



Soilcrete® (jet grouting)

Efektywna i uniwersalna
metoda wzmocnienia gruntu



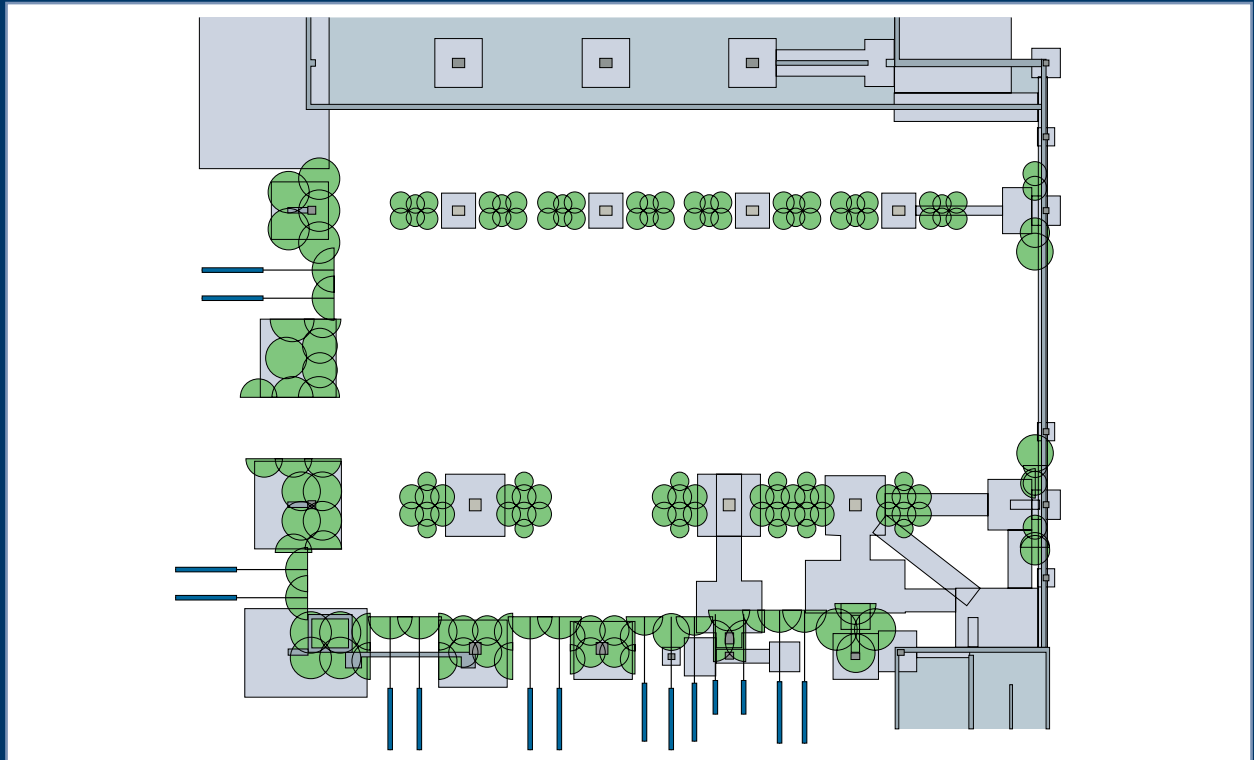
Soilcrete® – historia

Wraz z uzyskaniem licencji w 1979 r. i wprowadzeniem technologii jet grouting na rynek niemiecki pod nazwą handlową „Soilcrete®”, Keller wkroczył na nowy segment wzmocnienia gruntu.

Soilcrete® – wprowadzenie

Początkowo, ta niestandardowa metoda wzmocnienia gruntu była wykorzystywana do wykonywania niewielkich podchwyceń fundamentów. Żeby osiągnąć dzisiejszy poziom zaawansowania konieczny był ciągły rozwój technologii.

- Proces technologiczny Soilcrete® został zmodyfikowany w celu dostosowania do pracy w zróżnicowanych warunkach gruntowych.
- Zakres zastosowań został poszerzony żeby zapewnić rozwiązania dla szerokiej gamy problemów.
- Sprzęt został rozwinięty i dostosowany do wymagań technologicznych.



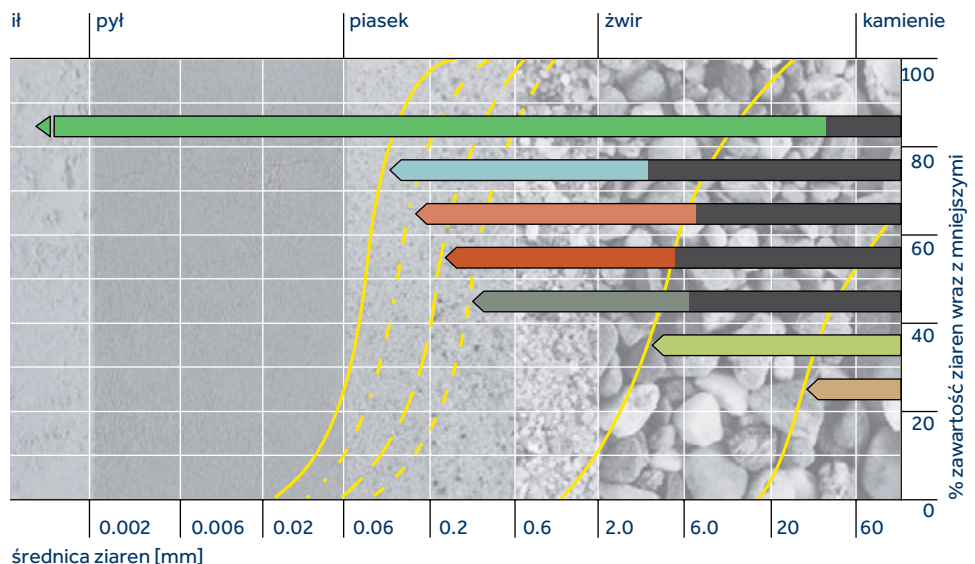
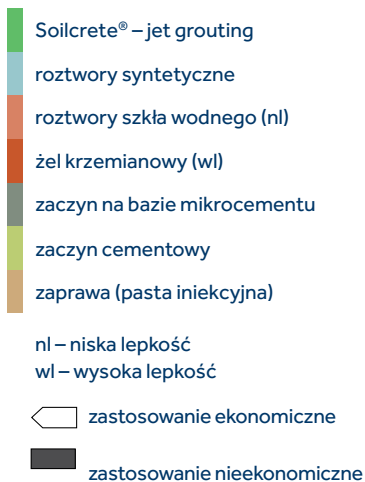
Naprawa, modyfikacja i powiększenie istniejących fundamentów

Najbardziej elastyczna technologia w geotechnice

Soilcrete® (jet grouting) jest jedną z najbardziej wydajnych i elastycznych metod wzmocnienia gruntu z pośród wykorzystywanych do formowania w podłożu struktur nośnych oraz przeciwfiltracyjnych. Keller wprowadzając technologię jet grouting na rynek niemiecki w 1979 r., był jednym z pionierów jej implementacji, dziś wykorzystuje Soilcrete® do szeregu zastosowań na całym świecie.

Doświadczony personel, nowoczesny sprzęt, rygorystyczna kontrola jakości i duże doświadczenie projektowe stanowią podstawy umożliwiające uzyskanie doskonałych wyników w najtrudniejszych warunkach. Z technologią Soilcrete®, Keller oferuje innowacyjne rozwiązania dla obudowy tuneli, fundamentów nowych i istniejących konstrukcji, odnowy historycznych budowli i konstrukcji oporowych. Do powyższych należy zaliczyć również ograniczające napływ wody do wykopu – ciągłe podchwycenia fundamentów i poziome przesłony przeciwfiltracyjne.

Granice zastosowania poszczególnych technologii iniekcyjnych

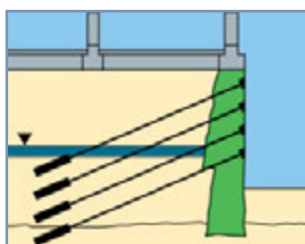




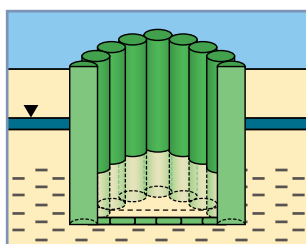
Zastosowanie

Soilcrete® jest technologią umożliwiającą zastosowanie w szerokim zakresie rozwiązań geotechnicznych.

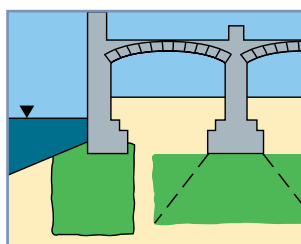
Stabilizacja	Uszczelnienie
Podchwycenia	Przegrody przeciwfiltracyjne
Bloki startowe i odbiorcze tuneli	Poziome przesłony przeciwfiltracyjne
Stabilizacja sklepień i podłoża tuneli	Przesłony przesklepione (łukowe)
Wzmacnianie i powiększanie fundamentów	Membbrany przeciwfiltracyjne
Modyfikacje fundamentów	Uszczelnienia rdzenia zapory
Obudowy wykopów w tym szyby	Wypełnienia palisady
Głębokie fundamentowanie	Uszczelnienia połączeń i otworów konstrukcyjnych



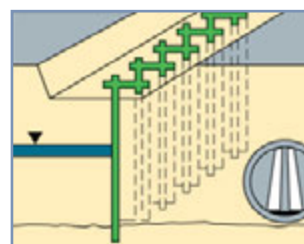
Podchwycenie



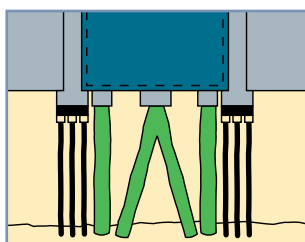
Obudowa szybu



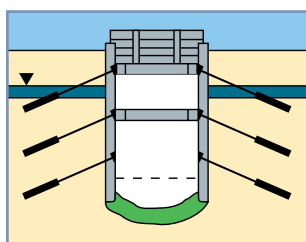
Wzmacnianie i powiększanie fundamentów



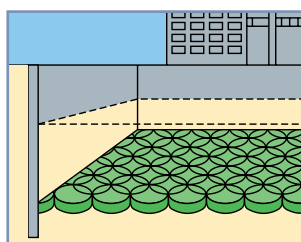
Przegrody przeciwfiltracyjne



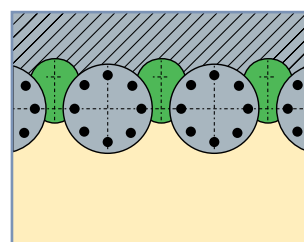
Głębokie fundamentowanie



Przesłony przesklepione (łukowe)



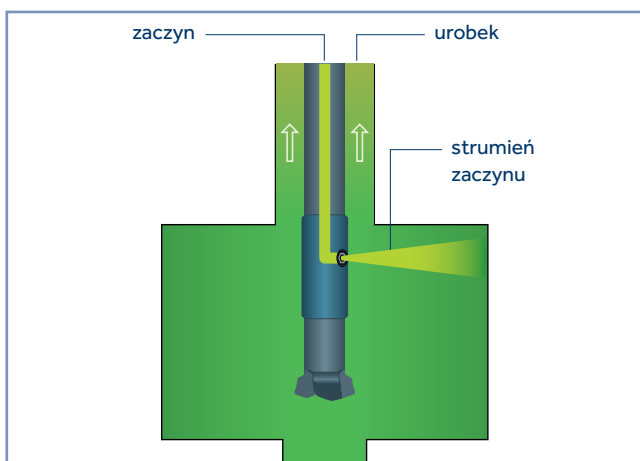
Poziome przesłony przeciwfiltracyjne



Wypełnienia palisady

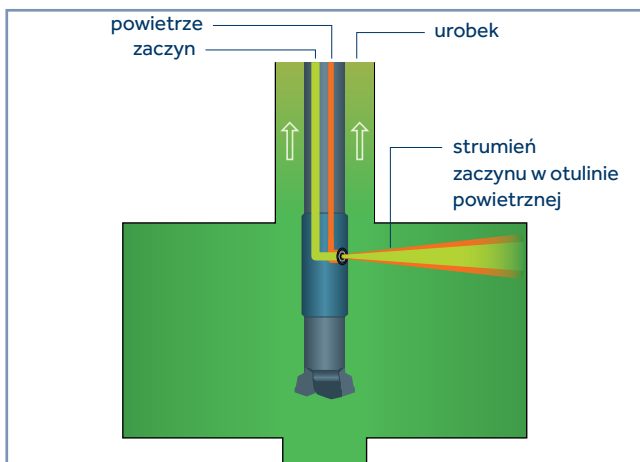
Soilcrete® stosowane systemy

Rozróżnia się trzy podstawowe rodzaje technologii Soilcrete®. Wybór metody iniekcji z pośród podanych jest uzależniony od warunków gruntowych, geometrii wzmocnienia oraz jego parametrów fizycznych.



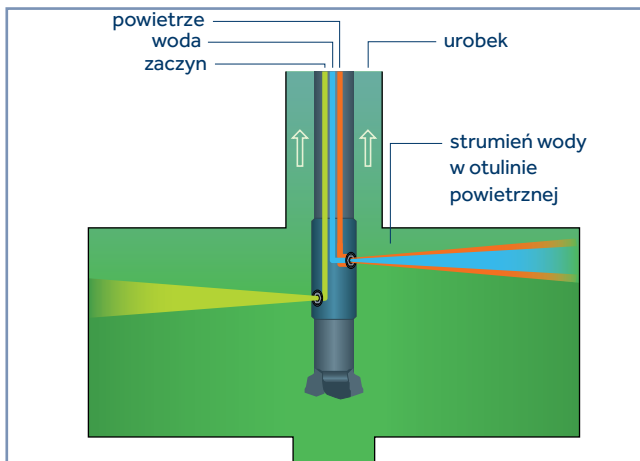
Soilcrete® – S

System pojedynczy gdzie rozluźnienie struktury gruntu i cementacja następuje jednocześnie podczas oddziaływania wysokoenergetycznego strumienia medium iniecyjnego (bez otuliny powietrznej), wydostającego się z dyszy iniecyjnej z prędkością do 200 m/s. System S wykorzystywany jest przy wykonywaniu elementów mało i średnio gabarytowych.



Soilcrete® – D

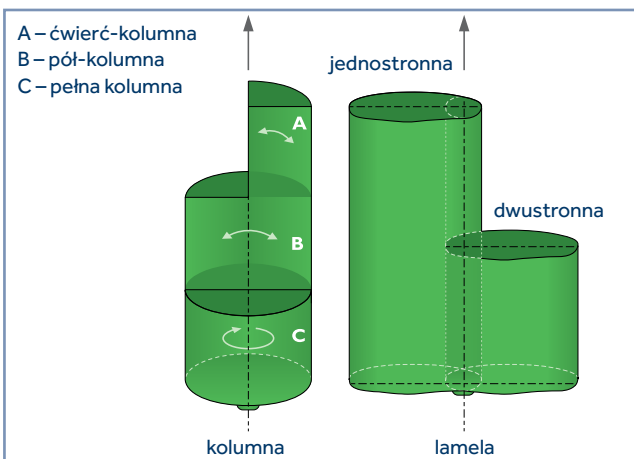
System podwójny gdzie rozluźnianie struktury gruntu i cementacja następuje jednocześnie podczas oddziaływania wysokoenergetycznego strumienia medium iniecyjnego, wydostającego się z dyszy iniecyjnej z prędkością ok. 200 m/s, otoczonego otuliną sprężonego powietrza dla podwyższenia koncentracji strumienia i zwiększenia zasięgu. System D wykorzystywany jest przy wykonywaniu elementów średnio i wysoko gabarytowych (do 5m średnicy).



Soilcrete® – T

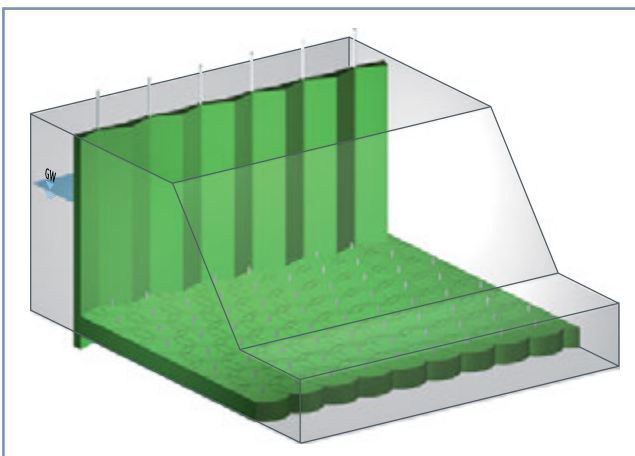
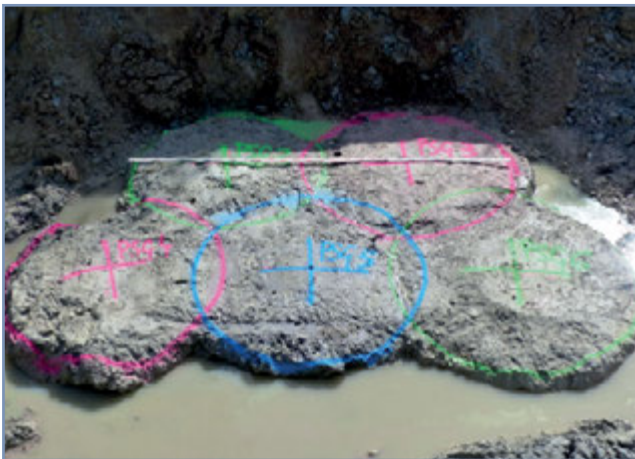
System potrójny gdzie rozluźnianie struktury gruntu następuje podczas oddziaływania wysokoenergetycznego i niezależnie wyprowadzonego strumienia wody, wydostającego się z dyszy z prędkością ok. 200 m/s, otulonego sprężonym powietrzem dla podwyższenia koncentracji strumienia, a proces cementacji gruntu odbywa się przez równoczesne podawanie zaczynu cementowego pod ciśnieniem co najmniej 15 bar, który wypływa z oddzielnej dyszy, umieszczonej poniżej dyszy wodnej. Możliwe jest użycie systemu T bez otuliny powietrznej jeżeli jest to wymagane. System T stosuje się głównie w gruntach spoistych.

Soilcrete® geometria

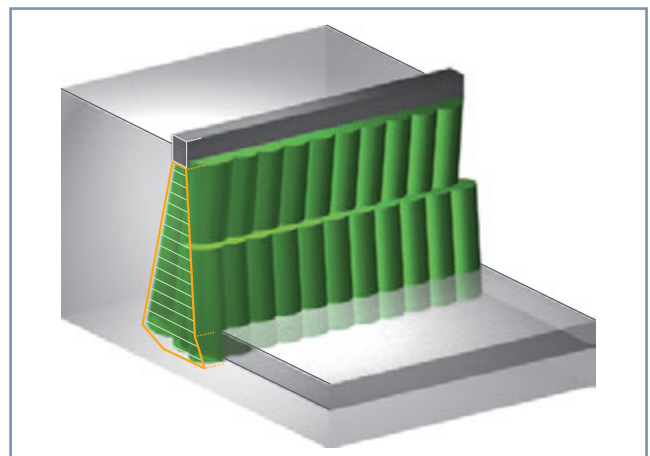


Elementy Soilcrete® są formowane poprzez ruch żerdzi wiertniczej w określony sposób:

- Podciąganie i obrót w pełnym zakresie prowadzi do uformowania pełnej kolumny.
- Podciąganie i obrót w określonym zakresie kątowym prowadzi do uformowania półkolumn lub kolumn sektorowych będących wycinkiem koła.
- Podciąganie bez obrotu powoduje uformowanie cienkich paneli zwanych lamelami. Jeżeli zostanie użyty monitor wyposażony w więcej niż jedną dyszę, można formować kilka lamel jednocześnie.



Ściana z lameli i pozioma przesłona przeciwfiltracyjna



Podchwycenie

Piękno doskonałości



Soilcrete® – opis technologii

Soilcrete® (jet grouting) jest metodą wzmocnienia gruntu polegającą na lokalnym rozluźnieniu struktury podłoża przez rozplukanie za pomocą wysokoenergetycznego strumienia medium iniekcyjnego lub wody o dużej prędkości wylotowej, przy jednoczesnym wymieszaniu gruntu zalegającego w podłożu z materiałem iniekcyjnym. Rozróżnia się trzy rodzaje technologii Soilcrete®, których zastosowanie wynika z warunków gruntowych lub specyfikacji: System pojedynczy z jedną lub więcej dyszą iniekcyjną; system podwójny z jedną lub więcej parą dysz- iniekcyjną i powietrzną; system potrójny z jedną lub więcej parą dysz- wodną i powietrzną oraz znajdującą się pod nimi dyszą iniekcyjną.

W trakcie iniekcji zaczyn cementowy, przy udziale turbulencji, miesza się z cząstkami gruntu (i wody w przypadku systemu T). Nadmiar mieszaniny grunto-wodno-cementowej wydostaje się na powierzchnię przez pierścieniową przestrzeń wokół żerdzi. Ustalone parametry produkcyjne są przez cały czas monitorowane i sterowane automatycznie. Bryły Soilcrete® kształtowane w dowolne formy geometryczne będące wycinkiem koła poprzez ruch żerdzi wiertniczej, dają się swobodnie poszerzać, łączyć i przedłużać. Materiał powstały z wymieszania gruntu z iniektem nazywany jest cementogruntem.

Soilcrete® – właściwości

Wytrzymałość na ściskanie stwardniałego cementogruntu zależy od zawartości spoiwa w uformowanej bryle Soilcrete® oraz właściwości gruntu z którym iniekt został wymieszany. Efekt redukcji napływu wody za pomocą technologii Soilcrete® uzyskuje się poprzez wypełnienie porów gruntu cementem co prowadzi do zredukowania ich objętości. Istotnym czynnikiem jest również homogeniczność bryły Soilcrete®.

W zależności od rodzaju gruntu, iniektu i uzyskanej homogeniczności redukcja współczynnika filtracji za pomocą przegród przeciwfiltracyjnych Soilcrete® może dochodzić do kilku rzędów wielkości. Wysokie wymagania odnośnie redukcji napływu są spełnione poprzez odpowiedni dobór materiałów, parametrów iniekcji oraz dopracowany system kontroli produkcji i ścisłe warunki kontroli jakości. W wielu przypadkach elementy wykonane za pomocą technologii Soilcrete® są wykorzystywane zarówno jako struktury nośne jak i przeciwfiltracyjne.

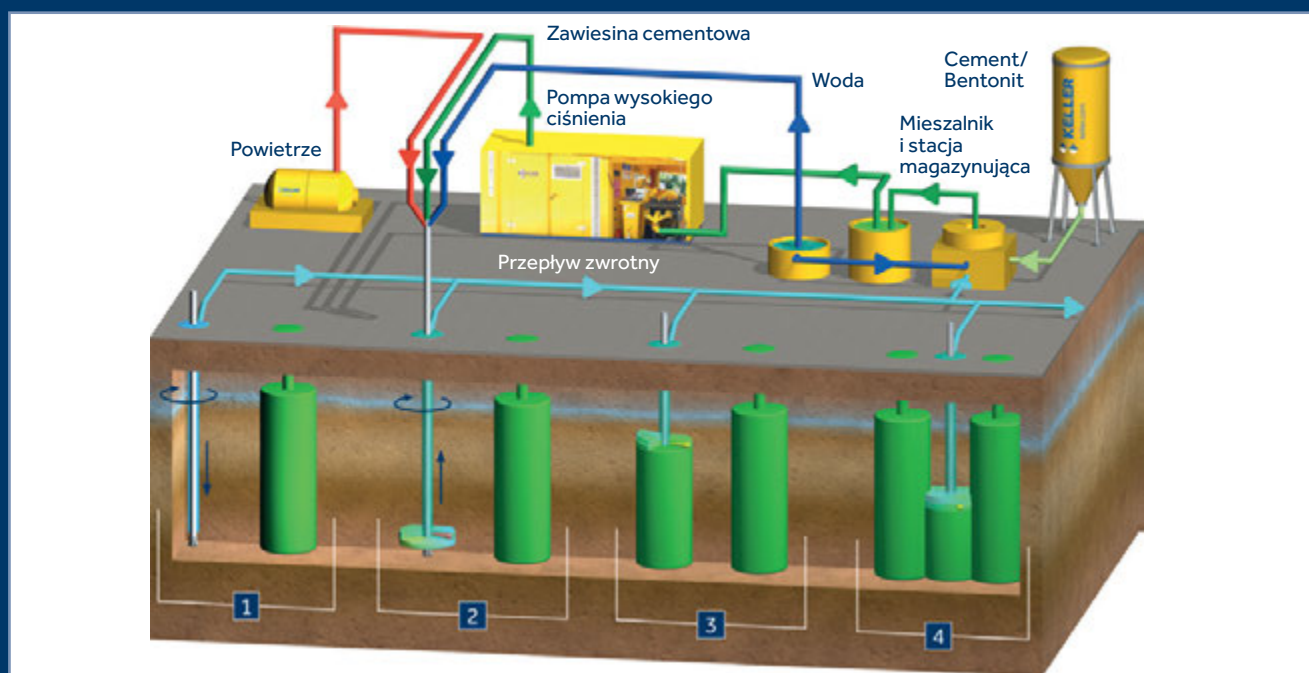
Szczegóły techniczne

- Prędkość wylotowa strumienia cieczy erodującej i powietrza ≥ 200 m/s
- Średnica kolumn pełnych do 5m, zasięg strumienia nawet do kilku metrów
- Możliwość stosowania w szerokim zakresie warunków gruntowych: od gruntów organicznych (z uwagą) przez spoiście grunty mineralne do grubego żwiru
- Wytrzymałość na ściskanie (jednoosiowe) stwardniałego materiału do 20 MPa
- Głębokości iniekcji powyżej 50 m
- Za pomocą technologii Soilcrete® można kształtować prawie dowolne bryły geometryczne
- Realizacja prac zgodnie z Normą PN-EN 12716

Soilcrete® – kolejność prac

Typowy zestaw do produkcji i podawania zawiesiny Soilcrete® składa się z: silosów na spoiwo i inne materiały iniekcyjne, mieszalnika automatycznego, zbiornika na gotowy iniekt i pompy wysokociśnieniowej. Certyfikowane węże wysokociśnieniowe łączą pompę na zapleczu z wiertnicą znajdującą się na platformie roboczej. Długość masztu wiertnicy wynosi od 2m w przypadku modeli przystosowanych do pracy w pomieszczeniach, do ponad 35 m dla jed-

nostek pracujących w miejscach bez ograniczeń wysokościowych. Otwory wiertnicze są zazwyczaj zlokalizowane w płytkim wykopie umożliwiającym utrzymanie hydrostatyczne nadciśnienie zaczynu. Nadmiar urobku jest odpompowywany do specjalnie do tego przygotowanych dołów, zbiorników lub betonowozów. Jeżeli zachodzi taka konieczność można zastosować dodatkowy sprzęt do recyklingu i zmniejszania objętości wytwarzanego urobku.



Wiercenie

Żerdzie wiertnicze zakończone monitorem (urządzeniem w którym zamontowane są dysze) z koroną wiertniczą są wykorzystywane do osiągnięcia wymaganej głębokości iniekcji.

Wycinanie

Erozja gruntu za pomocą wysokoenergetycznego strumienia cieczy prowadzona jest zazwyczaj od dołu otworu wiertniczego. Nadmiar mieszanki cementu, gruntu i wody wydostaje się na powierzchnię. Ciągła kontrola parametrów iniekcji odbywa się przy pomocy automatycznego systemu sterującego – rejestracyjnego.

Iniekcja

Równocześnie z erozją gruntu podawany jest zaczyn cementowy który może być zarówno medium erodującym jaki i być wtłaczany niezależnie, przez osobny otwór w monitorze lub koronie wiertniczej. W wyniku turbulencji składniki ulegają wymieszaniu dzięki czemu powstaje zwarta bryła Soilcrete®.

Powiększenia

Bryły Soilcrete® dają się dowolnie formować, poszerzać i łączyć, zarówno w stanie świeżym (świeże w świeże) jak i po stwardnieniu (świeże w stwardniałe). Kolejność wykonania dostosowuje się do wymagań oraz specyfiki podejmowanego przedsięwzięcia budowlanego.

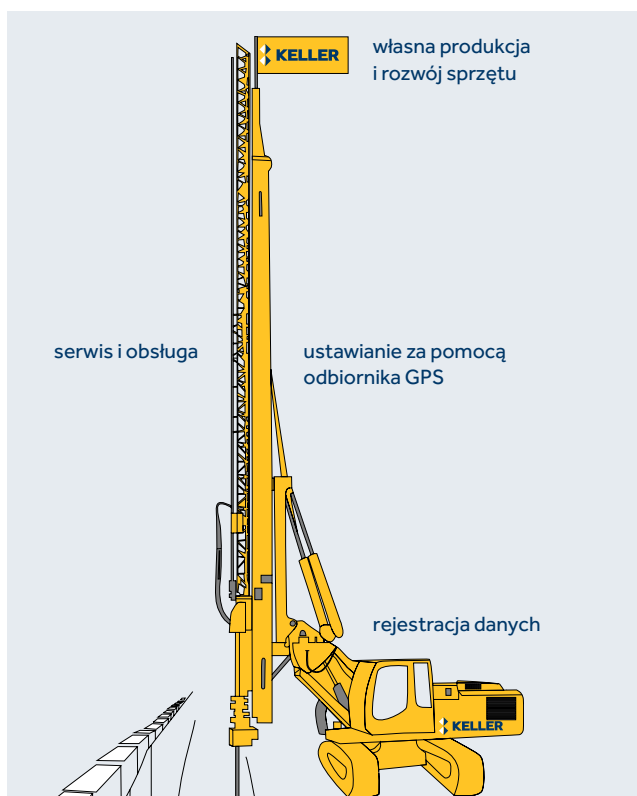
Soilcrete® kontrola jakości

Wydajność niezawodność i jakość dzięki automatyzacji i kontroli procesów.

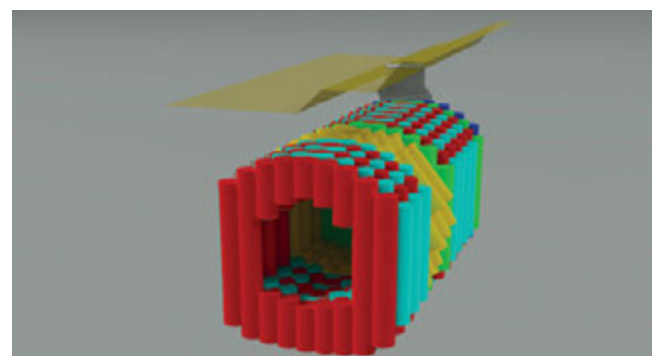
Naszym znakiem rozpoznawczym jest efektywność. Pamiętając o zobowiązaniach naszych klientów wobec swoich klientów i udziałowców traktujemy nasze obowiązki bardzo poważnie, tak by nasze rozwiązania i projekty fundamentów spełniały wysokie wymagania i oczekiwania.

W firmie Keller zarządzanie procesami jakości (QPM) łączy dział techniczny, wsparcia i serwisu bezpośrednio z personelem i sprzętem na placu budowy. Kluczowe parametry produkcji, takie jak głębokość, ciśnienie i przepływ zaczynu, prędkość podciągania i obrotowa żerdzi wiertniczej oraz inne istotne dane rejestrowane są w czasie rzeczyw-

istym w formie elektronicznej. Ma to zapewnić wymaganą jakość procesu produkcji i umożliwić wgląd w rejestrowane dane. Na ich podstawie inżynierowie i personel wspierający podejmują decyzje dotyczące zmian projektowych, dostosowania procesu produkcji lub koniecznej naprawy. Zaawansowany stopień automatyzacji procesów i sterowania pozwala na zredukowanie przestojów sprzętu, elastyczne reagowanie na nieprzewidziane zdarzenia, warunki geologiczne i optymalizowanie tempa i wydajności pracy. Korzyścią dla naszych klientów są wynikające z powyższych jakości i bezpieczeństwo umożliwiające pewne prowadzenie procesu budowlanego.



System sterowania i rejestracji danych M5



Wizualizacja

Wizualizacja

Projekty w technologii Soilcrete® z biegiem lat stają się coraz bardziej skomplikowane. Żeby utrzymać odpowiedni poziom jakości, wymagane są nowe sposoby wizualizacji wykonanych elementów. Keller jest pionierem w opracowywaniu dokładnej wizualizacji 3D elementów Soilcrete® w wysokiej rozdzielczości. W tym celu łączy się precyzyjną lokalizację wierceń za pomocą GPS oraz inklinometryczny pomiar odchyłek wiertniczych.

Sprzęt

Firma Keller posiada oddzielną jednostkę odpowiedzialną za projektowanie i produkcję najwyższej jakości sprzętu do iniekcji jet grouting. Pozwala to na dostosowanie sprzętu do specyficznych potrzeb wynikających bezpośrednio z doświadczeń na budowach. Dostępne są wiertnice o masie od 3 t do ponad 40 t. Każda z nich wyposażona jest w system kontrolno-rejestracyjny M5. Gdzie jest to konieczne, mogą zostać dodane: system GPS, manipulator do żerdzi wiertniczych, przedłużki masztu, specjalne narzędzia wiertnicze i iniekcyjne. Serwis prowadzony przez wykwalifikowaną grupę specjalistów, mechaników i elektryków odbywa się zarówno na budowie jak i bazach sprzętowych.

Kontrola średnicy

W celu spełnienia wymagań projektowych, poza wytrzymałością materiału i efektem uszczelniającym konieczne jest określenie średnicy kolumny iniekcyjnej na całej jej długości, często w zmieniających się warunkach gruntowych. Aby umożliwić wykonanie pomiarów średnicy i optymalizację parametrów iniekcji w czasie rzeczywistym w firmie Keller został opracowany i opatentowany akustyczny kontroler zasięgu strumienia ACI® (Acoustic Column Inspector). Specjalną cechą ACI® jest możliwość kontrolowania i dokumentowania połączeń między elementami iniekcyjnymi, a istniejącymi strukturami, takimi jak ścianki szczelne, ściany szczelinowe, pale i inne elementy zabezpieczenia wykopów.

Pobieranie i badanie próbek

Dla większości projektów dokumentacja techniczna określa wymaganą wytrzymałość charakterystyczną cementogruntu, a dla uszczelnień wymagany współczynnik filtracji materiału kolumny. Stosuje się różne metody pobierania próbek, takie jak rdzeniowanie, pobieranie świeżego materiału z kolumny za pomocą narzędzi lub bezpośrednio z wypływającego urobku. Próbkę tę badane są w certyfikowanych laboratoriach.

System sterowania i rejestracji danych M5

Rewizja normy EN 12716 z 2018 r. wprowadzi obowiązek stosowania elektronicznych systemów pomiarowych działających w czasie rzeczywistym. Firma Keller od lat stosuje, opracowany wewnętrznie, system rejestracyjno-kontrolny M5, dla szeregu swoich produktów wliczając Soilcrete®. Wszystkie istotne parametry wykonawcze takie jak prędkość podciągania i obrotowa żerdzi wiertniczej, ciśnienie i przepływ mediów iniekcyjnych oraz powietrza jak również moment obrotowy głowicy i siła nacisku mogą być rejestrowane. M5 jest najważniejszym narzędziem umożliwiającym zapis i weryfikację jakości wykonania każdego elementu.



Kontrola średnicy



Pobieranie i badanie próbek



Tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku

to jak dotychczas jedyny taki obiekt w Polsce. Ma blisko 1,5 km długości, a w najniższym miejscu przebiega na głębokości około 35 m. Do wydrążenia tunelu maszyną TBM niezbędne było wykonanie komory startowej i końcowej oraz początkowego i końcowego odcinka trasy. Oba odcinki wykonane były w wykopie otwartym ograniczonym ścianami szczelinowymi. Zablokowanie dopływu wody gruntowej zapewniono poprzez wykonanie poziomego ekranu przeciwniefiltracyjnego w technologii Soilcrete®. W tej samej technologii wykonano również bloki startowe i końcowe oraz nowatorskie kotwienie płyty dennej.

Keller Polska

Globalny zasięg, lokalny partner
www.keller.com.pl

