



Soilcrete® (Jet grouting)

Un metodo efficiente e versatile per il consolidamento dei terreni



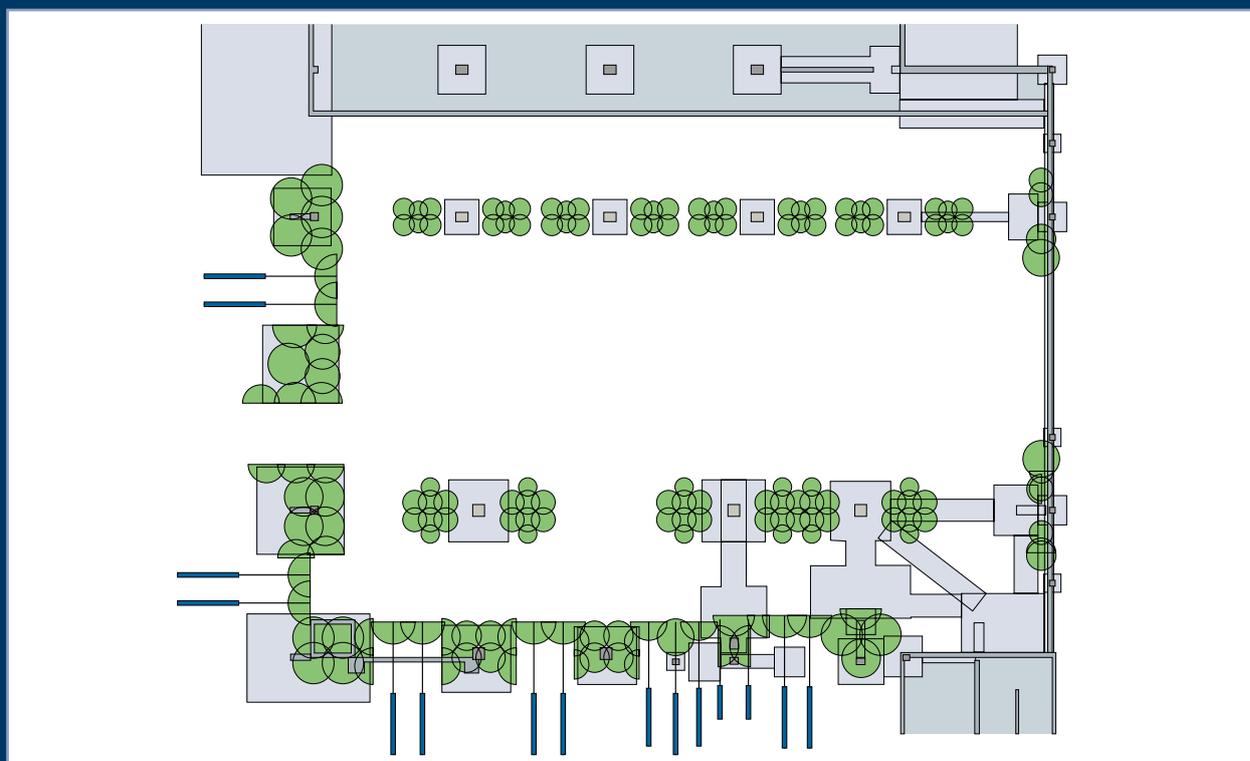
Soilcrete® – Storia

Con l'acquisizione, nel 1979, di un brevetto per la tecnologia del jet grouting e l'introduzione in Germania di tale processo esecutivo con il marchio "Soilcrete®", Keller è entrata a far parte delle Aziende leader di questo settore per il consolidamento dei terreni.

Soilcrete® – Sequenza di realizzazione

Partendo da piccoli lavori di sottofondazione, si è dato il via allo sviluppo di un metodo innovativo per il consolidamento dei terreni. Uno sviluppo costante e continuo ci ha permesso di mettere a punto una tecnica all'avanguardia che a tutt'oggi utilizziamo.

- Il processo Soilcrete® è stato modificato per adattarlo a diversi tipi di terreno.
- La gamma delle applicazioni è stata ampliata per offrire soluzioni a varie problematiche.
- Sono state sviluppate e migliorate le attrezzature necessarie per tale lavorazione.



Rinforzo, modifica ed ampliamento di fondazioni esistenti



La tecnologia più flessibile nell'ambito dell'ingegneria geotecnica

Il Soilcrete® (Jet grouting) è uno dei metodi di trattamento dei terreni più efficienti e flessibili nel campo della ingegneria geotecnica per la realizzazione di elementi di rinforzo dei terreni atti a sostenere i carichi trasmessi dalle strutture e sistemi di impermeabilizzazione. Keller, tra i primi, ha adottato questa tecnologia, l'ha introdotta nel mercato tedesco nel 1979 ed oggi la utilizza in tutto il mondo. Grazie alla costante attività di ricerca e all'innovazione continua, nonché agli investimenti destinati al costante aggiornamento delle attrezzature, siamo diventati leader del mercato. A livello tecnologico siamo in grado di realizzare soluzioni che risolvono le più svariate problematiche di tipo geotecnico, per ogni tipo di terreno,

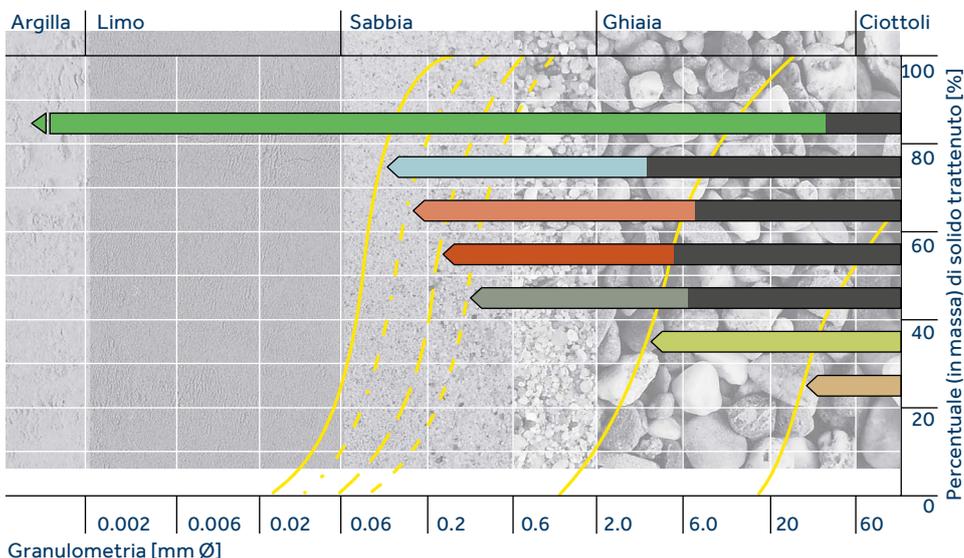
coprendo tutta la gamma che va dalle sabbie e ghiaie fino alle argille compatte. Personale tecnico esperto e qualificato, attrezzature moderne, severi controlli qualitativi ed una vasta esperienza nell'ambito della progettazione sono alla base di una professionalità all'avanguardia che non viene mai meno. Con il sistema Soilcrete®, Keller offre nuove idee per la realizzazione di opere di supporto per lo scavo di gallerie, per le fondazioni di strutture nuove o esistenti, per il restauro di edifici storici o per la costruzione di opere di sostegno. L'esperienza di Keller si estende anche alla realizzazione di opere di sostegno provvisorie delle pareti di scavo ed ai lavori di impermeabilizzazione del fondo per evitare l'ingresso di acqua negli scavi profondi.

Limiti applicativi delle tecniche di iniezione

- █ Soilcrete® – Jet grouting
- █ Soluzioni sintetiche
- █ Soluzioni a base di silicato di sodio [bv]
- █ Gel di silice [av]
- █ Cemento ultrafine
- █ Boiaccia di cemento
- █ Malta

bv = bassa viscosità
av = alta viscosità

 economico
 non economico

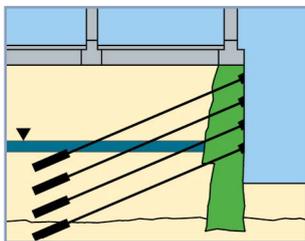




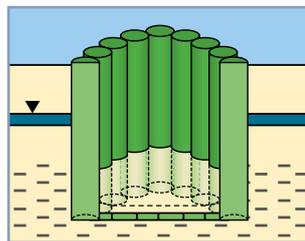
Applicazioni

Soilcrete® è il metodo ideale per un'ampia gamma di applicazioni.

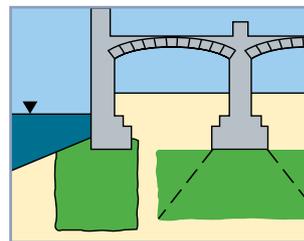
Consolidamenti	Impermeabilizzazioni
Sottofondazioni	Diaframature lamellari
Gusci propedeutici allo scavo di gallerie	Solette di impermeabilizzazione profonda
Stabilizzazione della calotta e/o intradosso delle gallerie	Solette ad arco rovescio
Rinforzo ed ampliamento di fondazioni esistenti	Setti impermeabilizzanti
Modifica delle fondazioni	Impermeabilizzazione di corpi diga
Paratie di contenimento pozzi	Impermeabilizzazione di giunti
Fondazioni profonde	Sigillatura di giunti e crepe/ nelle strutture



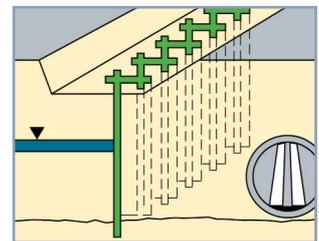
Opere di sostegno in sottofondazione



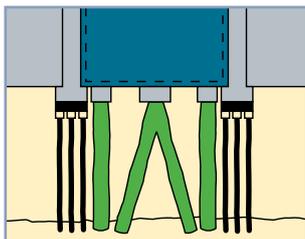
Paratie di contenimento per pozzi



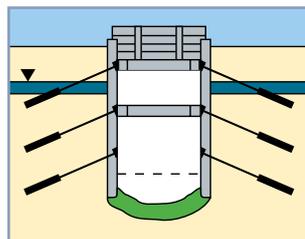
Consolidamento e rinforzo delle fondazioni



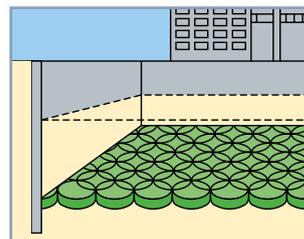
Diaframature lamellari



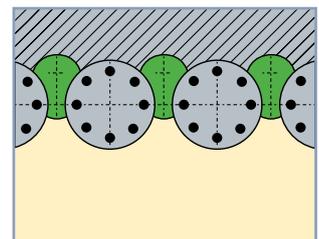
Fondazioni profonde



Solette ad arco rovescio



Solette di impermeabilizzazione profonda (tamponi di fondo)

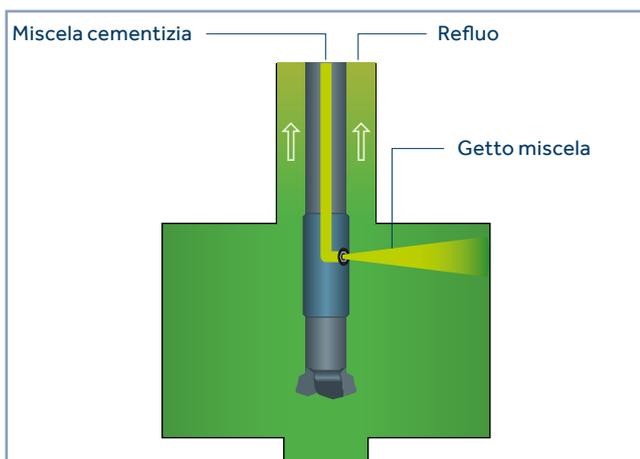


Impermeabilizzazioni di giunti

Soilcrete®

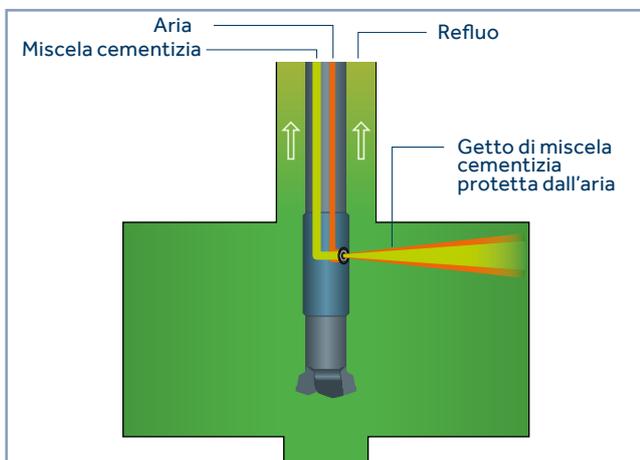
Le diverse modalità del processo esecutivo

Il procedimento Soilcrete® può essere effettuato in tre modi diversi. Il metodo da applicare dipende dalle condizioni prevalenti del terreno, dalla forma geometrica da ottenere e dalla qualità richiesta agli elementi strutturali da realizzare con il Soilcrete®.



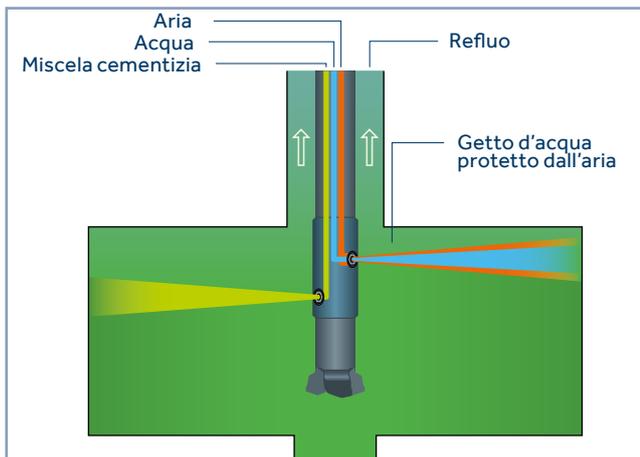
Soilcrete® - S

Il processo denominato "Simplex" viene effettuato con un getto di miscela cementizia iniettata ad una velocità d'uscita maggiore di 200 m/sec con simultaneo taglio e mescolamento del terreno senza l'utilizzo dell'aria. Il processo "S" è indicato per la realizzazione di colonne di jet grouting con dimensioni che vanno da piccole a medie.



Soilcrete® - D

Il processo denominato "Duplex" viene effettuato con un getto di miscela cementizia iniettata ad una velocità di uscita maggiore di 200 m/sec con simultaneo taglio e mescolamento del terreno. Per aumentare l'efficienza erosiva e la portata del getto viene utilizzato un apposito ugello per l'aria posizionato in maniera coassiale e quello della miscela cementizia. Il processo "D" è indicato per colonne di jet grouting con dimensioni che vanno da medie a molto grandi.

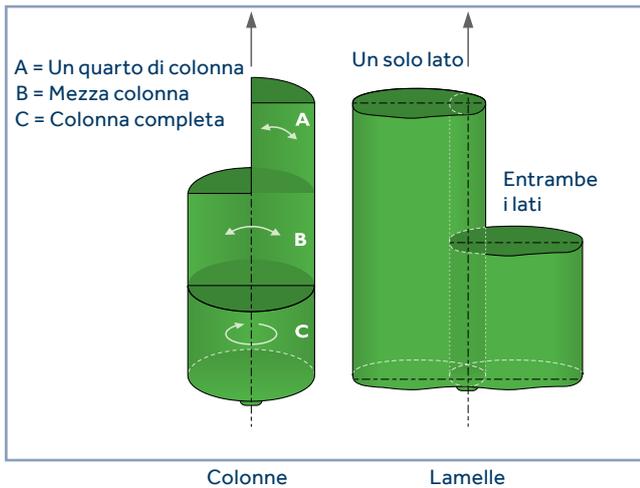


Soilcrete® - T

Il processo denominato "Triplex" prevede una iniziale erosione terreno con un getto d'acqua ed aria ad una velocità di uscita maggiore di 200 m/sec. La miscela cementizia viene iniettata simultaneamente attraverso un ugello supplementare ubicato sotto l'ugello dell'acqua e dell'aria. La pressione di pompaggio della miscela cementizia è dell'ordine dei 15 bar. Una variazione di questo processo consiste nel non utilizzare l'aria. Il processo "T" è particolarmente indicato per il trattamento di terreni coesivi.

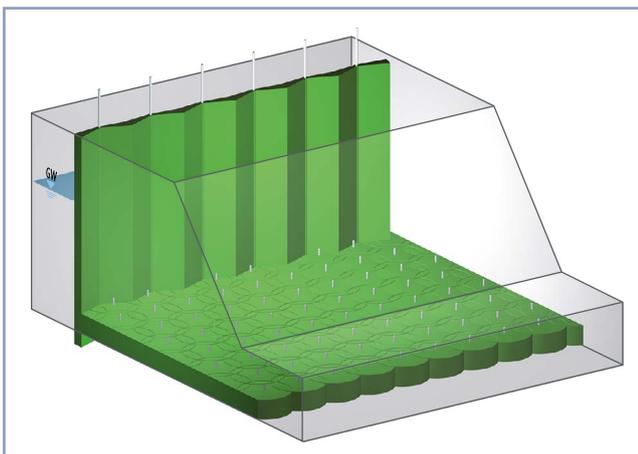
Soilcrete®

Forme geometriche del Soilcrete

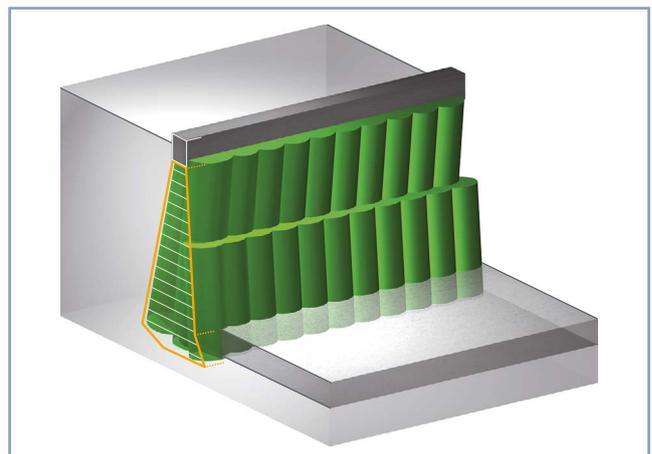


La forma geometrica degli elementi in Soilcrete® viene creata attraverso i diversi movimenti delle aste di perforazione:

- Estrazione + rotazione completa per la creazione di colonne complete.
- Estrazione + parziale rotazione per la creazione di segmenti e mezza colonne.
- Estrazione con rotazione alternata di pochi gradi per la formazione di lamelle. Se si utilizzano più ugelli si possono produrre varie lamelle.



Paratia di sostegno laterale con tampone di fondo



Sottofondazione

La bellezza della perfezione



Soilcrete® – Descrizione del processo

Soilcrete® (Jet grouting) è un metodo per il trattamento ed il miglioramento del terreno. Il terreno intorno all'asse di perforazione viene eroso da getti taglienti ad alta velocità di miscela cementizia (o acqua). Il procedimento Soilcrete® può essere eseguito con tre distinte modalità, a seconda delle condizioni del terreno e delle specifiche del progetto, in termini di diametro reso delle colonne, vale a dire:

- 1) Soilcrete "singolo o monofluido" con uno o più getti di sola miscela cementizia;
- 2) Soilcrete "doppio o bifluido", ovvero con un getto di miscela cementizia ed aria;
- 3) Soilcrete "triplo o trifluido", ovvero un getto di acqua con contemporanea immissione di aria e getto di cemento da un ugello posto più in basso.

Il terreno eroso viene tagliato, inglobato e mescolato con la miscela cementizia (e con l'acqua, nel processo triplo). L'eccesso di tale miscela cementizia + terreno, fuoriesce dallo spazio anulare tra le aste ed il foro di perforazione. L'erosione del terreno ed il processo di sostituzione vengono costantemente controllati e monitorati elettronicamente, in tempo reale, con sistemi DAQ (Diagnostic Assessment Questionnaire). Gli elementi Soilcrete® sono realizzati in varie forme

geometriche mediante il movimento delle aste di perforazione e possono essere combinati in vari modi.

Il Soilcrete® – Le proprietà

Il carico di rottura a compressione (Rck) del Soilcrete® è determinato dal contenuto in cemento, dal tipo e quantitativo di terreno inglobato nella massa durante il trattamento. La capacità di impermeabilizzazione del Soilcrete® si ottiene con l'eliminazione del volume dei vuoti nel terreno sostituendolo con il materiale cementizio. L'omogeneità nel processo di trattamento determina il grado di riduzione della permeabilità.

A seconda della natura dei terreni, dei materiali iniettati e dell'omogeneità ottenuta, le paratie in Soilcrete® possono ridurre il coefficiente di permeabilità di diversi ordini di grandezza. E' possibile ottenere ottimi risultati per quanto riguarda il miglioramento del fattore di permeabilità scegliendo materiali e parametri operativi adeguati, insieme all'applicazione di accurati standard di controllo della qualità. In molte applicazioni gli elementi Soilcrete® vengono utilizzati sia per il supporto/rinforzo strutturale che per garantire il controllo e la drastica riduzione dell'entrata di acqua.

Caratteristiche tecniche

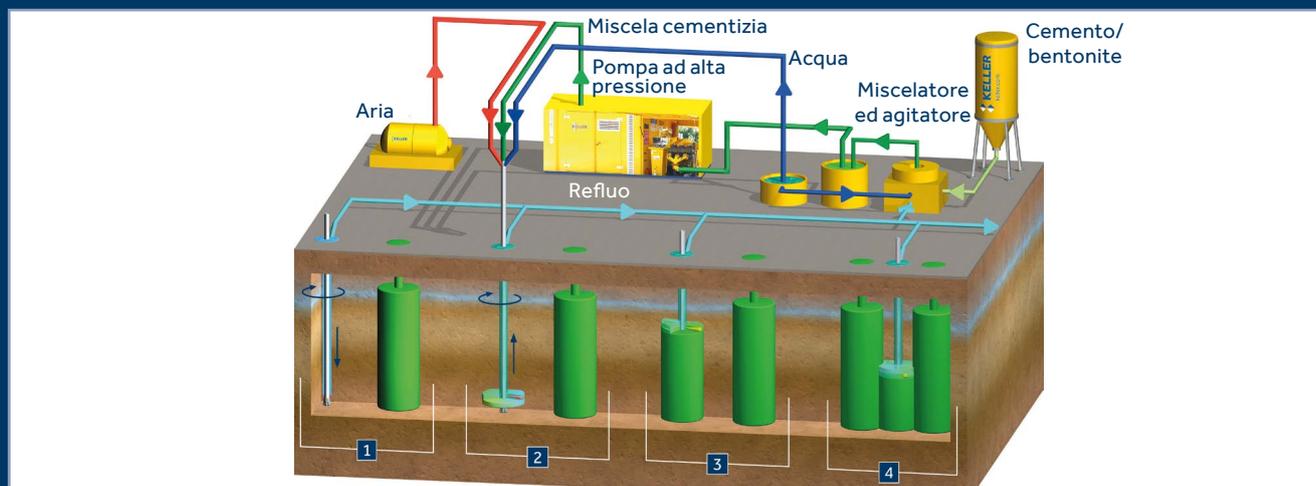
- Elevate velocità di taglio con la miscela cementizia o acqua, con velocità in uscita > di 200 m/sec
- Capacità di erosione dei getti fino a diversi metri
- Adattabilità della tecnologia a terreni; a partire da materiali organici e argilla fino a ghiaie grossolane con ciottoli
- Valori di carico di rottura a compressione fino a 20 N/mm² (in terreni incoerenti)
- Profondità di perforazione oltre 50 m
- Possibilità di realizzare elementi in Soilcrete® con forma geometrica variabile
- Esecuzione in base allo standard europeo EN 12716

Soilcrete® – Fasi esecutive

L'impianto cantiere per lavori in Soilcrete® è costituito da uno o più silos di stoccaggio del cemento o per altri componenti della miscela cementizia, mescolatori automatici, agitatori e pompe ad alta pressione. Tubi ad alta pressione certificati collegano la pompa alla sonda di perforazione posizionata sul punto di perforazione.

La lunghezza del "must" della sonda di perforazione è variabile a seconda dei lavori da eseguire: da meno di 2m per spazi ristretti o all'interno di edifici esistenti, fino a 35m

per spazi all'aperto. I punti di perforazione sono generalmente ubicati all'interno di piccole trincee, dalle quali il materiale di risulta (refluo cementizio) viene rimosso ed aspirato con pompe per fanghi per essere convogliato in vasche in terra preventivamente impermeabilizzate o in vasconi metallici o in impianti di decantazione. Se necessario, vengono utilizzati anche impianti ed attrezzature supplementari per riciclare e ridurre il volume del materiale di risulta (filtropressa).



Perforazione

Per raggiungere la profondità richiesta, la perforazione avviene tramite aste dotate di testina di adduzione e, all'estremità inferiore, di monitor nei quali sono alloggiati uno o più ugelli.

Jetting

L'erosione del terreno avviene attraverso la fuoriuscita dagli ugelli di getti taglienti di miscela cementizia (o acqua) ad alta velocità; tali ugelli sono posti all'estremità inferiore della batteria di aste di perforazione. L'eccesso di miscela cementizia + terreno viene espulso in superficie risalendo tra lo spazio anulare tra le aste ed il foro. Il monitoraggio costante di tutti i parametri rilevanti è garantito dai sistemi DAQ.

Miscela cementizia

Contemporaneamente all'erosione del terreno viene iniettata, attraverso gli ugelli presenti sul monitor, una miscela di cemento, sotto forma di getto tagliente.

La turbolenza provocata dal processo di iniezione produce il mescolamento omogeneo con i componenti del terreno che vanno a costituire l'elemento in Soilcrete®.

Geometrie

E' possibile realizzare elementi Soilcrete® di varie forme o geometrie, sia lavorando "fresco su fresco" che "fresco su solido". Gli elementi Soilcrete® possono essere abbinati e connessi in vari modi.

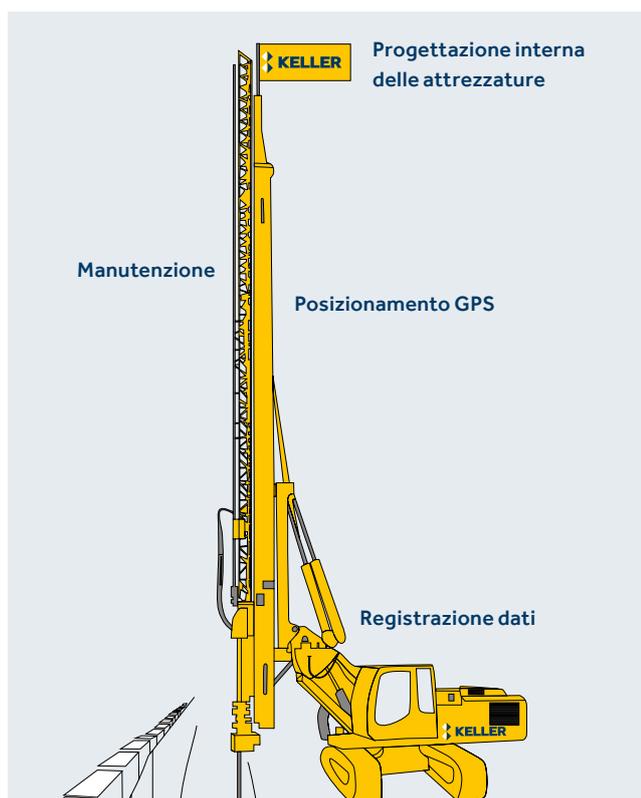
Soilcrete® Controllo qualità

Efficienza, affidabilità e qualità attraverso l'automatizzazione ed il controllo dei processi.

Efficienza in termini di costi e tempo, senza scendere a compromessi riguardo alla qualità, sono il nostro biglietto da visita. Ci rendiamo conto che i nostri clienti si sono impegnati a loro volta con i loro clienti ed interlocutori. Quando proponiamo le nostre idee o i nostri progetti sappiamo bene quali sono le nostre responsabilità e ci impegniamo a soddisfare le aspettative e le esigenze dei nostri clienti.

Il Processo Gestione Qualità di Keller (Quality Process Management - QPM) mette in collegamento diretto il nostro personale tecnico così come quello di supporto e manutenzione, con il nostro staff e con le attrezzature presenti in cantiere. Mentre le nostre macchine operatrici sono in funzione i sensori registrano elettronicamente ed in tempo reale tutti

i parametri operativi, come profondità, pressione, portata, velocità di rotazione ed altri dati rilevanti per assicurare la qualità del processo produttivo e per poter avere subito un "feedback" nei nostri uffici. I nostri ingegneri ed il personale di supporto controllano questi dati per poter prendere decisioni riguardanti eventuali variazioni da apportare al progetto oppure ai processi esecutivi, nonché programmare gli interventi di manutenzione necessari alle attrezzature impiegate. L'avanzato livello di automatizzazione e controllo dei processi ci permette di ridurre i tempi di fermo dei nostri macchinari, di reagire prontamente in presenza di impreviste condizioni geologiche dei terreni e di ottimizzare i progressi e l'efficienza del nostro lavoro. Il vantaggio per i nostri clienti sono qualità e sicurezza che si traducono in prestazioni affidabili.



Registrazione dati M5

Lo standard europeo EN 12716, con l'aggiornamento del 2018, renderà obbligatoria la registrazione digitale e continua dei dati. Sono già molti anni che Keller utilizza un sistema di acquisizione dati (M5) progettato in azienda per tutti i prodotti Keller, compreso il Soilcrete®. Vengono registrati tutti i parametri di esecuzione rilevanti, come la velocità di trattamento, il numero di giri al minuto della batteria di perforazione, la pressione di iniezione, la portata di tutte le miscele iniettate e dell'aria, così come le coppie di avanzamento, la spinta verso il basso e molti altri parametri ancora. Tutto ciò costituisce lo strumento più importante per la verifica e restituzione finale del parametro "as built" (come realizzato) per ogni singolo elemento realizzato.

di ultima generazione per i processi di jet grouting. Questo permette alla nostra azienda di progettare e produrre macchine operatrici di perforazione per un'ampia gamma di esigenze. Sono disponibili attrezzature che vanno dalle 3 ad oltre 40 tonnellate di peso. Ogni macchina è dotata di un sistema M5 per l'acquisizione dei dati. Nei casi in cui risulti necessario, si possono aggiungere alla dotazione anche sistemi GPS, manipolatori delle aste di perforazione, estensioni del must di perforazione, strumenti speciali per la perforazione e l'iniezione in pressione. Interventi di manutenzione, sia a distanza che sul posto, vengono effettuati da un team di elettricisti e meccanici specializzati.

Visualizzazione

I progetti Soilcrete® diventano sempre più complessi e per mantenere i nostri elevati livelli qualitativi è necessario trovare nuove modalità per visualizzare gli elementi realizzati. Keller ha fatto da apripista nel campo della visualizzazione 3D ad alta risoluzione degli elementi in Soilcrete®. Il controllo tramite GPS permette la precisa localizzazione dei nostri utensili di perforazione; questo si combina ad una precisa misurazione delle deviazioni in fase di perforazione.

Attrezzature

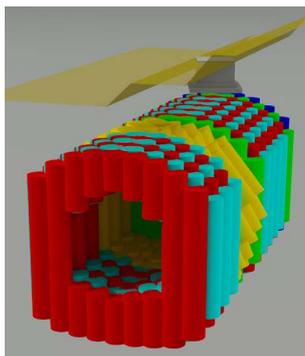
Keller possiede un suo dipartimento tecnico in grado di sviluppare attrezzature e strumenti



Registrazione dati M5



Controllo del diametro



Visualizzazione



Campionatura e test

Controllo dei diametri

Oltre ai requisiti di resistenza e di riduzione del coefficiente di permeabilità dei terreni trattati è di fondamentale importanza anche determinare l'effettivo diametro degli elementi in tutti gli strati del terreno trattato, in modo da rispettare le specifiche del progetto. Il sistema ACI© (Acoustic Column Inspector) di Keller è stato sviluppato e brevettato in modo da poter effettuare le misurazioni del diametro ed ottimizzare così i parametri di esecuzione in dettaglio, anche durante la fase di iniezione della miscela cementizia. Un'altra caratteristica del sistema ACI© è la capacità di controllare e dimostrare il collegamento tra i singoli elementi realizzati mediante jet grouting e le strutture esistenti, come le palancole, pareti in diaframma in calcestruzzo o altri sistemi di supporto laterale.

Campionatura e test

Gran parte dei requisiti specifici richiesti nei nostri progetti riguardano il raggiungimento di una determinata resistenza caratteristica (R_{ck}) spesso abbinata anche ad una riduzione della permeabilità (conduttività idraulica). Vengono applicati vari metodi per prelevare campioni e verificare le proprietà delle colonne, come il carotaggio, la campionatura a fresco con strumenti di prelevamento in profondità, nonché prelievo di campioni sul refluo che fuoriesce durante il trattamento. Questi campioni vengono poi analizzati da laboratori certificati per controllarne la resistenza ed anche i coefficienti di permeabilità, se necessario.



Keller Fondazioni S.r.l

Via della Siderurgia 10
37139 Verona

Löwecenter
Via Isarco 1 · Eisackstraße 1
39040 Varna/Bressanone · Vahrn/Brixen (BZ)

www.keller-fondazioni.com

Specialisti in soluzioni geotecniche