

Effetto della stabilizzazione con calce sul comportamento meccanico di un terreno argilloso.

MICHELE ORAZI* & UGO SERGIO ORAZI*

* Laboratorio Geomeccanico di Ugo Sergio Orazi - Via Cairo - 61024 Mombaroccio (PU). Email: labgeomeccanico@libero.it.

La stabilizzazione con calce dei terreni argillosi costituisce una valida alternativa all'impiego di inerti nella costruzione di rilevati stradali. Attraverso tale tecnica è possibile rendere idonee all'utilizzo in ambito stradale terre dalle scadenti caratteristiche tecniche, limitando così i problemi del reperimento di inerti e dello smaltimento delle terre da scavo. Il trattamento con calce riduce la plasticità dei terreni argillosi, ne diminuisce fortemente la sensibilità nei confronti dell'acqua (Fig. 1) e ne incrementa significativamente la resistenza e la rigidità (THOMPSON, 1966; TRB, 1987); l'entità di tali incrementi, a parità di altre condizioni, è funzione del tempo di stagionatura (THOMPSON, 1966; ORAZI & ORAZI, 2009). I principali fenomeni che si manifestano nelle stabilizzazioni sono l'idratazione della calce (CaO), la flocculazione dell'argilla e la formazione di composti stabili dotati di forti proprietà leganti. Per approfondimenti si rimanda a TRB (1987).

In questa nota vengono presentati i risultati relativi ad una sperimentazione di laboratorio, finalizzata a valutare l'effetto del trattamento con calce sul comportamento meccanico di un terreno argilloso plastico (Tab. 1), utilizzato per la costruzione di un rilevato stradale.

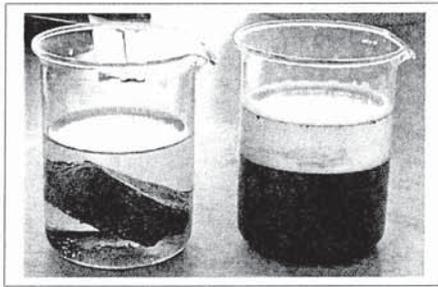


Fig. 1 - Terreno stabilizzato (sx) e naturale (dx) immersi in acqua.

Durante le prime fasi della lavorazione, è stato prelevato un campione di terreno naturale appena fresato ed un campione di terreno trattato con una quantità di CaO pari al 4% in peso, sui quali sono state eseguite prove triassiali CID (AGI 1994). I provini sono stati preparati mediante compattazione (CNR N69) con energia

“modificata” e confezionati seguendo le indicazioni di Head (HEAD, 1986); le frecce in figura 2 indicano le condizioni iniziali dei provini (contenuto in acqua e densità secca). Quelli trattati, opportunamente sigillati, sono stati conservati in ambiente controllato a temperatura (20°C) ed umidità (superiore al 95%) costanti durante i 7 giorni di stagionatura previsti.

Calce	(%)	0	4
Sabbia	(%)	21.4	-
Limo	(%)	62.6	-
Argilla	(%)	16.0	-
Limite di liquidità	(%)	39	47
Limite di plasticità	(%)	18	30
Indice di plasticità	(%)	21	17

Tab. 1 – Caratteristiche del materiale.

È importante precisare che il quantitativo di calce utilizzato è giustificato dall'elevato contenuto in acqua che presentava il terreno al momento dell'inizio della lavorazione, sebbene, come è risultato da uno studio preliminare, in condizioni ottimali sarebbe stato sufficiente impiegarne il 3%. Inoltre, con la compattazione "modificata", la densità del materiale risulta molto spesso sensibilmente superiore a quella ottenuta in cantiere; è necessario quindi tenere presente che le caratteristiche meccaniche possono risultare sovrastimate.

La figura 2 mostra come il trattamento con calce provoca la significativa riduzione del contenuto in acqua del materiale (w) e la traslazione, verso umidità più elevate, dell'intera curva di compattazione. Pertanto il terreno passa da un contenuto in acqua assolutamente non adeguato alla sua messa in opera, a condizioni molto prossime a quelle ottimali. Questo fenomeno facilita notevolmente le operazioni di cantiere e condiziona fortemente la risposta meccanica del materiale.

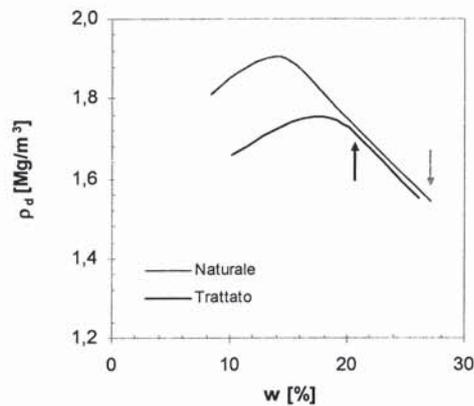


Fig. 2 – Curve di compattazione.

Nelle figure 3-a e 3-b sono riportati i risultati sperimentali relativi alla fase di taglio delle prove triassiali CID in termini di sforzo deviatorico (q), deformazione assiale (ϵ_1) e deformazione volumetrica (ϵ_v); la figura 3-c mostra i percorsi di sollecitazione e gli involucri di rottura nel piano s' - t .

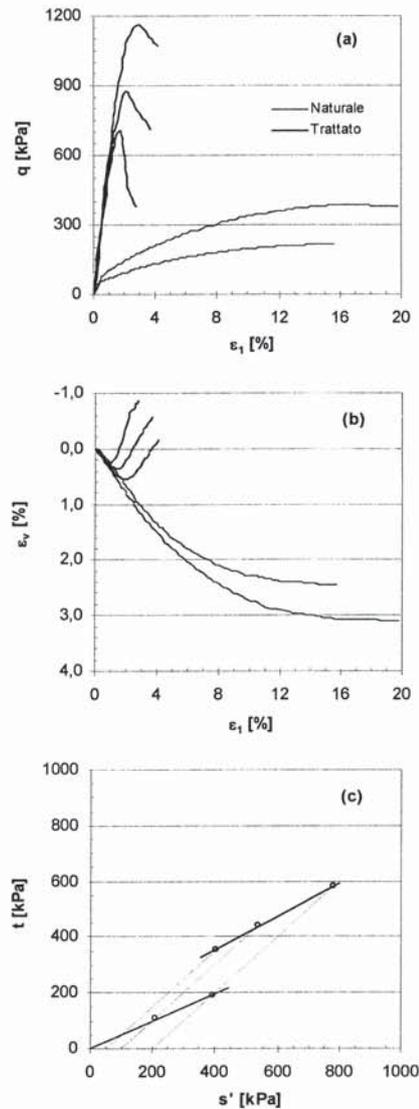


Fig. 3 – Risultati delle prove triassiali CID.

Le curve sforzo-deformazione del terreno naturale (Fig. 3-a) presentano un andamento marcatamente non lineare, asintotico. Il comportamento volumetrico di tipo contraente (Fig. 3-b) si attenua con il procedere della fase di taglio, fino a stabilizzarsi quando lo sforzo deviatorico raggiunge un valore stazionario. L'involuppo di rottura è rettilineo e risulta caratterizzato da un angolo di resistenza al taglio di 30° (Fig. 3-c). Al termine della prova, i provini presentano una configurazione a "botte", senza quindi nessuna discontinuità particolarmente rilevante (Fig. 4). Il terreno naturale presenta pertanto il classico comportamento meccanico dei terreni poco consistenti, essendo la compattazione del tutto

inefficace, dato l'elevato contenuto in acqua.

Al contrario, il terreno stabilizzato esibisce la risposta meccanica tipica dei terreni molto consistenti. Le curve sforzo-deformazione (Fig. 3-a) sono caratterizzate da una chiara situazione di instabilità meccanica a livelli deformativi relativamente piccoli. Una volta raggiunto il punto di collasso si osserva la rapida caduta dello sforzo deviatorico al crescere della deformazione. Dopo una fase iniziale a comportamento leggermente contraente, i provini esibiscono un comportamento volumetrico marcatamente dilatante, più pronunciato a basse pressioni di consolidazione (Fig. 3-b). Per lo stato tensionale indagato, i parametri di resistenza al taglio, coesione intercetta ed angolo di resistenza al taglio, risultano rispettivamente pari a 140 kPa e 37° (Fig. 3-c), in linea con i dati di letteratura. Inoltre, durante la fase di taglio, nei provini si formano discontinuità ben definite (Fig. 4).

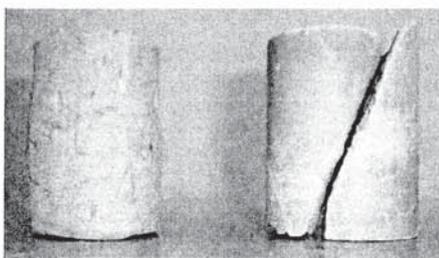


Fig. 4 – Provino naturale (sx) e provino stabilizzato (dx).

Il trattamento con calce ha quindi migliorato significativamente le caratteristiche meccaniche del materiale oggetto di studio e ne ha modificato in maniera sostanziale la risposta meccanica. Il marcato incremento di resistenza al taglio e di rigidità è accompagnato infatti da drastici cambiamenti nella tipologia della curva sforzo-deformazione, nel comportamento volumetrico e nella configurazione a rottura dei provini.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano l'Ing. Gabriele Tebaldi dell'Università degli Studi di Parma per aver contribuito con utili suggerimenti alla stesura definitiva del presente testo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- HEAD K.H. (1986) - *Manual of soil laboratory testing*. Pentech Press, London.
- ORAZI M. & ORAZI U.S. (2009) - *Miscela terra-calce per rilevati stradali: effetto del tempo di maturazione sulle caratteristiche meccaniche*. Atti del 3° Congresso Nazionale AIGA, Università degli Studi di Siena, 352-353.
- THOMPSON M.R. (1966) - *Shear strength and elastic properties of lime-soil mixtures*. Highway Research Board, Washington.
- TRB (1987) - *Lime stabilization: reactions, properties, design and construction*. Transportation Research Board, Washington.