



Corso di aggiornamento professionale
Roma, 24 Novembre 2016

Il "Soil Mixing" per il consolidamento dei terreni *Applicazioni, Progettazione e Controlli*

La tecnica del Soil Mixing
Ing. Ignazio Paolo Marzano

SOILMIXING

Ingegneria del trattamento dei terreni



Costituenda Start up di
Sapienza Università di Roma

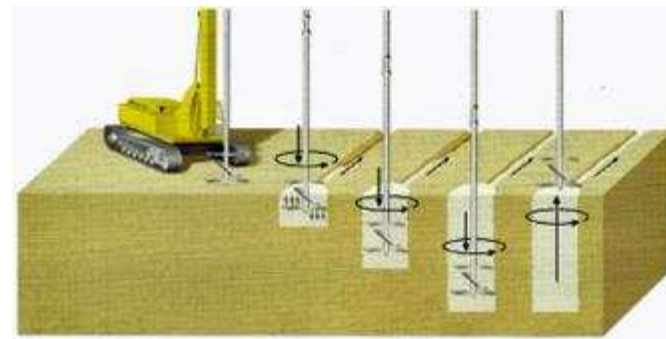


Introduzione

Il **Soil Mixing** è un metodo di consolidamento molto versatile che consiste nell'inserimento nel terreno di un utensile rotante su cui sono calettate delle eliche e/o pale miscelatrici, che assicurano la disgregazione del terreno ed il rimescolamento dello stesso con il legante inserito mediante appositi ugelli. Si viene a formare così un elemento (colonna, setto ecc...) di materiale che presenta caratteristiche di resistenza, deformabilità e permeabilità migliori del terreno circostante

Utilizzato per una vasta gamma di terreni dalle argille poco consistenti alle sabbie e ghiaie

Terreni organici quali torbe e fanghi possono essere anche trattati ma con specifici studi sui leganti utilizzati e sulle procedure esecutive



Introduzione

Le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni trattati non dipendono solamente dal tipo di legante impiegato ma anche dal modo con cui questo è stato aggiunto e miscelato al terreno e dalle condizioni sito-specifiche di maturazione

I leganti principalmente utilizzati sono cemento e calce anche se spesso vengono usati anche di scorie di alto forno, gesso e altri prodotti secondari

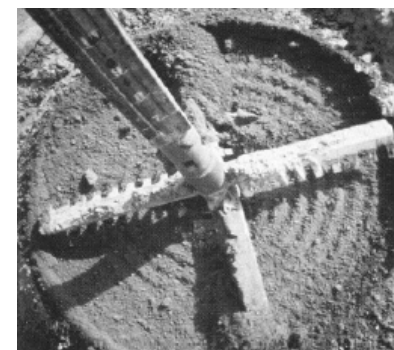
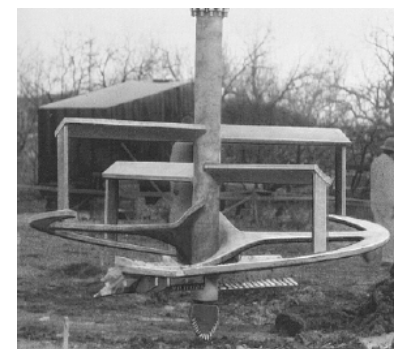
Per trattamenti ambientali invece i leganti sono sostituiti con agenti chimici ossidanti o materiali reattivi per neutralizzare gli agenti inquinanti



Cenni storici

Il principio del metodo ebbe origine negli Stati Uniti dove, nel 1954, una singola coclea fu utilizzata per mescolare il legante con il terreno. In **Giappone** negli anni '60 fu sviluppato il metodo del MIP (Mixed In Place), nel 1975 fu messo a punto il metodo "per via umida", DCM (Deep Cement Mixing), in cui il legante veniva premiscelato con acqua e successivamente iniettato nel terreno. Nel 1978 gli ingegneri giapponesi iniziarono lo studio della miscelazione meccanica profonda "a secco", su modello svedese, messa a punto del metodo DJM (Dry Jet Mixing), il cui primo impiego risale al 1981.

In **Svezia** ebbe inizio nel 1967 l'utilizzo del metodo delle colonne di calce, basato sulla miscelazione in situ del terreno con calce viva per formare colonne indurite.



Cenni storici

Negli **USA** la Geocon Inc. introdusse nel 1987-89 i metodi DSM (Deep Soil Mixing) e SSM (Shallow Soil Mixing), in particolare impiegati per la realizzazione di diaframmi di sostegno allo scavo.

Lo sviluppo in **Europa** iniziò fine anni '80, inizialmente come alternativa economica alla tecnologia del jet grouting, in particolare MIP (Bauer, 1987), Colmix (Soletanche, 1988), Trevimix (Trevi, 1991), Keller (1995). Successivamente a questi primi sviluppi, un gran numero di aziende hanno ideato ed ottimizzato propri processi di miscelazione, elaborando un'ampia varietà di tecniche. Le terminologie impiegate per le diverse tecnologie sono riportate in Porbaha (1998) e Bruce (2005, 2011).



SOILMIXING



Costituenda Start up di
Sapienza Università di Roma

Classificazione

Il Soil Mixing può essere suddiviso in due metodi generali, il **Deep Mixing Method** (DMM) e lo **Shallow Mixing Method** (SMM). Entrambi i metodi sfruttano lo stesso principio di trattamento ma differiscono per gli utensili di miscelazione, per la modalità di inserimento della malta cementizia nel terreno, procedure operative ecc...

Il metodo più frequentemente utilizzato è il DMM: per trattamento dei terreni a partire da una *profondità minima di 3 m* (limite introdotto dalla **EN 14679:2005**)

Il trattamento avviene attraverso aste di perforazione equipaggiate con diversi elementi per il taglio, la disgregazione e la miscelazione del terreno

Generalmente vengono prodotte a seconda della configurazione singola o multi-albero, **colonne individuali o secanti** di terreno consolidato

Esistono anche macchinari equipaggiati con specifici utensili miscelatori che permettono la realizzazione di **pannelli o diaframmi continui**

In alcuni casi inoltre la miscelazione meccanica è intensificata attraverso l'**iniezione ad elevata pressione** dei leganti

Classificazione

Il metodo complementare SSM è stato sviluppato principalmente per ridurre i costi di consolidamento di **depositi superficiali poco consistenti** e molto estesi

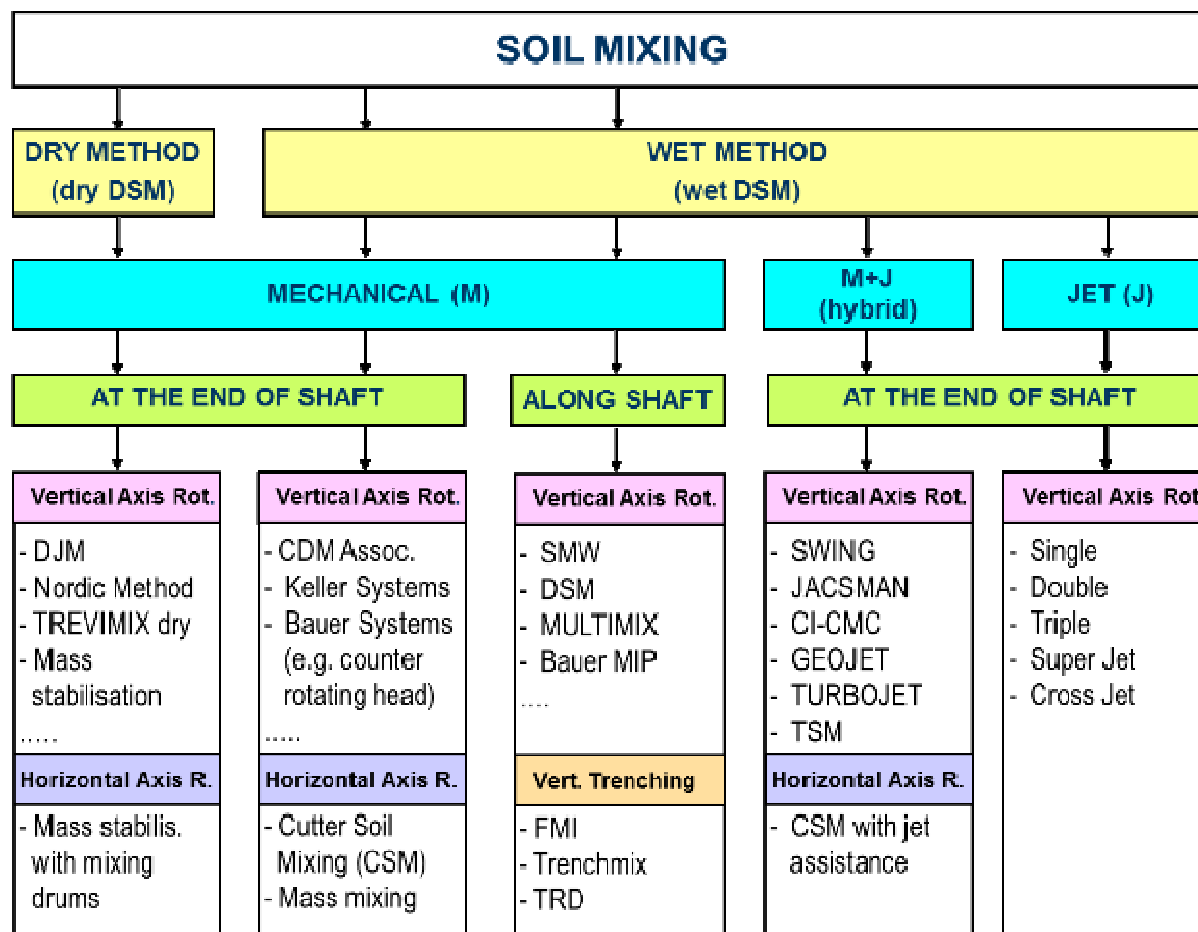
(inclusi fanghi di dragaggio in vasche di colmata a terra e depositi organici con contenuti di acqua molto elevati)

Questi metodi risultano anche particolarmente indicati per trattamenti di tipo **ambientale** di **stabilizzazione/solidificazione** di terreni contaminati

SSM è conosciuto sotto il nome di **Stabilizzazione di Massa** che può essere ottenuta attraverso macchinari analoghi a quelli utilizzati nel DMM (con diametri molto più elevati o configurazioni multi-albero per renderli economicamente vantaggiosi) oppure per trattamenti limitati ai primi 5-7 m di profondità attraverso più efficienti utensili miscelatori costituiti da tamburi rotanti ad asse orizzontale

Classificazione

- (1) Miscelazione per via secca o umida
- (2) Miscelazione meccanica, idraulica o ibrida
- (3) Posizione dell'utensile miscelatore
- (4) Asse di rotazione dell'utensile miscelatore



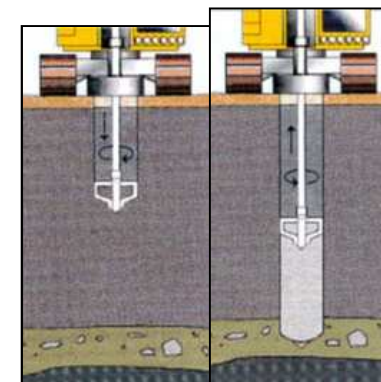
Topolnicki (2012)

Metodo Dry

Contenuto di acqua naturale del terreno sufficiente al completo sviluppo delle reazioni di idratazione

Immissione del legante in fase di risalita, per evitare che la miscela terreno-legante inizi a far presa già in fase di penetrazione e si possano quindi avere problemi nel recuperare l'utensile miscelatore.

Le quantità di refluo prodotto sono notevolmente inferiori (a volte pari a zero) rispetto all'impiego del metodo wet mixing



(Bohem, 2012)



(Topolnicki 2009)

SOILMIXING

 Costituenda Start up di
Sapienza Università di Roma

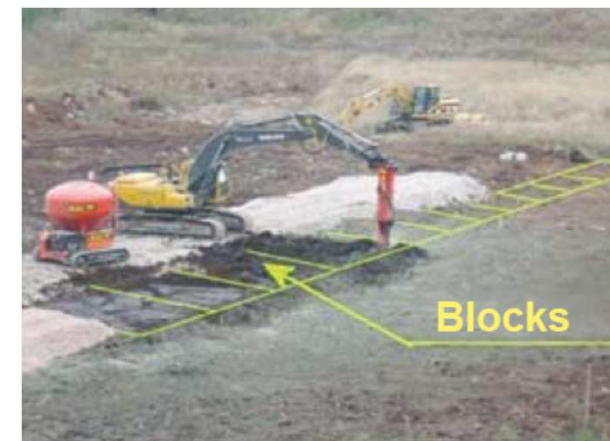
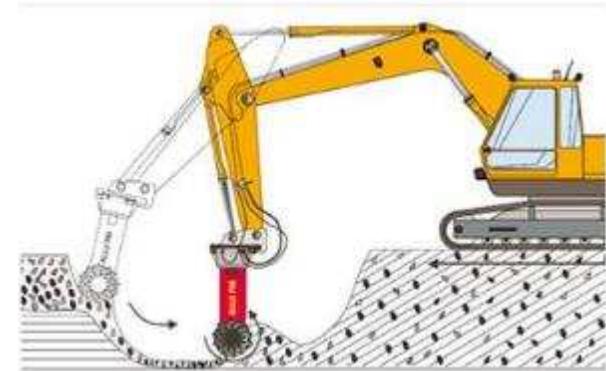
Diametro 0,5 ÷ 1,3m

Profondità ~25m; ~ 33m (J)

Metodo Dry – Stabilizzazione di massa

Un innovativo macchinario Dry mixing è quello utilizzato per la stabilizzazione di massa, che prevede l'attacco di un opportuno utensile miscelatore su di un escavatore con iniezione del legante nel terreno in corrispondenza del tamburo rotante miscelatore (Hoikkala et al., 1996)

Tale strumentazione di miscelazione superficiale si rivela particolarmente economica per profondità fino a 3-7m ed in presenza di aree di trattamento estese



Courtesy of ALLU

Metodo Wet

Il Wet Soil Mixing consiste nella miscelazione in sito del terreno con una miscela di acqua e legante (generalmente cemento) ed eventualmente fillers e additivi

L'attrezzatura è costituita da una macchina operatrice con una torre di perforazione composta da una o più aste (fino a 6) attrezzate nella parte terminale con un utensile per la disagregazione e miscelazione dei terreni (la cui tipologia è definita a partire dal tipo di terreni da trattare) provvisto di ugelli che consentono la fuoriuscita della malta cementizia.

Il legante viene precedentemente miscelato con additivi e acqua e quindi stoccato in opportuni silos

Diametro 0,2 ÷ 2,4m

Profondità ~25m; ~ 55 m (J)



(Weatherby, 2012)

SOILMIXING

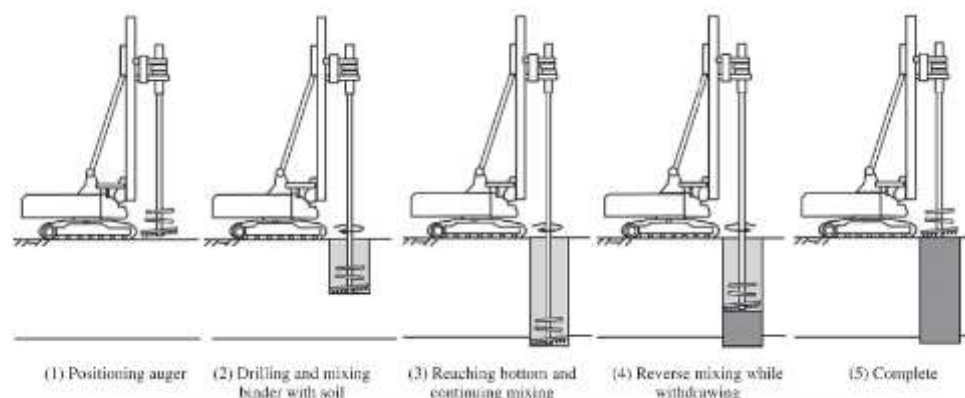
 Costituenda Start up di
Sapienza Università di Roma

Metodo Wet

La malta cementizia può essere iniettata nel terreno in fase di penetrazione ed estrazione
(*sistema mono-fase*)

In tal caso è garantita una elevata velocità di estrazione ed una maggiore produttività rispetto al metodo che prevede invece l'impiego di un latte bentonitico in fase di discesa per agevolare l'inserimento delle aste miscelatrici e la successiva iniezione della malta cementizia solo in fase di risalita
(*sistema bi-fase*)

tale sistema garantisce però una maggiore sicurezza per lavori ad elevate profondità o in caso di interruzioni del lavoro e talvolta risulta essere l'unico metodo praticabile in presenza di terreni consistenti (Bringiotti, 2010)



Metodo Wet – Configurazione a singolo albero



(Courtesy of Keller)



(Courtesy of Bauer)

SOILMIXING

 Costituenda Start up di
Sapienza Università di Roma