



Interventi nel sottosuolo

Con modifiche del regime delle pressioni neutre

Nei punti di contorno del banco. Si puo' ottenere una precompressione pari a $0,1 \text{ N/mm}^2$ stendendo sulla superficie limite superiore del banco uno strato di ghiaia, ricoprendolo con una sottile membrana impermeabile a perfetta tenuta al contorno e estraendo l'aria dalla ghiaia con una pompa a vuoto.

In maniera analoga un abbassamento della quota piezometrica attraverso pozzi o cunicoli, che raggiungono la superficie limite inferiore del banco, di cui si desiderano migliorare le caratteristiche, da' luogo ad un processo di consolidazione per effetto dell'incremento delle pressioni effettive. A questo metodo si ricorre solo quando non si teme di disturbare l'equilibrio di opere adiacenti in esercizio.

Nei punti interni al banco. Per la corretta applicazione dei metodi statici innanzi descritti il carico provvisorio deve rimanere in sito per tutto il tempo occorrente affinche' il terreno di fondazione abbia raggiunto il previsto grado di consolidazione. Il corrispondente tempo di consolidazione, che dipende essenzialmente dallo spessore, dalle condizioni di drenaggio al contorno, nonche' dal coefficiente di consolidazione del banco, si puo' ridurre integrando i provvedimenti gia' descritti con l'installazione nel terreno di una rete di dreni verticali collegati in testa da un tappeto filtrante. I dreni sono costituiti da sabbia o prefabbricati in carta assorbente e fibre sintetiche tessili.

Metodi elettrici

Consolidazione elettro-osmotica. Un processo di consolidazione artificiale puo' realizzarsi attivando nel terreno un campo elettrico con l'inserimento in profondita' di tubi perforati con la funzione di elettrodi; sotto l'azione di una differenza di potenziale dell'ordine di $50 + 150 \text{ V}$ l'acqua di porosita' migra con velocita' di $30 + 45 \text{ cm/h}$ dall'anodo al catodo e da questo viene applicato per la durata di qualche mese.

I tubi o profilati metallici (che funzionano, rispettivamente, da anodi e catodi) vengono disposti in batterie ad intervalli di $2+3 \text{ m}$; per le distanze fra la batteria degli anodi e quella dei catodi vengono citati valori di $3 + 10 \text{ m}$. Frequenti (ogni $2+3 \text{ ore}$) inversioni della polarita' degli elettrodi favoriscono l'uniformita' del drenaggio. Il trattamento puo' avere i suoi effetti anche alla profondita' di alcune decine di metri. Per il consumo di energia vengono citati valori dell'ordine di $0,5 \text{ kWh.giorno}$ per m^3 di materiale trattato.

E' stato proposto l'impiego della corrente elettrica anche come coadiuvante nella tecnica delle iniezioni per attivare la penetrazione e gli effetti delle miscele chimiche in quei casi in cui la pressione d'iniezione deve essere limitata per non arrecare disturbo alla struttura del terreno o della roccia.

Il progetto di un intervento di consolidazione o di stabilizzazione elettroosmotica richiede esperienze preliminari in sito ed eventualmente in laboratorio.

Stabilizzazione elettroosmotica. Con elettrodi di alluminio si attiva un processo elettrolitico che da luogo alla solidificazione di argille molli: il fenomeno non e' reversibile. Il metodo e' stato applicato anche per consolidare il terreno in prossimita' della punta di pali.

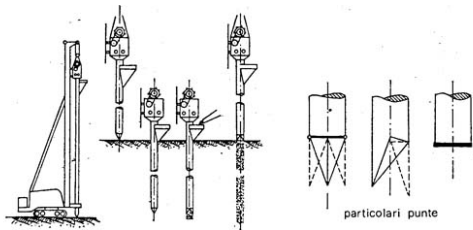


Fig.8.13 c.2. — *Infissione di tubazione per vibrazione.* — Per dreni di sabbia senza asportazione del terreno con attrezzature tipo Franki o tubi a punta chiusa infissi con battipali o per vibrazione.

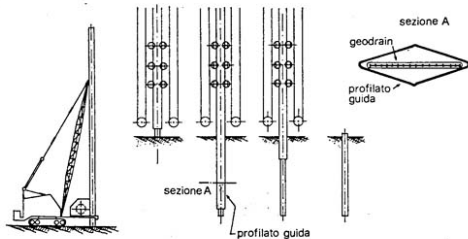


Fig. 8.13 c.3. — *Installazione di dreni prefabbricati.* — Per dreni prefabbricati di piccole dimensioni con inserimento mediante mandrino costituito da profilati metallici manovrati da macchinari speciali. Si sono rapidamente diffusi in sostituzione dei dreni di sabbia.

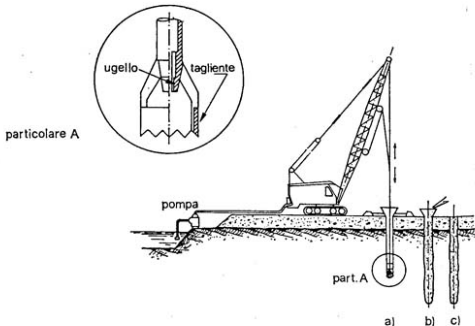


Fig. 8.13 c.1. — *Perforazione con getto d'acqua attraverso utensile rotante.* — Per dreni di sabbia con asportazione del terreno senza/con rivestimento semplice/doppio e utensili di vario tipo con avanzamento agevolato spesso da getto d'acqua in pressione.
a) scavo; b) immissione sabbia; c) estrazione tubazione.

Metodi termici

Cottura. Il consolidamento si realizza mediante cottura, ottenuta ponendo a contatto del terreno un gas alla temperatura di 1000°C. Per terreni relativamente permeabili il bruciatore viene installato all'esterno e il gas fatto circolare attraverso i pori del terreno sottoponendolo ad una lieve pressione (0,15+0,5 bar); nelle argille il bruciatore viene installato in un foro, attraverso le pareti del quale il calore e' trasmesso al terreno; il gas viene allontanato attraverso un secondo foro con funzione di tiraggio.

Il raggio d'influenza del trattamento che puo' essere competitivo con le palificate, non supera i 2*3 m.

Congelamento. Si ottiene facendo circolare nel terreno delle miscele refrigeranti attraverso tubazioni in comunicazione con un frigorifero. L'elevato costo del trattamento dipende dal tempo occorrente per il congelamento di un certo volume di terreno per un assegnato schema geometrico dei corpi refrigeranti: questo tempo e' tanto piu' elevato quanto piu' finea e' la grana del terreno.

La resistenza di provini di terra congelata a -20 °C puo'

raggiungere $10+15 \text{ N/mm}^2$.

Si impiega talvolta come provvedimento temporaneo nei lavori in galleria per ottenere un consolidamento di terreni saturi d'acqua in avanzamento e per la realizzazione di colonne o diaframmi impermeabili negli scavi di fondazione o nei lavori di sottofondazione. E' usato anche nello scavo di pozzi per miniere in terreni immersi in acqua. Di difficile impiego in presenza di moti di filtrazione con velocita' rilevante.

Per il suo alto costo non e' competitivo con i moderni trattamenti con iniezioni

Dreni sub-orizzontali. Di rapida esecuzione, vengono effettuati collocando tubazioni metalliche o di plastica forellate, eventualmente riempite di sabbia, entro fori del diametro di 100 mm, eseguiti a rotazione o a rotopercolazione in direzione leggermente inclinata verso l'alto. Sono applicabili solo in determinate situazioni morfologiche; la direzione deve essere stabilita in anticipo, la lunghezza massima raggiungibile e' pari a $50 + 100 \text{ m}$, il raggio d'azione e la portata emungibile sono limitati.

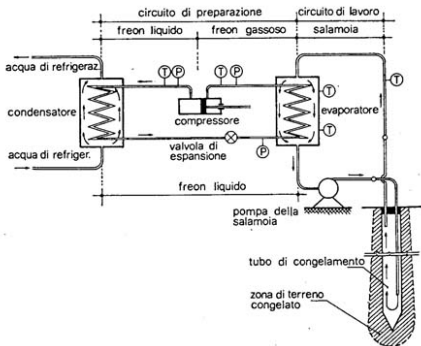


Fig. 8.15. — Schema di un impianto per il congelamento del terreno.

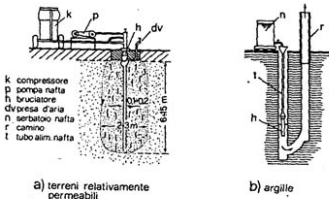


Fig. 8.14. — Schema di un'installazione per il trattamento termico.

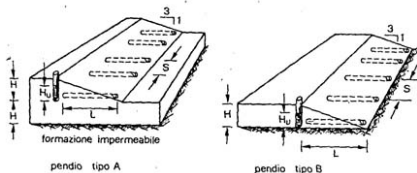


Fig. 8.19. — Schema di un sistema di dreni suborizzontali.

Bonifiche

Consistono nell'asportazione di terreni di scendenti caratteristiche e integrazione con materiali granulari, misti, calcestruzzo magro. L'operazione avviene di regola mediante scavo, specie se trattasi di bonifica del terreno di fondazione di edifici e quando lo spessore del materiale da asportare è modesto.

Per i rilevati su limi molli, torbe, terreni organici di spessore rilevante la bonifica del terreno di fondazione può effettuarsi per dislocazione mediante esplosivi (vedi paragrafo relativo). Questo richiede l'attento dimensionamento delle cariche e dei tempi di esplosione.

Può applicarsi fino a profondità di circa 30 m per terreni poco consistenti con costi relativamente bassi.

Tirantature

Criteri di impiego. In fori di diametro 100+150 mm eseguiti con attrezzature a rotazione si introducono barre (generalmente di acciai speciali), che vengono connesse o ancorate alla roccia e sottoposte quindi a trazione come bulloni per trasmettere una sollecitazione di compressione all'ammasso ed incrementare la resistenza allo scorrimento.

Questi ancoraggi leggeri o tiranti possono trovare impiego, con opportune varianti, in qualsiasi tipo di roccia, favoriscono lo sviluppo di pareti di sostegno leggere in sostituzione delle tradizionali opere a gravità, consentono il rafforzamento di strutture esistenti, possono installarsi con macchinari leggeri in tempi molto brevi; risultano spesso più economici delle soluzioni tradizionali.

Secondo la tecnologia usata nella realizzazione della connessione della testa con la roccia possono distinguersi i casi seguenti.

In figura si rappresenta il particolare di un tirante con connessione ripartita, costituito da un fascio di cavi d'acciaio armonico su un tubo di plastica. Nella parte terminale (testa, bulbo) i cavi sono sagomati con opportuni distanziatori in modo da aumentare la resistenza allo sfilamento. Il tubo di plastica è provvisto di valvole a manicotto attraverso le quali viene iniettata (in due o più riprese) una miscela cementizia per la formazione del bulbo. Al di sopra del bulbo è inserito un sacco otturatore che, iniettato a sua volta con miscela cementizia, aderisce alle pareti del foro impedendo alla miscela del bulbo di rifluire nel tratto libero.

La tesatura si effettua con il metodo di FREYSSINET; gli sforzi di trazione applicabili variano da 0,4 a 20 MN circa.

Negli ancoraggi a carattere permanente va curata la protezione delle parti metalliche dalla corrosione.

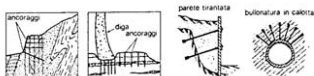


Fig. 8.28.

Esempi di impiego di tiranti e ancoraggi leggeri come mezzo di intervento nel sottosuolo.

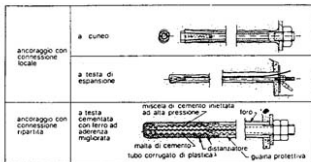


Fig. 8.29. — Vari tipi di connessione degli ancoraggi alla roccia.

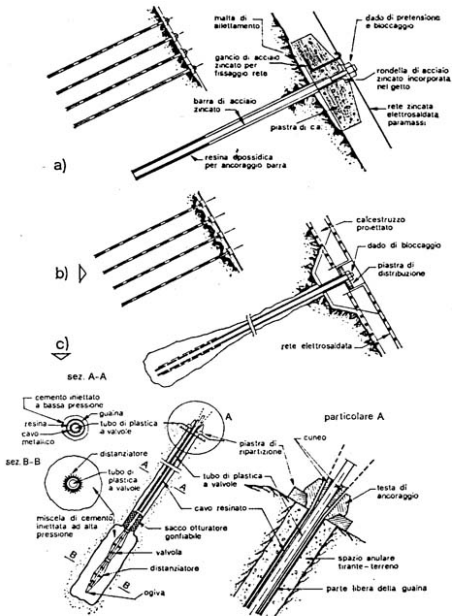


Fig. 8.30. — Tiranti per l'applicazione della precompressione in un ammasso roccioso. a) tiranti leggeri con piastra di ancoraggio e rete metallica; b) tiranti con parete di sostegno armata di cls proiettato; c) particolari di un ancoraggio con concazione ripartita a testa iniettata.