

STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE

Venerdì 5 maggio 2006

ASSOCIAZIONE GEOLOGI della Provincia di FERRARA
Auditorium della Biblioteca Comunale "G.Bassani" - Ferrara

A.Canziani, U.Pressato

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

ARRIVO DELLA CALCE IN CANTIERE



- La calce è trasferita pneumaticamente dall'autobotte al silo di cantiere; eccezionalmente si carica direttamente lo spandicalce; normalmente lo scarico completo di un'autobotte richiede circa 90 minuti.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

STOCCAGGIO DELLA CALCE IN CANTIERE



SILO VERTICALE FISSO, CON
SCARICO MECCANICO



SILO ORIZZONTALE MOBILE,
CON SCARICO PNEUMATICO

- Per cantieri di medie e grandi dimensioni è indispensabile avere una riserva minima di calce pari ad almeno due giorni lavorativi; si evita il rischio di dover interrompere le lavorazioni per difficoltà di approvvigionamento del reattivo.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

LO SCOTICO E LA POSA IN STRATI DELLA TERRA



- L'esecuzione dei piani di posa richiede lo scotico del suolo naturale. Lo spessore dello strato da asportare dipende dal tipo di vegetazione esistente; normalmente si asportano 15-30 cm di suolo che è poi utilizzato per la ricopertura finale delle scarpate.



- Nella costruzione dei rilevati, il giorno che precede il trattamento si posano le terre da lavorare con calce in strati di adeguato spessore; si preserva così l'umidità degli strati sottostanti. Lo spessore di terra posata dipende dalla capacità di miscelazione e di costipamento delle attrezzature che saranno utilizzate.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

LO SPANDIMENTO DELLA CALCE



- Lo spandimento della calce o di altri leganti si attua con macchine a traino o semoventi che assicurino un dosaggio costante per unità di superficie (kg/m^2) indipendentemente dalla velocità di avanzamento che comunque è limitata a 2-4 km/h.
- I moderni spandicalce sono anche dotati di sistema di controllo del dosaggio che può essere o volumetrico o gravimetrico.
- La capacità di carico degli spandicalce varia da un minimo di 9 m^3 per il tipo a traino a $12-18 \text{ m}^3$ per il tipo semovente; la striscia posata è larga 2,2-2,4 m
- Il dosaggio al suolo è variabile secondo necessità tra 3 e 30 kg di calce viva (densità della calce viva circa $1 \text{ kg}/\text{dm}^3$).

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

IL CONTROLLO DEL DOSAGGIO



- E' molto importante dosare il reattivo in modo regolare evitando sia sovrapposizione delle strisciate sia carenze di copertura.
- La verifica della quantità dosata (kg/m^2) si attua posizionando teli o contenitori di superficie nota (es. 1 m^2) e pesando la quantità di reattivo su di essi raccolta.
- La quantità dosata in kg/m^2 è calcolata in funzione dello spessore e della densità finali dello strato da lavorare, al fine di ottenere la concentrazione prestabilita in kg per tonnellata di miscela costipata.
- Le più moderne macchine spandicalce permettono di stendere al suolo la calce con una precisione di più o meno mezzo kg per metro quadrato.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

LA MISCELAZIONE PER STRATI



- La macchina per miscelare la terra con la calce è chiamata pulvimixer; è dotata di un rotore, che gira in senso opposto alle ruote del mezzo, equipaggiato con palette o denti secondo la terra trattata.
- La posizione del rotore è regolabile in altezza; la profondità di miscelazione normalmente varia tra 20 e 50 cm a seconda delle caratteristiche delle terre e delle indicazioni di progetto.
- A parità di potenza disponibile, la velocità di avanzamento e il numero di passate del pulvimixer dipendono dal grado di argillosità e dall'umidità delle terre lavorate.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

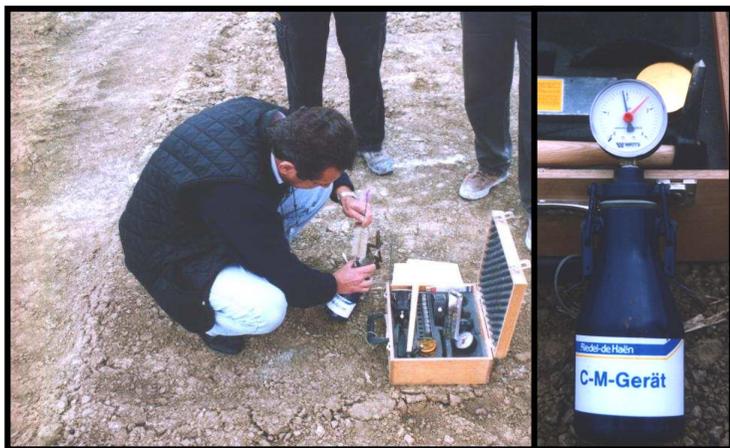
IL CONTROLLO DELLA MISCELAZIONE E LA REGOLARITA' DELLO STRATO



- Dopo la miscelazione della terra con la calce si devono controllare la granulometria, l'omogeneità di miscelazione e la profondità dello strato lavorato.
- La miscela si ritiene idonea quando appare di colore omogeneo e la componente limo-argillosa è interamente passante allo staccio a rete da 25 mm.
- La miscelazione deve interessare anche alcuni centimetri dello strato precedentemente realizzato, in modo da assicurare la continuità composizionale

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

IL CONTROLLO E L'AGGIUSTAMENTO DELL'UMIDITA'



- La miscela deve essere costipata all'umidità ottima; il Laboratorio perciò verifica l'effettiva umidità dopo la completa idratazione della calce viva.
- Se l'umidità è in difetto è necessario aggiungere acqua fino a raggiungere l'umidità ottima; allo scopo si utilizza un'autobotte dotata di un adeguato sistema di spruzzo. Dopo l'aggiunta si effettuano ulteriori passaggi con il pulvimixer per distribuire omogeneamente l'acqua in tutto lo strato lavorato.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

L A REGOLARIZZAZIONE E IL COSTIPAMENTO FINALE, 1



- Utilizzando un graeder, lo strato lavorato deve essere livellato affinché con il successivo costipamento si ottenga una superficie piana e uno spessore uniforme.
- Il rullo a piede di montone è la macchina ideale per costipare le terre limo-argillose trattate con calce, poiché esso è in grado di addensare la miscela anche in profondità, favorendo la fuoriuscita dell'aria intrappolata.
- Il peso del rullo e le modalità di costipamento si scelgono in funzione di:
 - spessore dello strato da costipare;
 - caratteristiche delle terre lavorate;
 - grado di addensamento desiderato;
 - posizione dello strato lavorato nella sezione stradale.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

L A REGOLARIZZAZIONE E IL COSTIPAMENTO FINALE, 2



- Il grado di addensamento delle miscele trattate (con calce o con calce più leganti idraulici) è stabilito dal progetto.
- Normalmente gli strati del corpo del rilevato sono costipati con energia tipo Proctor standard, mentre gli strati di sovrastruttura sono costipati con energia tipo Proctor modificato.
- In relazione all'energia di costipamento necessaria (spessore e densità degli strati) si utilizzano anche i rulli metallici lisci; i rulli gommati si usano per le operazioni di finitura che assicurano l'addensamento della parte superiore dello strato.
- I rulli metallici lisci e quelli gommati sono tipicamente utilizzati con le terre meno plastiche e con scheletro litico.

Tecnica di esecuzione dei trattamenti con la calce

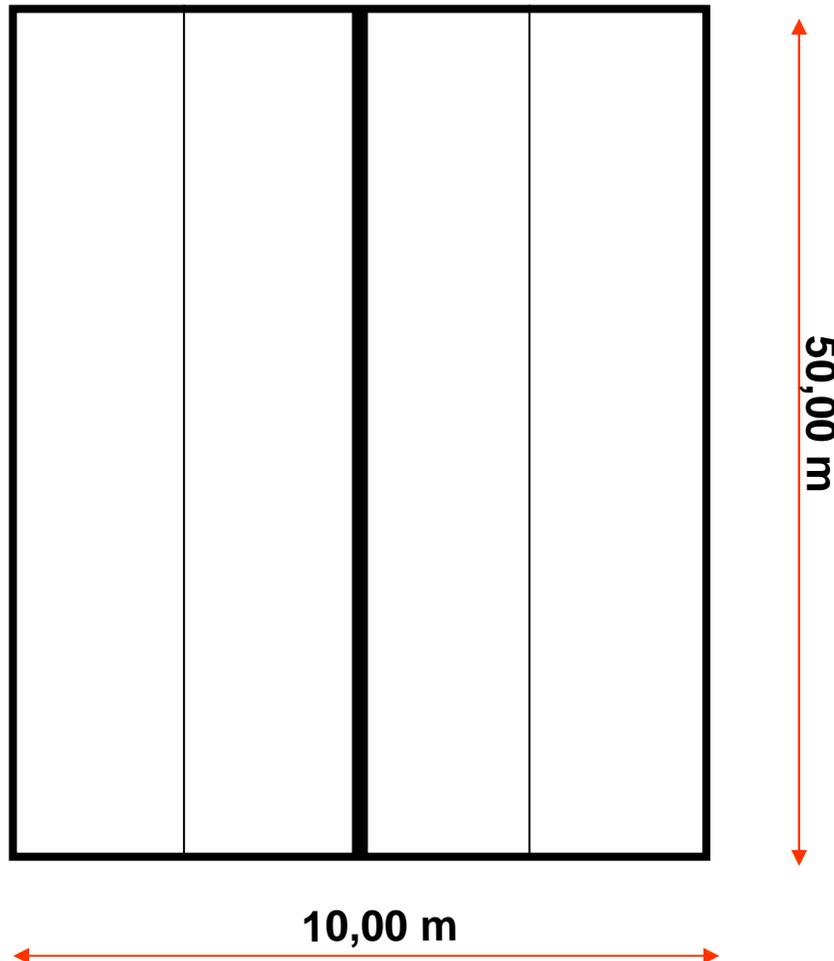
LA PROTEZIONE E MATURAZIONE DEGLI STRATI LAVORATI



- Durante la costruzione dei rilevati con terre migliorate, la posa di un nuovo strato avviene il giorno precedente la miscelazione con calce; in tal modo la terra posata salvaguarda l'umidità dello strato precedentemente costipato.
- Nel caso di strati di sovrastruttura che debbano rimanere esposti agli agenti atmosferici (insolazione e piogge) è fondamentale la protezione superficiale per mantenere il corretto grado di umidità; si usano allo scopo sia emulsioni bituminose sia la posa di sottili strati di misto stabilizzato ben costipato.
- Gli strati di sovrastruttura stabilizzati devono essere completati e manifestare le resistenze meccaniche di progetto prima dell'avvento del gelo; ciò significa lasciare un tempo sufficiente per il manifestarsi delle reazioni di indurimento.

Le sperimentazioni sul campo prova

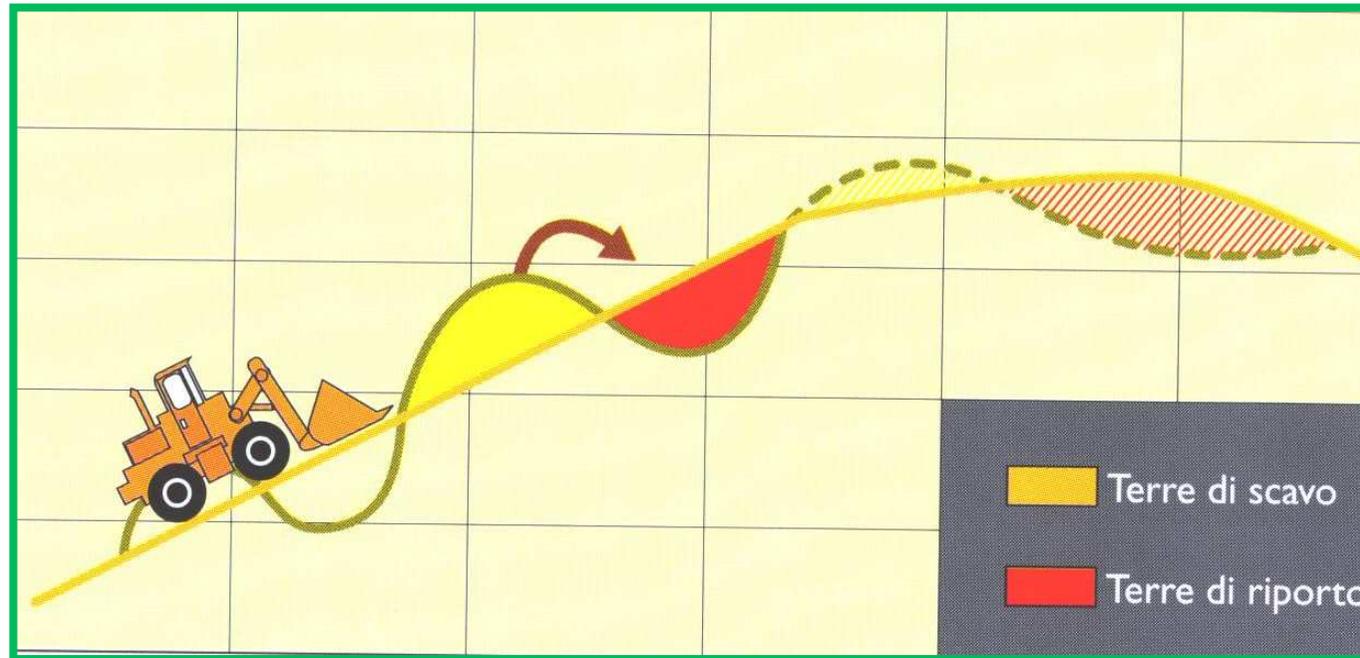
IL CAMPO PROVA E' FINALIZZATO ALLA RACCOLTA DI MOLTEPLICI INFORMAZIONI TUTTE DI GRANDE IMPORTANZA



- Verifica dell'assetto delle macchine, in termini di dosaggio del legante, numero di passate del pulvimixer, scelta dei rulli e dello schema di rullatura.
- Verifica della variazione del dosaggio della calce viva in relazione a diversi valori di umidità iniziale delle terre.
- Confronto degli esiti delle lavorazioni con i risultati ottenuti in laboratorio per le miscele di progetto.
- Verifica dell'indurimento nel tempo (settimane, eventualmente mesi) degli strati stabilizzati, in funzione della quantità di legante impiegato e delle condizioni ambientali successive alle lavorazioni (temperatura, precipitazioni atmosferiche, vento e grado di insolazione).

La valenza ambientale

IL RICUPERO DELLE TERRE DI SCAVO, LE CAVE E I TRASPORTI SU STRADA



- **Eliminazione del conferimento a discarica delle terre provenienti dai livellamenti e dagli scavi di trincee o gallerie che risultino trattabili**
- **Drastica riduzione delle cave di prestito funzionali all'opera**
- **Importante diminuzione dei trasporti su strada e dei relativi problemi.**

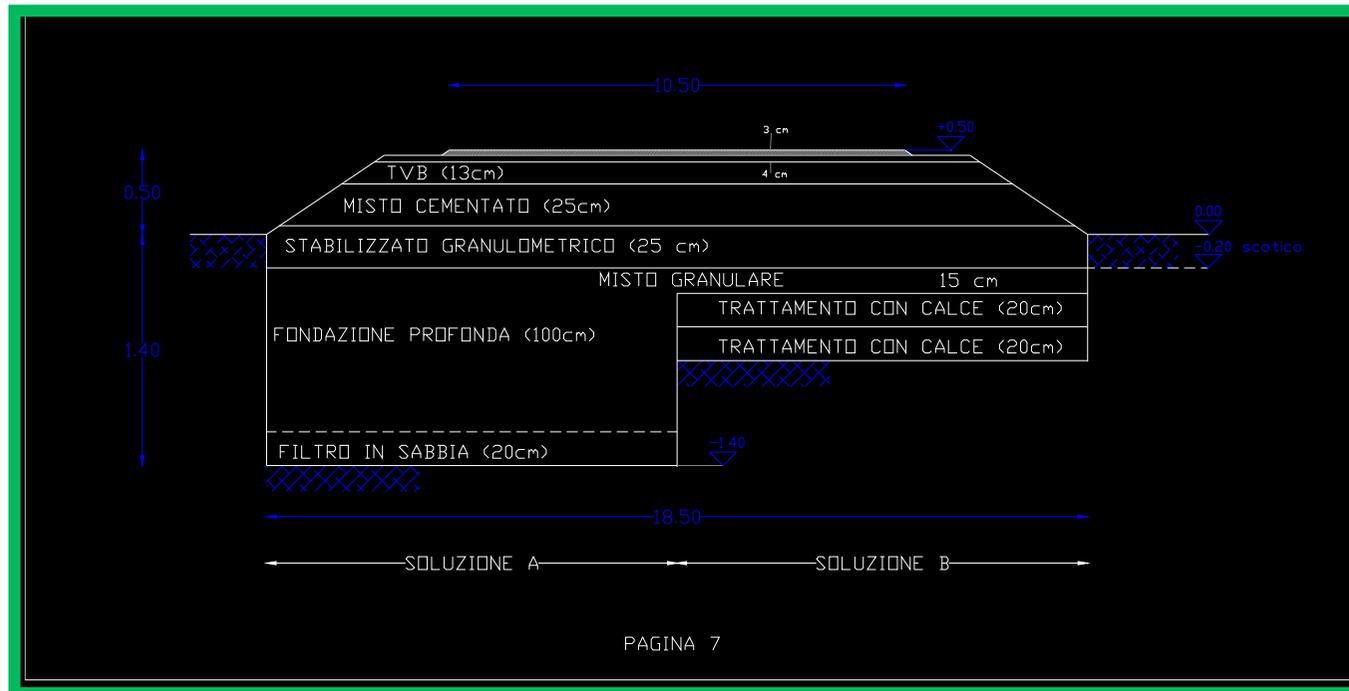
La valenza economica

IL RICUPERO DELLE TERRE DI SCAVO, LE CAVE, I TRASPORTI SU STRADA E L'AGIBILITA' DEL CANTIERE LA RIPROGETTAZIONE DELL'INTERO CORPO STRADALE.

- **Eliminazione della quota delle terre che si sarebbero dovute approvvigionare con la tecnica tradizionale**
- **Riduzione degli oneri per il conferimento a discarica delle terre di scarto**
- **L'uso della calce per la predisposizione delle piste e delle aree di lavoro consente l'agibilità dei cantieri subito dopo la cessazione del rischio di gelo, ampliando così il numero di giorni all'anno di operatività.**
- **Il sensibile miglioramento delle prestazioni delle terre trattate con opportuni dosaggi di calce o miscele di calce e leganti idraulici, utilizzate per strati di sottofondazione, permette di ridimensionare favorevolmente la sovrastruttura stradale, con relativi risparmi economici.**

La valenza economica

LA RIPROGETTAZIONE DELL'INTERO CORPO STRADALE RAFFRONTO TECNICO ECONOMICO TRA DUE DIVERSE SOLUZIONI



- Dal computo metrico estimativo delle due soluzioni equivalenti risulta che la sezione B (quella con la calce) consente di risparmiare il 25% sul costo totale dell'opera; il costo di bonifica si riduce del 58% circa

Bibliografia

- **Transportation Research Circular Nr. 180, Sept. 1976; State of the art. Lime Stabilization; Reaction, Properties, Design, Construction; www.trb.org.**
- **C. Benedetto, M. Leopardi; Possibilità di impiego della calce per la stabilizzazione di terreni argillosi - anno accademico 1976-1977.**
- **N. Little; Fundamentals of the stabilization of soil with lime - Published by National Lime Association - Bull.332 July, 1987; www.lime.org**
- **F. Giannini, D.Burattini; La calce nelle infrastrutture di trasporto - a cura di Assocemento settore calce - 1988.**
- **AIPCR; XIX th World Road Congress - Testing of Road Materials - Marrakech 1991, 22-28 September**
- **Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Ministère de l'Équipement, des Transports, et du Logement; Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application à la réalisation des remblais et des couches de forme - Guide technique, Janvier 2000. www.lcpc.fr www.setra.equipement.gouv.fr.**
- **Texas Department of Transportation; Manual of Testing Procedures - Revised August 2002; www.manuals.dot.state.tx.us.**