



Jet grouting type Soilcrete®

Une méthode efficace et polyvalente
pour renforcer et étancher les sols
avec une large gamme
d'utilisations possible

Solutions géotechnique pour le secteur de la construction



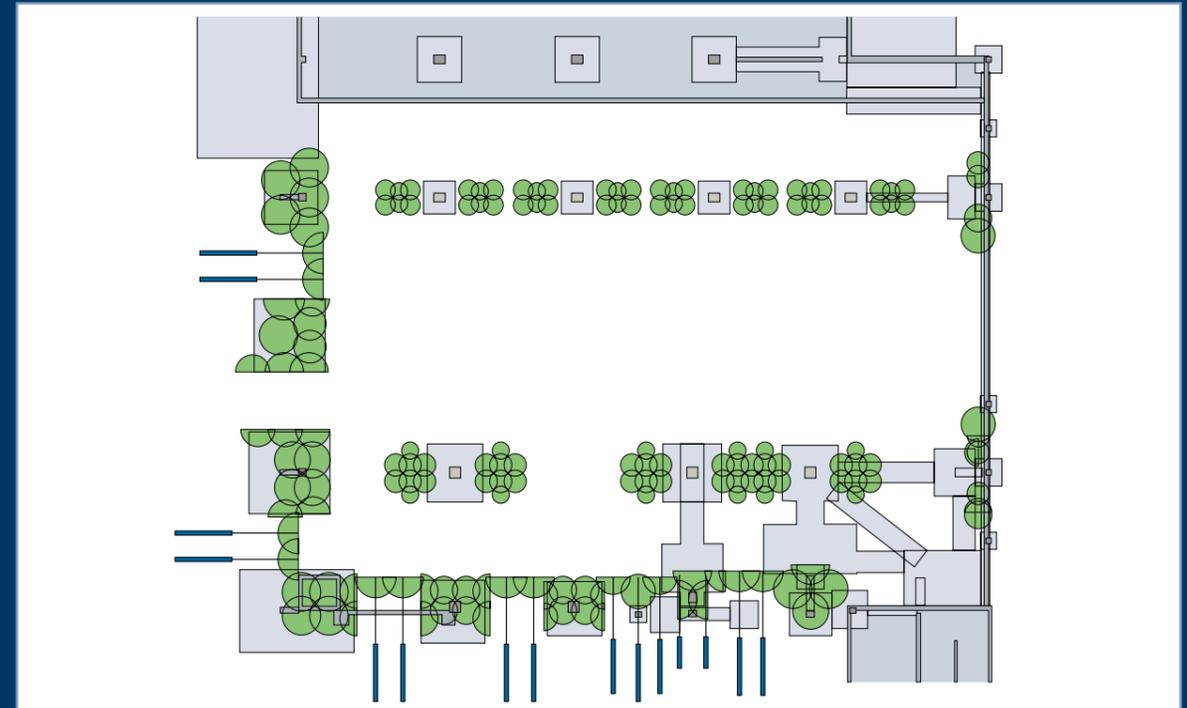
Soilcrete® – Historique

Avec l'acquisition d'une licence pour le procédé de jet grouting en 1979 et son introduction en Europe sous le nom commercial de "Soilcrete®", Keller a ouvert de nouvelles possibilités en matière de stabilisation des sols. Aujourd'hui le procédé correspond à la Norme suisse SN EN 12716.

Soilcrete® – Évolutions

La technique du jet grouting se limitait au début à de petits travaux de reprise en sous-œuvre. Pour en arriver à la technologie de pointe d'aujourd'hui, de nombreux développements furent nécessaires:

- Le procédé Soilcrete® fut modifié pour s'adapter aux différents types de sols.
- L'application fut développée étape par étape pour fournir des solutions à une variété de problèmes.
- Des équipements spécifiques ont sans cesse été améliorés et perfectionnés.



Rénovation, modification et extension de fondations existantes

La technologie géotechnique la plus flexible

Le procédé de jet grouting type Soilcrete® est l'une des méthodes géotechniques de traitement des sols la plus efficace et la plus flexible pour créer des structures destinées à supporter des charges et/ou à étanchéfier.

Keller a lancé cette technologie et l'a introduite sur le marché allemand en 1979 et l'utilise aujourd'hui dans le monde entier. Grâce aux recherches et aux innovations successives ainsi qu'à un investissement continu dans nos équipements, nous sommes devenus les leaders du marché et le numéro un pour cette technologie. Nous pouvons fournir des solutions pour presque toutes les applications dans une large gamme de types de sols.

Un personnel expérimenté, des équipements modernes, un contrôle qualité strict et une grande expérience dans la conception constituent les bases d'une prestation de pointe dans des conditions difficiles.

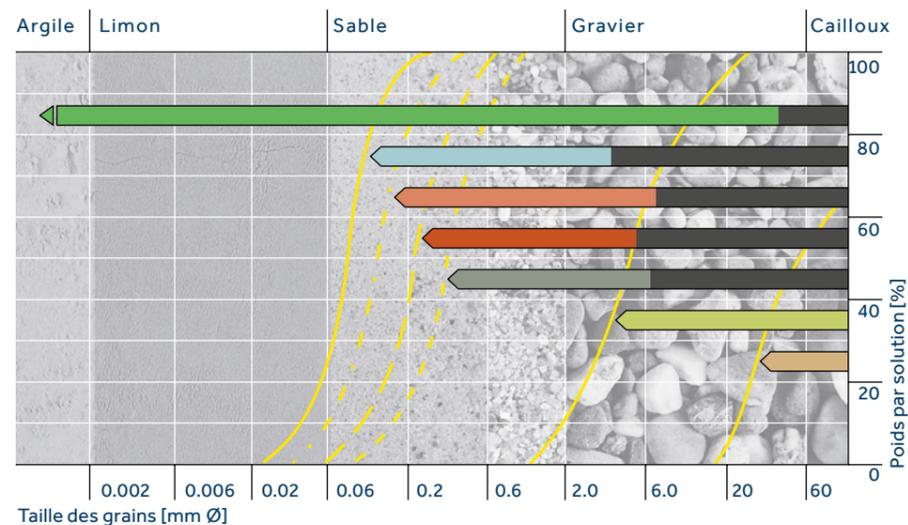
Grâce au Soilcrete®, Keller offre par exemple, des solutions innovantes pour des fondations de structures nouvelles ou existantes, de soutènements de fouilles et de consolidations de tunnels. Dans le cadre de la restauration de bâtiments, le Soilcrete® peut permettre d'assurer la reprise en sous-œuvre des fondations existantes, tout en soutenant les terres pour une excavation et en assurant l'étanchéité de la fouille.

Limites d'application pour les techniques d'injection

- Soilcrete® - Jet grouting
- Solutions synthétiques
- Solutions de silicate de sodium [fv]
- Gel silicate [hv]
- Ciment ultra fin
- Suspension de ciment
- Mortiers

fv = faible viscosité
hv = haute viscosité

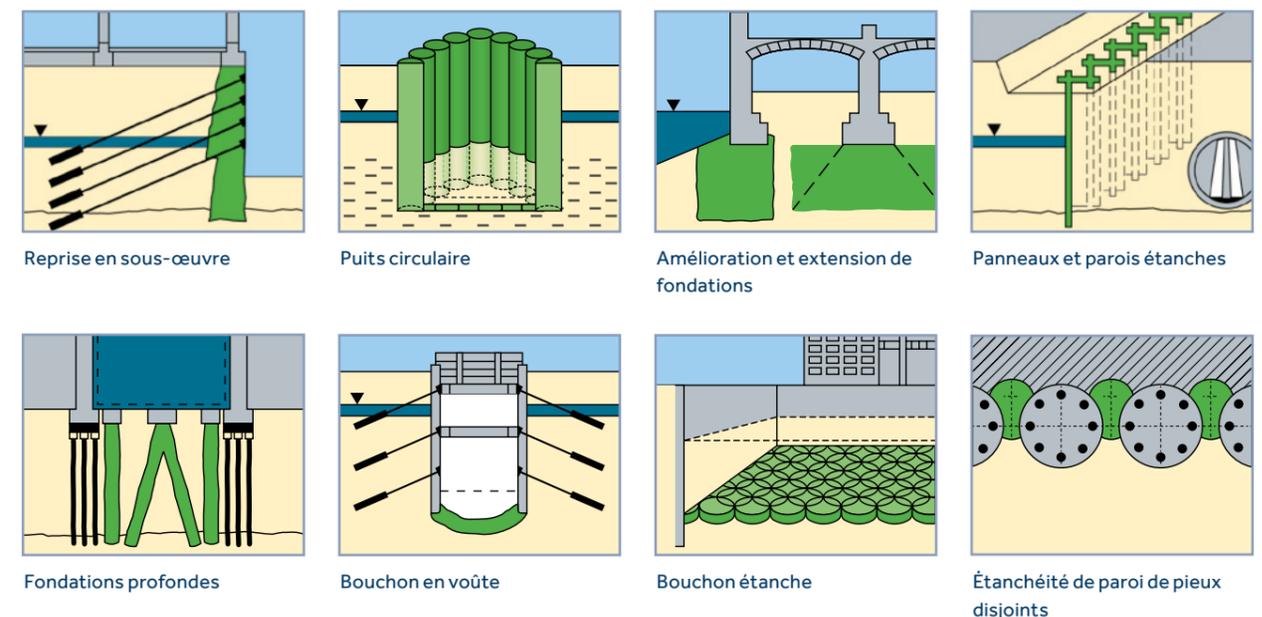
- rentable
- peu rentable



Applications

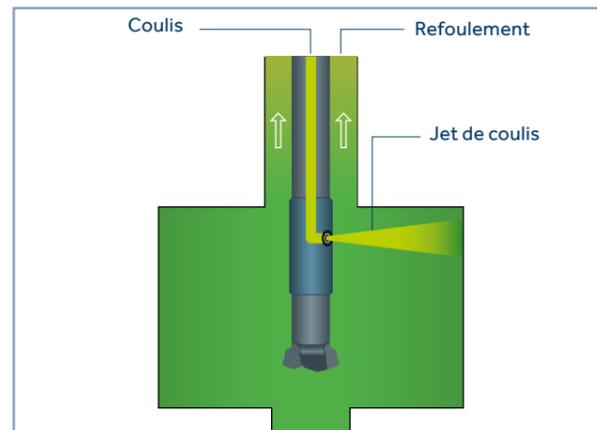
Le jet grouting Soilcrete® est une méthode dédiée à une large gamme d'applications.

Stabilisation	Étanchéification
Reprise en sous-œuvre des fondations existantes	Voile d'étanchéité
Blocs de démarrage ou d'arrivée de tunnels	Bouchon étanche
Stabilisation des parois de tunnels	Bouchon en voûte
Augmentation de la portance des fondations semi-profondes à profondes	Étanchéité de digue
Modifications de fondations (extensions géométriques)	Étanchéité de joints ou de vides entre deux structures
Parois de soutènement et puits circulaires	Étanchéité de parois de pieux disjoints
Fondations profondes	Joint d'étanchéité



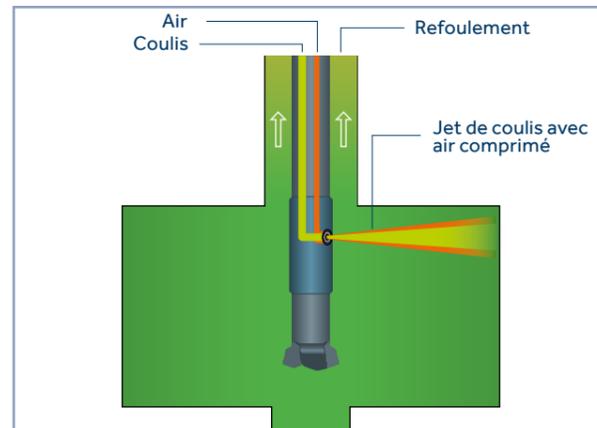
Les différents procédés de jet grouting

Le jet grouting peut être réalisé de trois manières différentes. La méthode utilisée est déterminée en fonction des conditions de sol, de la géométrie et de la qualité nécessaire pour les éléments de jet grouting.



Jet grouting Soilcrete® - S

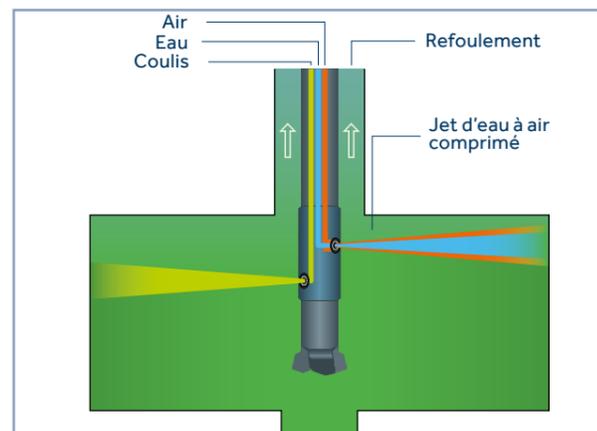
Le procédé direct simple fonctionne avec un jet de coulis propulsé à une vitesse allant jusqu'à 200 m/sec pour découper et malaxer le sol sans air comprimé. Le procédé S est utilisé pour des colonnes de jet grouting de taille petite à moyenne.



Jet grouting Soilcrete® - D

Le procédé direct double s'effectue avec un jet de coulis projeté à une vitesse allant jusqu'à 200 m/sec pour découper et malaxer le sol. Pour augmenter l'efficacité de l'érosion et la portée du jet de coulis, on utilise de l'air comprimé au moyen d'une buse d'injection annulaire.

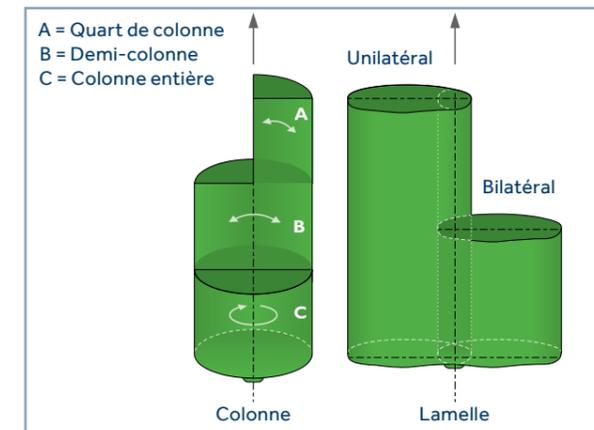
Le procédé D est utilisé pour des colonnes de jet grouting de taille moyenne à grande.



Jet grouting Soilcrete® - T

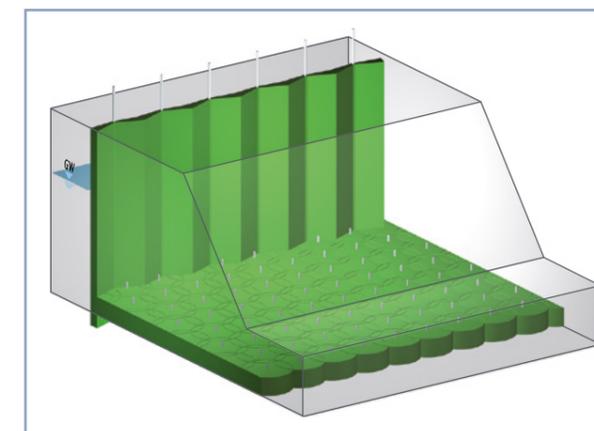
Le procédé triple de séparation érode le sol grâce à un jet d'eau avec air comprimé jaillissant à une vitesse allant jusqu'à 200 m/sec. Le coulis est injecté simultanément via une buse supplémentaire située en dessous de la buse pour le jet d'eau. La pression de la pompe à coulis dépasse les 15 bars. Il existe une variante de ce procédé qui fonctionne sans prise d'air pour le jet d'eau. Le procédé T est principalement utilisé pour le traitement de sols cohésifs.

Les formes géométriques possibles du jet grouting Soilcrete®

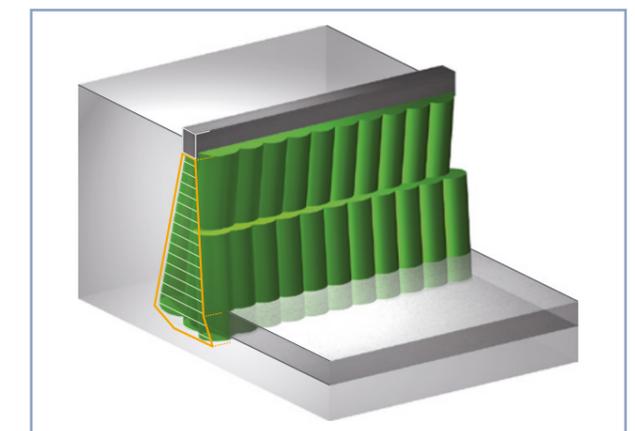


La géométrie de base des éléments Soilcrete® est créée par les mouvements des tiges de forage:

- Faire remonter, faire pivoter et créer des colonnes entières.
- Faire remonter, faire pivoter et créer des parties et des moitiés de colonnes.
- Faire remonter sans pivoter (ou légèrement) pour créer des lamelles - plusieurs buses peuvent réaliser plusieurs lamelles en même temps.



Voile étanche et bouchon



Reprise en sous-œuvre

Des solutions technologiques des plus avancées



Jet grouting Soilcrete® - Description du procédé

Le jet grouting est une méthode de traitement et d'amélioration de sols qui déstructure le terrain par un jet à haute énergie cinétique sous des pressions supérieures à 20 MPa. Le jet grouting est exécuté selon trois techniques différentes choisies en fonction des conditions de sols et des spécifications du projet: le jet grouting simple, double ou triple.

Le sol érodé se retrouve en suspension, mélangé au coulis de ciment (et à l'eau dans le processus triple). L'excédent du mélange sol-ciment-eau est évacué par l'espace annulaire entre le moniteur et les tubes et les parois du trou de forage. Le processus d'érosion du sol et de remplacement est contrôlé en permanence de manière numérique et en temps réel via le système d'enregistrement de paramètres. Le procédé Soilcrete® est le résultat d'un développement continu de l'ensemble de l'atelier de production (foreuse, moniteur de jet grouting, enregistreur de paramètres) par les ingénieurs de Keller.

La principale particularité du procédé Soilcrete® se situe dans la capacité à réaliser différentes formes géométriques via le mouvement des buses.

Les propriétés du jet grouting Soilcrete®

La résistance à la compression simple du matériau de jet grouting Soilcrete® est déterminée par le contenu en ciment, la fraction restante du sol dans la masse de matériau et le type de sol. L'effet d'étanchéification du jet grouting Soilcrete® pour lutter contre les infiltrations d'eau est obtenu en réduisant le volume des pores dans le sol en les substituant par du coulis. Le degré de réduction de la perméabilité détermine l'homogénéité obtenue dans le processus de traitement.

En fonction de la nature des sols, des matériaux injectés et de l'homogénéité obtenue, les écrans étanches de jet grouting Soilcrete® sont capables de stopper les écoulements. Il est possible de répondre à toutes les exigences en matière de degré d'étanchéification en sélectionnant les matériaux adéquats et en définissant correctement les paramètres de travail selon un suivi strict de contrôles qualité. Dans de nombreuses applications, les éléments de jet grouting Soilcrete® sont utilisés pour fournir des supports structurels associés à de l'étanchéification.

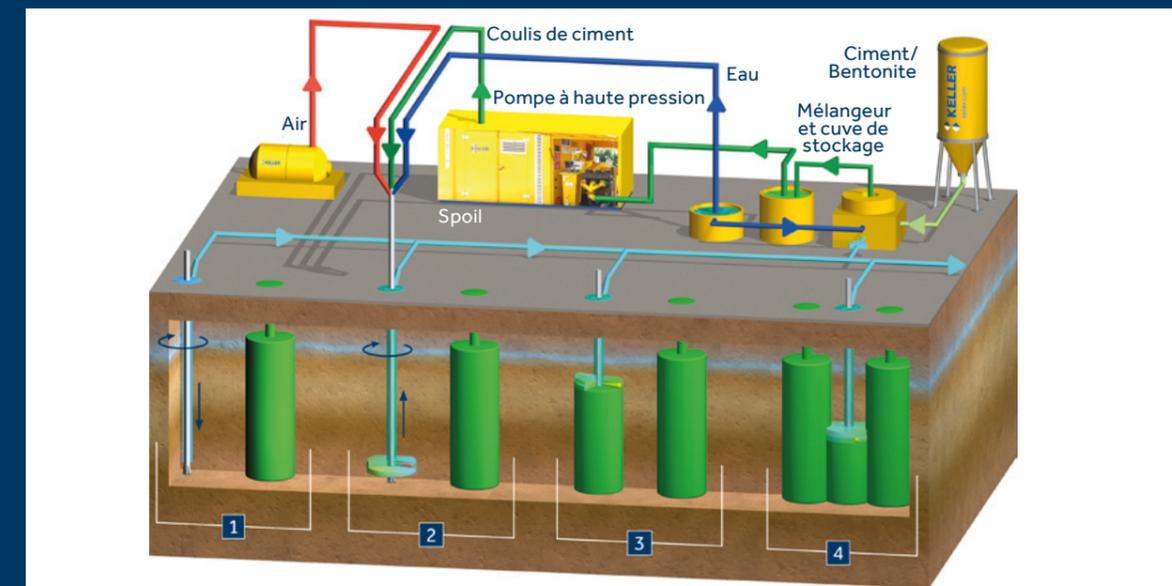
Atouts techniques

- Jet d'érosion à haute énergie cinétique de coulis ou d'eau et d'air avec une vitesse de sortie > 200 m/sec
- Rayon d'érosion des jets pouvant atteindre plusieurs mètres
- Peut être utilisé dans tous types de sol (des sols organiques et argileux aux sols granulaires même très grossiers)
- Résistance à la compression simple caractéristique allant jusqu'à 20 MPa
- Profondeurs de forage supérieures à 50 m
- Possibilité de produire des éléments de jet grouting Soilcrete® à géométrie élaborée
- Exécution conforme à la norme européenne EN 12716

Jet grouting Soilcrete® – Mise en œuvre

Les installations sur site de Soilcrete® comportent des silos de ciment ou de liants, des malaxeurs automatiques, des lanceurs et des pompes à haute pression. Les canalisations adaptées à la haute pression relient la foreuse sur le point de production à la pompe. La hauteur du mât des foreuses mises au point par Keller varie de moins de 2,0 m pour des hauteurs

limitées, à plus de 35,0 m. Les points de forage sont généralement réalisés dans de petites tranchées où les spoils sont évacués par des pompes à boue vers des bassins de décantation ou des réservoirs. Il est également possible d'utiliser des installations et équipements supplémentaires pour recycler et réduire le volume de ces spoils.



Forage

Le forage est réalisé en petite perforation utilisant un moniteur (support des buses) équipé d'un taillant à son extrémité.

Jetting

Le découpage du sol au moyen des jets coulis/eau commence dès l'extrémité inférieure du trou de forage. L'excédent de mélange eau/sol ciment remonte à la surface. Les systèmes d'enregistrement de paramètres garantissent le contrôle permanent de tous les paramètres pertinents.

Soilcreteing

Parallèlement à l'érosion du sol, le coulis de ciment est mélangé avec le sol. Les turbulences causées par le processus de forage au jet créent le mélange uniforme nécessaire des composants qui forment l'élément Soilcrete®.

Disposition

Les éléments Soilcrete® à géométrie variable peuvent être construits frais sur frais ou frais contre solide et reliés ou connectés de différentes manières.

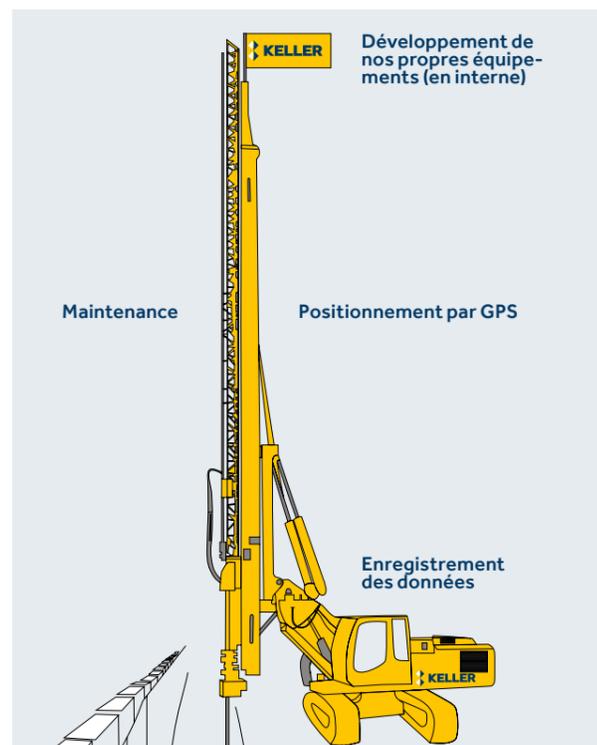
Contrôle qualité jet grouting Soilcrete®

L'efficacité, la fiabilité et la qualité sont rendues possibles grâce à l'automatisation et au contrôle continu du processus de fabrication.

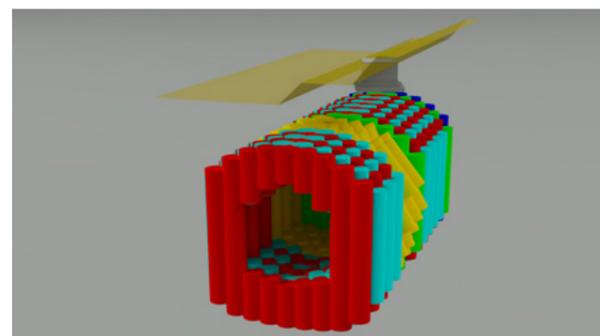
L'efficacité en termes de coûts et de temps sans faire de compromis sur la qualité est une de notre marque de fabrique. Nous comprenons que nos clients se sont engagés envers leurs clients et les différents acteurs du projet. Lorsque nous posons les fondations de projets, nous prenons nos responsabilités très au sérieux et nous nous efforçons de fournir un travail qui respecte les attentes et les exigences de nos clients.

La gestion du processus qualité de Keller fait le lien direct entre nos départements techniques, méthodes, maintenance et notre personnel sur site. Pendant que nos foreuses fonctionnent, nos capteurs enregistrent les principaux paramètres de production, tels que la profondeur, la pression,

les débits, la vitesse de remontée, la vitesse de rotation ou d'autres données pertinentes, de manière numérique et en temps réel pour garantir la qualité du processus. Nos ingénieurs et les fonctions de support examinent ces données pour prendre des décisions en vue d'adapter la conception, modifier le processus ou pour effectuer les travaux de maintenance nécessaires. Ce haut degré d'automatisation et de contrôle du processus nous permet de réduire le temps d'immobilisation de notre équipement, de réagir de manière adéquate en cas de type de sol imprévu et d'optimiser l'avancement et l'efficacité de nos travaux. Nos points forts sont la qualité et la sécurité, se traduisant par des résultats fiables.



Enregistrement des données M5



Visualisation

Enregistrement des données M5

La version révisée de la norme EN 12716 de 2018 rend l'enregistrement numérique et continu des données en temps réel obligatoire. Keller utilise son propre système d'obtention de données (M5) pour tous les produits Keller, y compris Soilcrete®, depuis de nombreuses années. Tous les paramètres d'exécution pertinents tels que la vitesse de remontée, le nombre de rotations de la colonne de forage, les pressions et débits de tous les fluides et de l'air ainsi que le couple, les contraintes inférieures, etc. sont enregistrés. L'enregistreur M5 est l'outil le plus important pour vérifier le paramétrage au moment de la construction pour chaque élément.



Contrôle de diamètres



Échantillonnage et tests

Visualisation

Les projets Soilcrete® ne cessent de se complexifier. Pour maintenir un haut niveau de qualité, il faut faire appel à de nouvelles manières de visualiser les éléments exécutés. Keller est en train de lancer le développement d'une visualisation 3D précise en haute résolution des éléments Soilcrete®. La localisation précise contrôlée par GPS de nos outils et une déviation précise des tiges de forage sont combinées pour y parvenir.

Équipement

Keller dispose de son propre département de fabrication spécialisé qui fournit des équipements et outils de jet grouting de pointe. Cette unité de fabrication permet à Keller de concevoir et de fabriquer des foreuses pour une large gamme d'exigences. Des foreuses, dont le poids varie entre 3 et plus de 40 tonnes, sont disponibles. Chaque foreuse est équipée d'un système d'obtention de données M5. Le cas échéant, des systèmes GPS, des manipulateurs de tiges, des extensions de mât, des outils spéciaux de forage et de lancement peuvent être ajoutés. La maintenance à distance ou sur site est effectuée par une équipe d'électriciens et de mécaniciens spécialisés.

Contrôle du diamètre

Outre la résistance des matériaux et l'effet d'étanchéification, il est essentiel de déterminer le diamètre de l'élément dans toutes les couches de sol traitées pour respecter le cahier des charges du projet. L'Acoustic Column Inspector® (ACI®) de Keller a été développé et breveté pour pouvoir mesurer le diamètre et optimiser les paramètres d'exécution à de grandes profondeurs et pendant le processus de lancement. Une autre caractéristique de l'ACI® est sa capacité à contrôler et à démontrer le lien entre les éléments de jet grouting et les structures existantes comme les palplanches, les parois moulées et autres systèmes de blindage de fouilles.

Échantillonnage et tests

Une partie des exigences spécifiques de la plupart des projets consiste en une certaine résistance caractéristique, allant souvent de pair avec une réduction de la perméabilité (conductivité hydraulique). On utilise différentes méthodes pour obtenir des échantillons afin de vérifier les propriétés de la colonne, tels que des carottages, des échantillons frais ainsi que des prélèvements d'échantillons dans les déblais. Ces échantillons sont testés dans des laboratoires certifiés au niveau de la résistance et, le cas échéant, de la perméabilité.



Keller-MTS SA

Sonnenbergstrasse 51
5408 Ennetbaden

Route du Rhône 6
1963 Vétroz

Grubenstrasse 11
3322 Urtenen-Schönbühl

Sulzwiesenstrasse 14
9404 Rorschacherberg

www.keller-mts.ch

Spécialiste des solutions
géotechniques