

## Renforcement de sols par inclusions rigides

Le renforcement de sols consiste en la consolidation par compactage des grains du sol avec un apport de matériau soit granulaire, soit à base de coulis. Il permet d'améliorer la stabilité de l'ouvrage à construire et de limiter, voire de réduire fortement, les tassements prévisibles. Cela concerne donc les projets construits sur des sols de qualité médiocre et de faible portance, pour lesquels il est admis une part de tassement.

### 1. Le constat

Les sinistres sur les inclusions rigides sont le plus souvent dus à l'emploi inapproprié des techniques et à un manque d'analyse du contexte géotechnique lors de la conception.

S'agissant de renforcer le sol en place sous l'ouvrage, les inclusions participent à l'assise de l'ouvrage et un sinistre d'inclusions rigides a un impact fort, en termes financiers, puisqu'il conduit la plupart du temps à revoir le choix du dispositif de fondations de l'ouvrage.



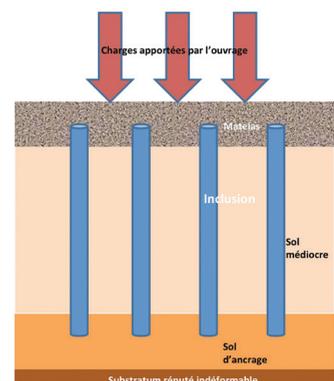
### 2. Le diagnostic

#### Les principales pathologies liées à la conception

- l'absence de coordination avec les missions géotechniques ;
- l'inadéquation de la technique avec les objectifs de réduction de tassement, voire d'absence de tassement de l'ouvrage ;
- lors de la conception, le sol de mauvaise qualité, le substratum, les inclusions, le matelas de répartition doivent être pris en compte et participent à la stabilité de l'ensemble ; les calculs doivent procéder de façon itérative pour optimiser la profondeur et le maillage des inclusions, l'épaisseur et la nature du matelas et, éventuellement, pour adapter l'ouvrage.

#### Les pathologies liées à l'exécution

- l'inadéquation des techniques avec les objectifs à atteindre dans le projet (moyens mis en œuvre, prise en compte de l'environnement...);
- les risques liés à la diversité des intervenants ; plusieurs intervenants se succèdent pour la réalisation des éléments suivants :
  - plateforme,
  - inclusions,
  - préparation de la tête,
  - matelas,
  - autres lots à venir : VRD, gros œuvre.



**À consulter**

- NF P94500 Missions d'ingénierie géotechnique - nov 2013
- Recommandations professionnelles issues du projet national ASIRI/IREX - Ed Presses des Ponts juillet 2012
- Procédés d'amélioration et de renforcement des sols sous actions sismiques - Guide technique AFPS/CFMS Ed Presses des Ponts 2012

**3. Bonnes pratiques et conseils de prévention**

L'entreprise doit mettre les moyens nécessaires, en adéquation avec la taille et l'environnement de l'opération pour la bonne réalisation du chantier, en matière d'engins, notamment.

Les solutions techniques mises en œuvre doivent être compatibles avec le site et/ou sa géologie : la réalisation des missions géotechniques enchaînées selon la norme NF 94500 (novembre 2013) en est la garantie.

Il existe 4 éléments indissociables : le sol de mauvaise qualité, le substratum, les inclusions, le matelas de répartition.

Les inclusions rigides sont employées pour réduire les tassements et/ou pour améliorer la portance des sols en place.

Une conception globale est nécessaire, ainsi qu'une bonne coordination au moment de l'exécution. Des études spécifiques doivent être réalisées, d'où la nécessité de missions géotechniques successives au fur et à mesure de l'avancement du projet (déterminer les zones sous-consolidées et les zones surconsolidées, l'hydrogéologie

du site). La maîtrise d'œuvre (MOE) doit associer le géotechnicien à chaque étape. Une forte interaction avec la maîtrise d'ouvrage (MOA) est nécessaire afin de bien définir les objectifs de réduction de tassement par rapport au calcul de tassement initial. Le tassement initial ou de référence calculé à partir des caractéristiques des sols en place doit être fourni

Des contrôles de la bonne réalisation des inclusions sont nécessaires : ils s'apparentent à ceux effectués sur les pieux.

La mise en place d'instrumentations peut s'avérer nécessaire.

En zone sismique, une approche en dynamique des sols est nécessaire ; il est souhaitable de réserver l'emploi de ces techniques dans les cas de réduction de tassement.

**4. Ce qu'il faut retenir**

- une bonne connaissance des terrains encaissants par la réalisation de missions géotechniques et des eaux de circulation ;
- des études complètes en conception
- une coordination importante entre les différents intervenants ;
- une maîtrise d'œuvre qui associe le géotechnicien et qui est présente à chaque étape ;
- des méthodes de calcul itératives et adaptées.