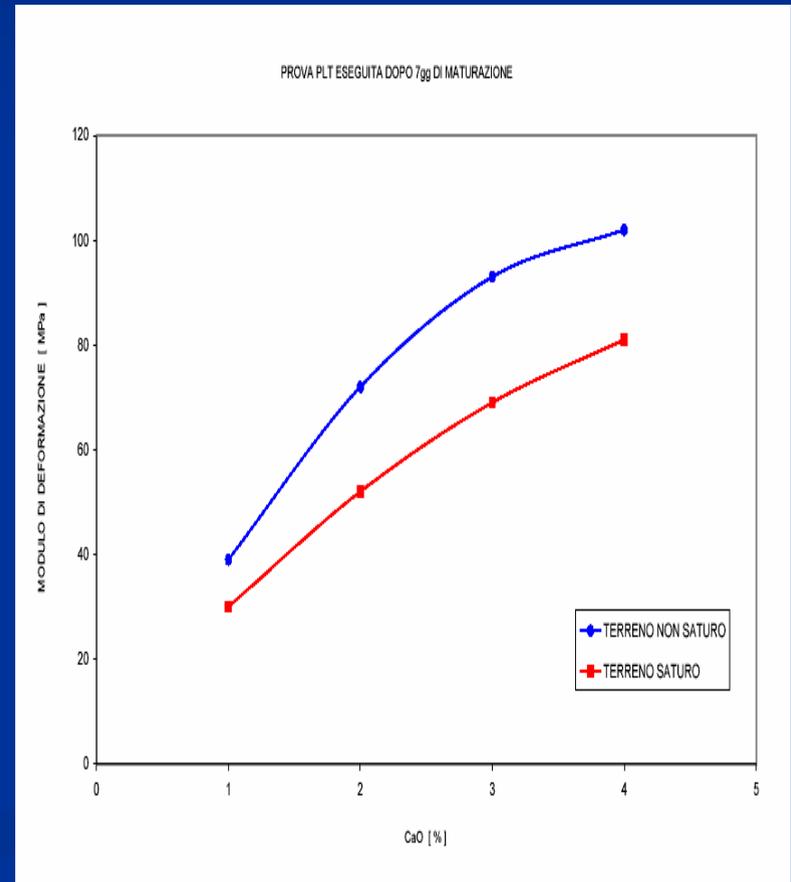
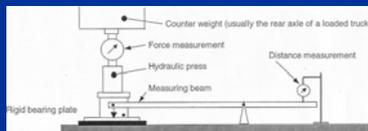
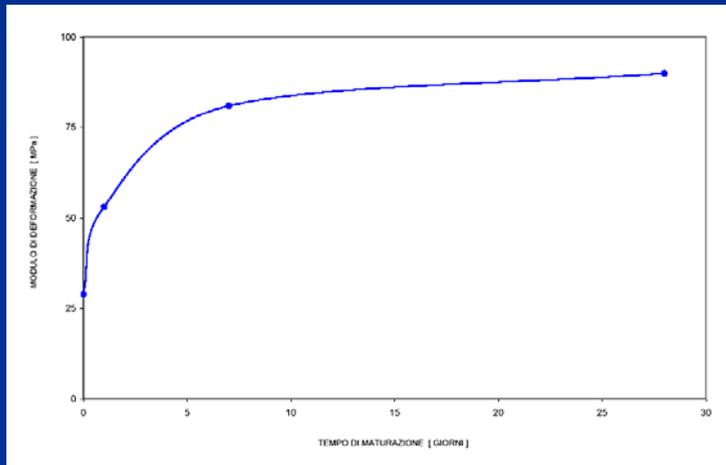
Compressione non confinata

- La miscelazione con calce induce cambiamenti nella curva sforzo-deformazione, incrementi sensibili di resistenza al taglio e una riduzione della deformazione a rottura (aumento del modulo di deformazione). Da normativa le prove sono eseguite sul terreno insaturo; gli effetti prodotti dalla saturazione sono mostrati in figura.



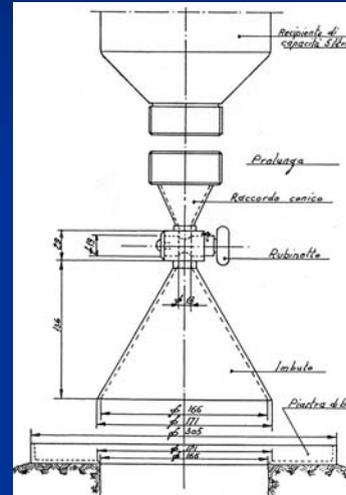
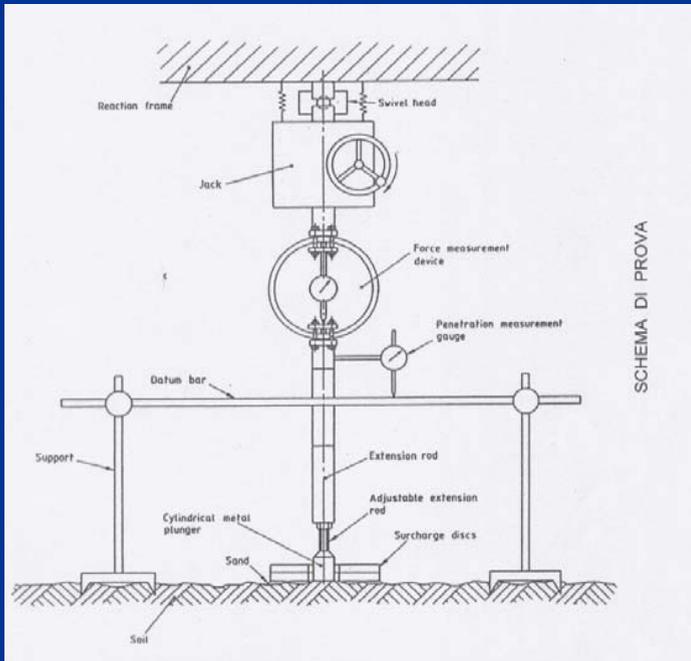
Prova di carico su piastra

- Sul terreno trattato si ottiene un incremento del modulo di deformazione M_d . In figura sono rappresentati i valori di tali moduli relativi a prove eseguite sul terreno saturo (dopo 28gg di maturazione e 4 di imbibizione) e sull'insaturo.



Densità e CBR in sito

- Attraverso queste prove si controlla il raggiungimento dei valori di progetto determinati tramite prove di laboratorio.



Limiti di accettabilità

- Limiti di accettabilità riportati nel Bollettino Ufficiale (Norme Tecniche) N. 36 “STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE”

PROVE DI LABORATORIO

TIPO DI PROVA	STRATI PORTANTI	SOTTOFONDO	BONIFICA
PENETRAZIONE CBR	I CBR > 50 % RIG. < 1 %	I CBR > 20 % RIG. < 2 %	I CBR > 10 % *
PROVA ESEGUITA SU TERRENI COMPATTATI CON ENERGIA RELATIVA ALLA PROVA PROCTOR Mod.	PROVA ESEGUITA DOPO 7 GIORNI DI STAGIONATURA E 4 GIORNI DI IMBIBIZIONE	PROVA ESEGUITA DOPO 2 ORE DI STAGIONATURA SENZA IMBIBIZIONE	
COMPRESSIONE SEMPLICE 7 gg MATURAZIONE	Rc > 5 kg / cm ²	Rc > 3 kg / cm ²	*
COMPRESSIONE SEMPLICE 28 gg MATURAZIONE	Rc > 10 kg / cm ²	Rc > 6 kg / cm ²	*

I PROVINI SOTTOPOSTI A PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE DEVONO ESSERE CONFEZIONATI SECONDO LA PROCEDURA INDICATA DALLA NORMA " CNR - MISTI CEMENTATI ". SI DOVRANNO CONFEZIONARE IN FUSTELLA CBR SENZA SPAZIATORE CON 5 STRATI COMPATTATI CON 56 COLPI PER STRATO

Rc = RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE

PROVE IN SITO

DENSITA' IN SITO	GdC > 95 % Grado di compattazione
PROVA DI CARICO SU PIASTRA	Md = 150 kg / cm ² per bonifiche di terre Md = 400 kg / cm ² per miglioramenti del terreno di sottofondo Md = 800 kg / cm ² per strati della sovrastruttura portante

[*] nella normativa non è specificato il tempo di maturazione

Effetto della stabilizzazione

- Confronto tra un terreno trattato con il 3% di calce lasciato maturare per 28gg e un terreno tal quale. La foto è stata scattata dopo 4gg di immersione in acqua.

