



Soil Mixing

Une technique efficace et souple pour apporter des solutions innovantes pour de nombreuses configurations géotechniques

Solutions dans les domaines des fondations spéciales pour le secteur de la construction



Un moyen rentable d'améliorer les sol

Le Soil Mixing (ou malaxage de sol) est un procédé d'amélioration avancé des sols qui nécessite une expertise avancée en matière de planification, de conception et de réalisation.

Ce procédé permet d'obtenir une amélioration significative des propriétés mécaniques et physiques des sols traités en place, appelés soilmix (ou sol-ciment) après malaxage avec du ciment ou d'autres liants. Ces sols présentent en général une plus grande résistance, une perméabilité moindre et une plus faible compressibilité que les sols originels. Afin de préserver l'environnement, des agents oxydants chimiques ou autres réactifs peuvent également être utilisés pour confiner ou neutraliser les polluants.

Deep Soil Mixing (DSM) et Stabilisation dans la Masse

Le Soil Mixing peut traiter un volume de sol dans son ensemble comme dans le cas de la stabilisation dans la masse, ou partiellement comme c'est souvent le cas pour le malaxage en profondeur (Deep Soil Mixing - DSM). En fonction du but recherché, différentes configurations géotechniques sont possibles : maillage de colonnes isolées, barrettes, tranchées, caissons.

Voie humide et voie sèche

Le sol à améliorer est malaxé en place mécaniquement, soit avec un coulis (voie humide), soit avec un liant non hydraté (voie sèche). L'injection à haute pression du coulis peut également être utilisée pour améliorer la qualité du malaxage, et augmenter le diamètre des colonnes. La possibilité de choisir entre la voie sèche et la voie humide permet à Keller d'adapter au mieux les procédés au projet, et à son environnement.





Les avantages du Soil Mixing

Le Soil Mixing est basé sur le concept d'amélioration de sols naturels ou détritiques afin de respecter des critères de conception, de résoudre des problèmes de stabilité lors d'excavations, ou d'éviter de recourir à des fondations profondes plus coûteuses. Le champ d'application très large, ainsi que les différentes méthodes de réalisation du Soil Mixing, permettent d'obtenir des solutions géotechniques sécuritaires et économiques. La mise en œuvre de liants et adjuvants non toxiques ou encore un volume de rejets ou déblais très réduit par rapport à d'autres procédés, sont quelques-unes des caractéristiques qui permettent de qualifier le Soil Mixing de technologie respectant l'environnement.

- Économique
- Alternative à des fondations profondes plus coûteuses
- Quasiment pas de déblais
- Absence de vibrations
- Applications variées
- Rapidité d'exécution
- Bon bilan environnemental

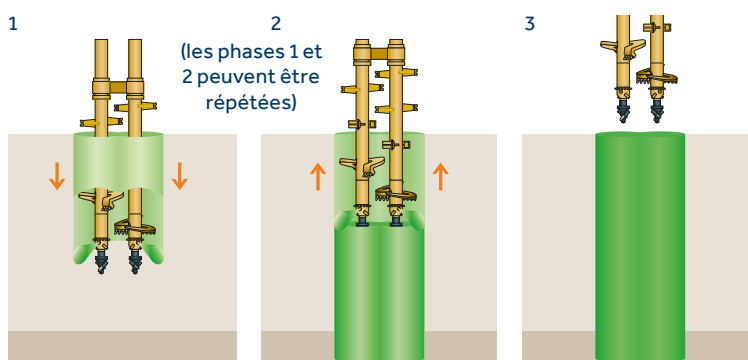


Deep Soil Mixing voie humide

L'outil de malaxage est constitué de tiges de forage, de « couteaux » transversaux et de mèches de tarière en pointe. La descente et la montée de l'outil sont facilitées par l'injection simultanée de coulis de ciment par des buses placées spécialement à l'extrémité de la tarière dans le cas de colonnes de grand diamètre, et également sur les pales de malaxage. L'outil de malaxage DSM varie généralement de 0,6 à 2,4 m, en fonction du but recherché et des sols à traiter. Un atelier peut être équipé d'un à trois outils de malaxage mis en parallèle. Des armatures en acier peuvent être mises en place dans le soilmix fraîchement réalisé afin d'améliorer la résistance en flexion des colonnes de DSM utilisées en soutènement de fouilles.

Contrôles de qualité

Les essais de contrôle portent sur la vérification de la densité du coulis, la résistance du soilmix par écrasement d'éprouvettes des enregistrements de paramètres, ainsi que des essais réalisés in situ ou en laboratoire. Sur la fiche d'enregistrement de paramètres de chaque colonne figurent la profondeur de malaxage, le temps de malaxage, le débit et la pression d'injection, le volume total de coulis mis en œuvre, les vitesses d'avancement et de rotation de l'outil de malaxage en descente et en montée, et le couple de la tige. À partir de ces données, il est possible de définir l'énergie de malaxage et la teneur en liant afin de respecter les critères de conception. Les échantillons du soilmix pour réaliser des essais sont en général prélevés à l'état frais immédiatement après la réalisation de la colonne. Des procédés plus perfectionnés tels que le carottage ou des méthodes de test in situ peuvent également être utilisés pour obtenir des échantillons ou contrôler la continuité, l'homogénéité ou la rigidité des colonnes de DSM. Les moyens et le nombre de contrôles sont adaptés à chaque type de projet.



Deep Soil Mixing voie humide

Applications

- Paroi de soutènement
- Paroi d'étanchéité
- Stabilisation de talus
- Amélioration de sol
- Liquéfaction des sols
- Dépollution de sol
- Remblais routiers et ferroviaires
- Fondations de bâtiments, de ponts et d'éoliennes
- Digue, voiles étanches et barrières contre les infiltrations
- Stabilisation et solidification à vocation environnementale

DSM en voie sèche

La voie sèche convient aux sols à très forte teneur en eau qui sont aptes à apporter par eux-mêmes l'hydratation des liants injectés dans le sol sous forme sèche.

Le principal avantage de ce procédé est de permettre la stabilisation à grande profondeur de sols très mous, y compris des sols organiques, avec des rendements élevés, un prix compétitif et très peu de déblais. Le travail à basse température extérieure est également possible. Un atelier de DSM à sec comprend habituellement un stockage fixe ou mobile de liant, un système d'approvisionnement de celui-ci, et une machine spéciale de forage/malaxage équipée d'un outil spécifique.

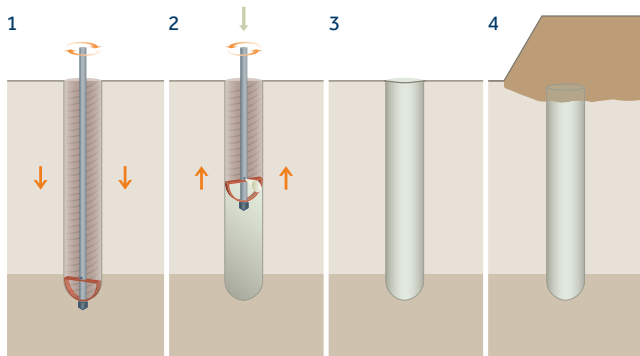
Le diamètre usuel des colonnes est de 0,6 à 1 m et la profondeur de traitement peut aller jusqu'à 25 m. L'insufflation et le malaxage du liant sec s'opèrent à la remontée de l'outil, en inversant le sens de rotation par rapport à la phase de descente. Le liant est transporté depuis la navette dans des tubes, au moyen d'air comprimé. On ajuste la

quantité de liant injectée en agissant sur la vitesse de rotation du dispositif d'alimentation. La pression de l'air et la quantité de liant sont régulées automatiquement afin de doser avec précision le malaxage final dans la zone traitée.

Contrôles de qualité

De même que pour la voie humide, les contrôles de qualité et les essais sont effectués pendant et après la réalisation des travaux. L'instrumentation enregistre des données sur chaque colonne. Une fois les colonnes terminées, on procède à des essais pour contrôler l'obtention des caractéristiques visées lors de la conception. Les essais usuels consistent principalement en des essais pénétrométriques dans des colonnes ayant encore une faible résistance, et des tests de résistance à l'arrachement. Dans certains contextes géologiques des essais de laboratoire sur des échantillons de sol et de soilmix sont effectués.

Procédé de DSM en voie sèche

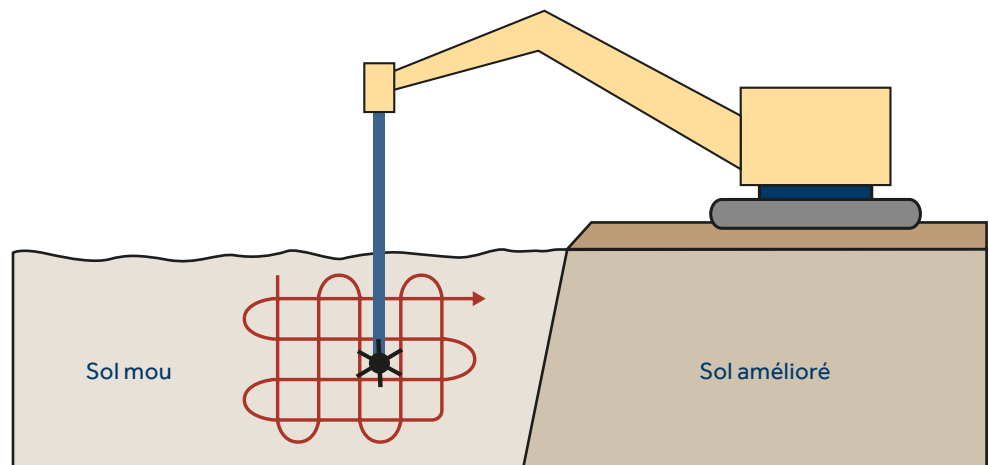




Stabilisation en masse

La stabilisation en masse offre une solution économique d'amélioration des sols, en particulier en présence de volumes importants de sols superficiels très mous ou contaminés et d'une nappe proche de la surface. Cette méthode convient notamment aux dépôts de sédiments de dragage, de sols organiques humides et de boues résiduaires. Elle est mise en œuvre avec des outils de malaxage spéciaux montés sur une pelle mécanique. Le malaxage est réalisé par passes verticales ou horizontales, avec des outils en forme d'hélices et une alimentation centrale en liant. En voie sèche, l'alimentation se fait à partir d'une unité séparée comprenant la cuve à liant pressurisée, le compresseur avec dispositif d'assèchement de l'air, et les organes de contrôle. Il est également possible d'utiliser la voie humide.

On réalise la stabilisation par passes en fonction du rayon d'action de la machine, qui est généralement de 8 à 10 m² sur une profondeur maximum d'environ 8 m. Une fois que le volume requis de liant a été insufflé, le malaxage est poursuivi jusqu'à l'homogénéité optimale.



Processus de stabilisation en masse

Projets de Soil Mixing

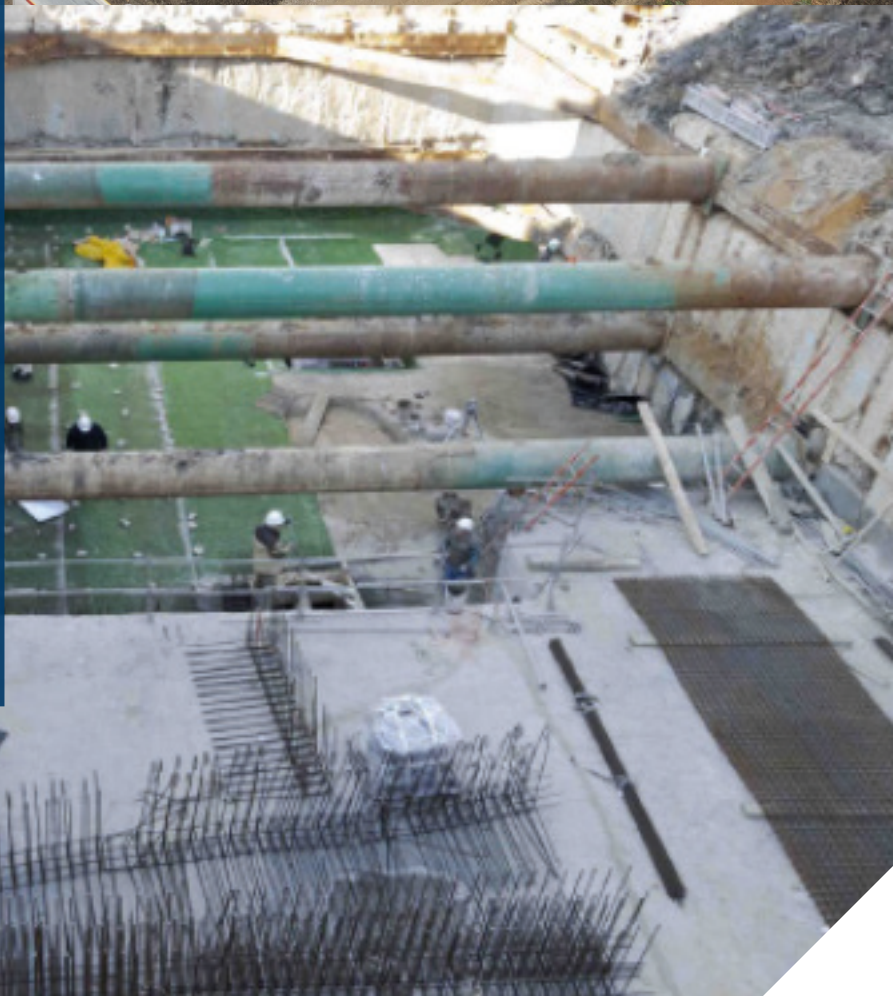
Renforcement de la digue du Grand Rhône Symadrem (13)

Les travaux confiés à Keller ont consisté en la réalisation d'un écran étanche d'une épaisseur équivalente de 50 cm. Cet écran était à réaliser sur un linéaire de 330 ml et sur une profondeur allant jusqu'à 16 m. L'atelier utilisé était de type « DSM double » : c'est-à-dire permettant la réalisation de 2 colonnes en une seule mise en station. L'écran est constitué de colonnes de DSM de diamètre 60 cm sécantes de 10 cm. Les travaux ont été réalisés en 3 semaines.



Résidence Atland au Vésinet (78)

Dans le cadre de ce projet, les travaux de Deep Soil Mixing ont pour but de créer une paroi de soutènement d'étanchéité provisoire. Cette paroi est constituée de colonnes de DSM de 80 cm de diamètre sécantes de 10 cm, de profondeur 9 m, armées une sur deux d'un profilé métallique. La paroi est soutenue par un lit de butons en tête et est rabotée jusqu'à la semelle des profilés. Le débit très faible de pompage dans la fouille ouverte permet un travail de qualité pour les infrastructures. Une étanchéité extérieure de type membrane est alors mise en place par le génie civil entre les voiles béton de l'infrastructure définitive et la paroi provisoire.





Keller Fondations Spéciales

Spécialiste des solutions géotechniques
www.keller-france.com