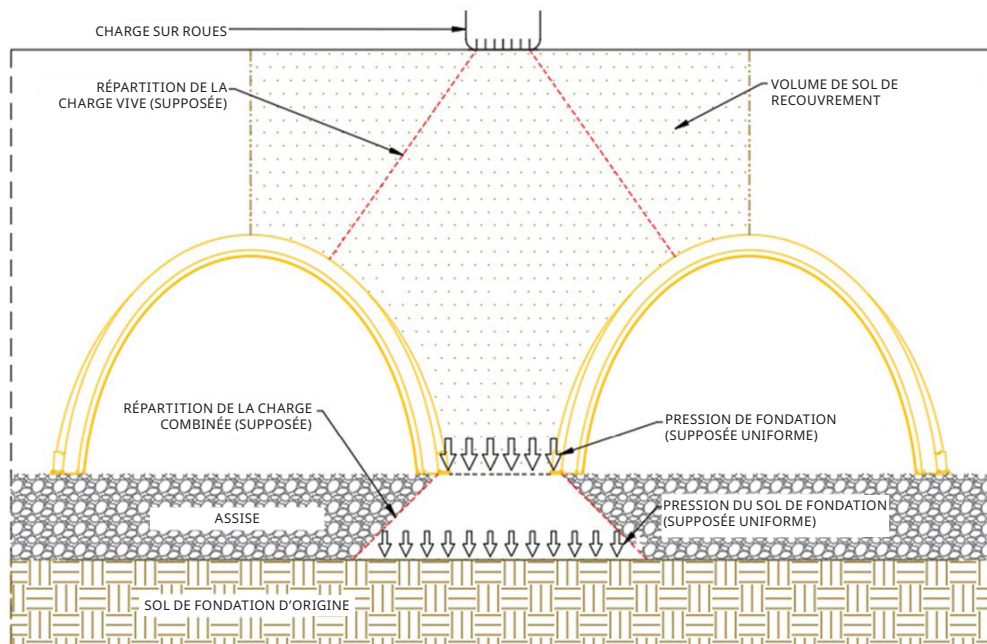


Note Technique

TN 6.25_Q Stabilisation des fondations des chambres StormTech® avec StormGrid^{MC}

Les chambres StormTech sont des structures en arc qui concentrent les charges de surcharges au niveau des bases des chambres et des colonnes de pierre entre les rangées de chambres. Une couche d'assise sous les chambres permet de répartir ces charges concentrées, assurant qu'elles soient transmises à une pression de portance appropriée sur le sol de fondation. L'épaisseur de l'assise pour une application spécifique de chambre est basée sur les charges de surcharges et la capacité portante admissible du sol de fondation. La mise en place d'un StormGrid à l'interface entre l'assise et le sol de fondation est une approche innovante (brevet en cours) pour augmenter l'efficacité du transfert de charge. Cette méthode permet de réduire la profondeur de l'assise nécessaire pour atteindre une pression adéquate sur le sol de fondation. Figure 1 présente le schéma conceptuel de chargement.

Figure 1 : Schéma conceptuel de chargement



Considérations sur la performance de la fondation

Il est courant pour les ingénieurs géotechniques de mettre en place une « couche de transition » constituée de matériaux à haute résistance sur des matériaux plus faibles, comme la fondation en pierre concassée utilisée par StormTech. Pour les chaussées, cette approche est utilisée afin de créer une surface de travail permettant de soutenir les opérations de pavage. La préparation du sol pour les fondations peu profondes utilise également cette méthode pour augmenter la capacité portante et réduire les tassements potentiels.

L'utilisation de StormGrid pour la stabilisation augmente la longueur de cisaillement et la ductilité de la couche de granulats. Ces effets de stabilisation sont illustrés à la Figure 2. Cette amélioration se produit lorsque les particules de granulats sont contraintes dans leur translation et leur rotation grâce à l'interverrouillage avec les ouvertures de StormGrid.

Les couches de granulats stabilisées par StormGrid augmentent efficacement la capacité portante en réduisant les mécanismes de tassement induits par le cisaillement et la consolidation du sol. L'effet de stabilisation répartit la charge de la fondation sur une zone plus large et plus profonde dans le sol, réduisant ainsi les concentrations de pression appliquée sur le sol, comme le montre la Figure 3.

Figure 2 : Résistance au cisaillement supplémentaire provenant de la stabilisation par géogridde mesurée lors d'un très grand essai de compression triaxial (d'après Lees 2018)

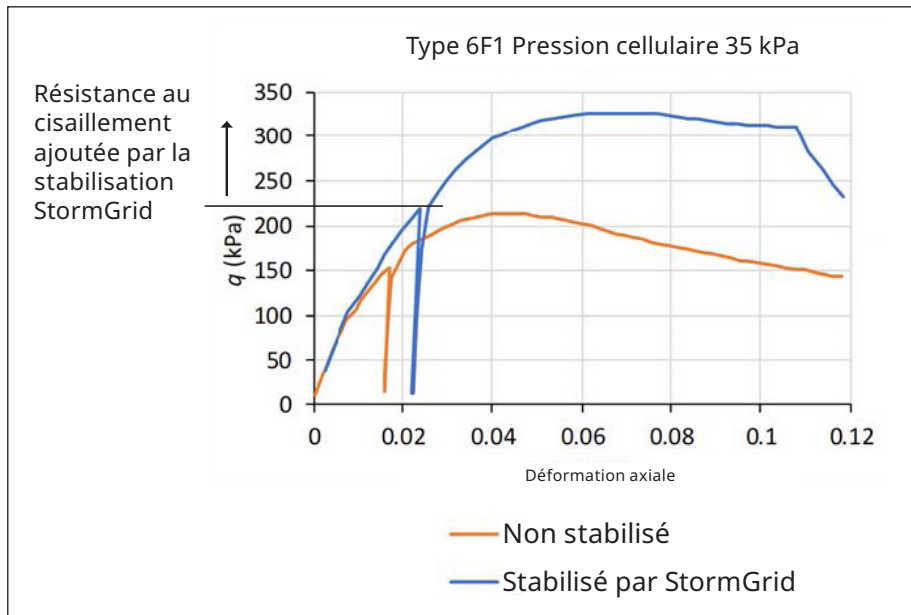
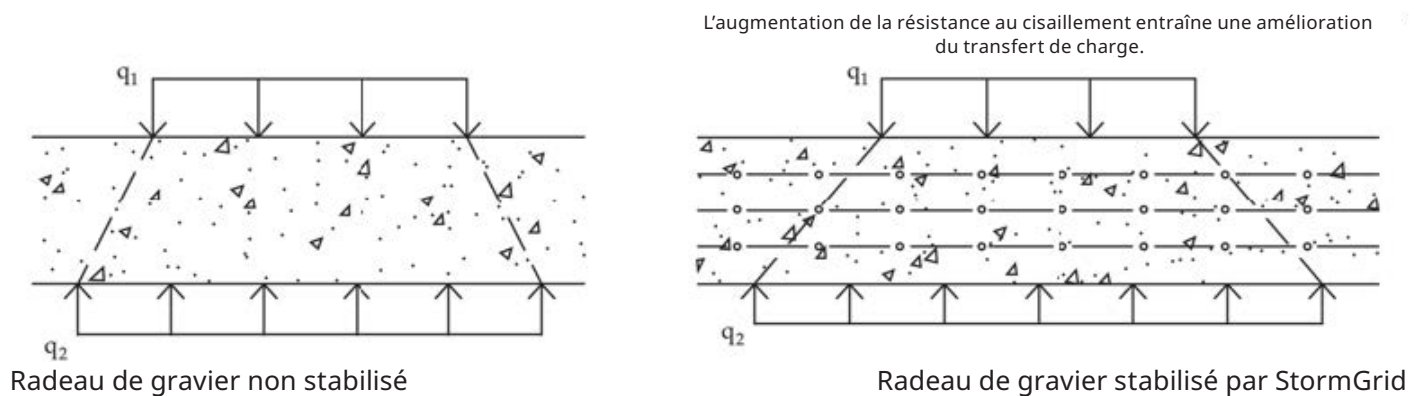


Figure 3 : Amélioration de la répartition de la charge et transfert de surcharge grâce à l'assise stabilisée par StormGrid



L'avantage de l'assise stabilisée par StormGrid sur la capacité portante est caractérisé selon la méthode « TValue » de Lees (2018), avec le développement d'une relation linéaire entre le rapport de capacité portante (q_u/q_s) et l'épaisseur normalisée du radeau de gravier stabilisé (H/B). La figure 4 illustre cette conception de fondation généralisée.

$$\frac{q_u}{q_s} = 1 + T \frac{H}{B} \quad (\text{semelle filante}) \quad \text{Équation 1}$$

$$\frac{q_u}{q_s} = \left(1 + T \frac{H}{B}\right)^2 \quad (\text{semelle carrée}) \quad \text{Équation 2}$$

Où:

q_u = la capacité portante au sommet de la couche de granulats

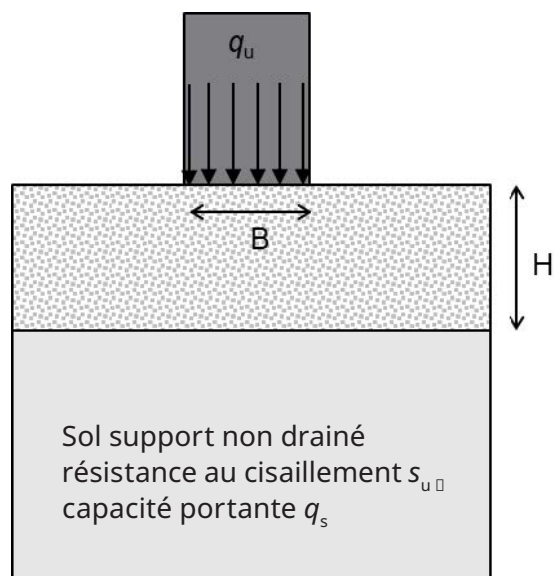
q_s = la capacité portante du sol support

T = l'efficacité du transfert de charge déterminée à partir de la figure 5

H = l'épaisseur de l'assise stabilisée par StormGrid

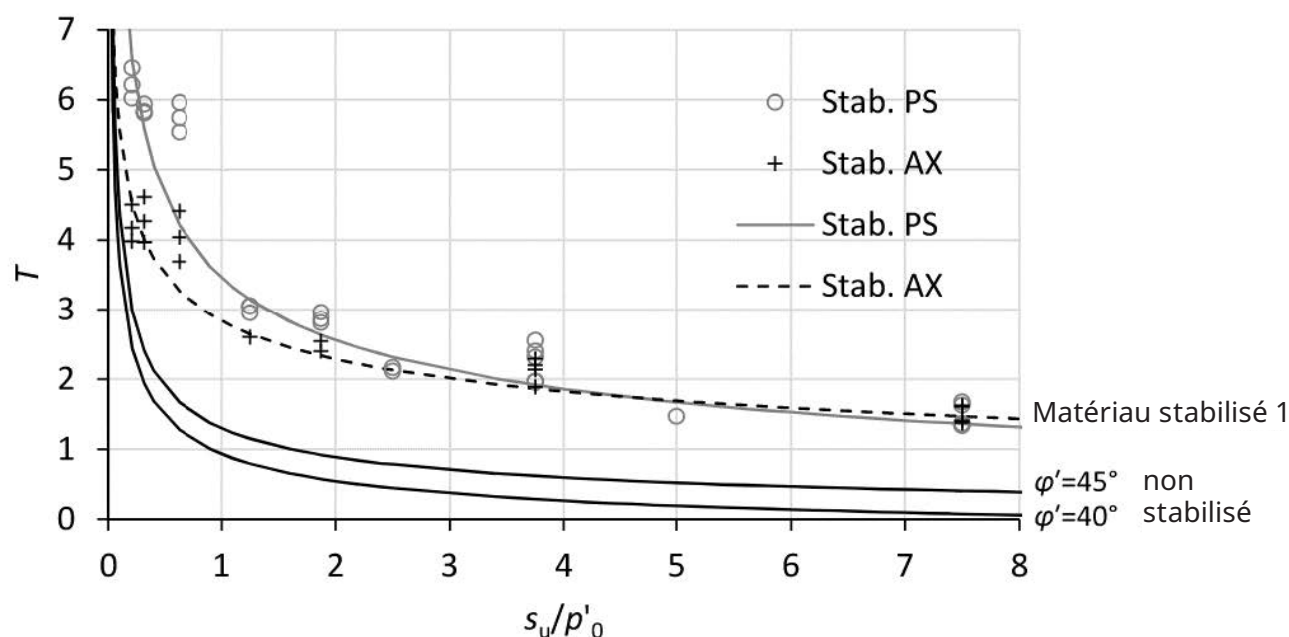
B = la largeur de la semelle

Figure 4 : Géométrie pour StormGrid
Méthode de conception de l'assise stabilisée Méthode



L'efficacité du transfert de charge (T) d'une assise dépend des résistances au cisaillement de la couche de granulats et du sol support sous-jacent, comme illustré à la figure 5. La solution est normalisée par p'_0 , la contrainte verticale effective à la base de la couche de granulats.

Figure 5 : Diagramme d'efficacité du transfert de surcharge selon Lees et Kawalec (2022)



Exemple de conception : Chambre StormTech MC-7200

Exemple 1 : Chambre StormTech ADS MC-7200

Hauteur de remblai 2,1 m (7 pi)

Hauteur de la chambre 1,5 m (5 pi)

Capacité portante admissible du sol support (FOS = 2,5) 124,5 kPa (2 600 lb/pi²)

Charge appliquée HS-20

Poids volumique supposé du sol : 15,71 kN/m³ (100 lb/pi³)

Lees et Kawalec (2022), N_c = 5,19

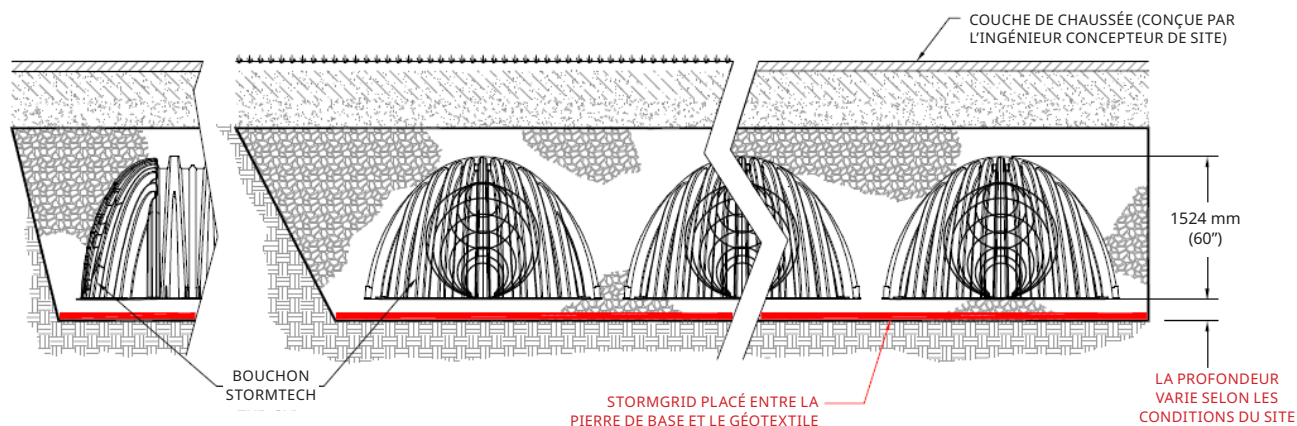
Déterminer l'épaisseur de l'assise nécessaire pour soutenir la chambre StormTech avec :

- Capacité portante admissible du sous-sol (FOS = 2,5) (q_s) : 124,5 kPa (2 600 lb/pi²).
- $S_u = \frac{q_s}{N_c} = \frac{124.5 \text{ kPa}}{5.14} = 24.2 \text{ kPa (505.8 psf)}$. Il s'agit de S_u admissible avec le même facteur de sécurité déjà déterminé pour la capacité portante.
- Espacement des rangées : 229 mm (9 po), largeur de semelle de la chambre : 114 mm (4,5 po) : Largeur de la charge appliquée : 114 mm (4.5") + 114 mm (4.5") + 229 mm (9") = 457 mm (18") = 0.46 m (1.5') = B
- Charge appliquée (q_u) : 380.5 kPa (7,947 lbs psf) ASTM F2787
- $p'_0 = H * (\gamma_s) = 457 \text{ mm} * (15.71 \text{ kN/m}^3) = 7.18 \text{ kPa}$
- $\frac{S_u}{p'_0} = \frac{24.2 \text{ kPa}}{7.18 \text{ kPa}} = 3.37$
- Équation 3 [Lees et Kawalec (2022)], $T = 4.06 \left(\frac{S_u}{p'_0} \right)^{-0.36} - 0.6 = 2.02$
- Équation 1 [Lees et Kawalec (2022)], $\frac{q_u}{q_s} = 1 + T \left(\frac{H}{B} \right)$
- $\frac{q_u}{q_s} = \frac{380.5 \text{ kPa}}{124.5 \text{ kPa}} = 3.06$
- $3.06 = 1 + 2.02 \left(\frac{H}{0.450} \right)$
- H = 0.459 m (1.52') = 459 mm (18.3")
- H ≈ 457 mm (18 po) avec le StormGrid
- Ce calcul est itératif, car la variable H dans la formule de p'₀ est la même que la variable H résolue dans l'Équation 1. Cette opération est répétée jusqu'à ce que les deux valeurs de H convergent.

Installation de l'assise stabilisée avec StormGrid

Dans la plupart des cas, l'épaisseur de l'assise stabilisée avec StormGrid varie entre six et vingt-quatre pouces. Pour l'installation du système StormTech, le StormGrid est placé à l'interface entre l'assise et le sous-sol, comme illustré à la Figure 6.

Figure 6 : Emplacement de la géogrille



Préparation du site

- Excaver l'assise StormTech et préparer la plate-forme conformément aux plans de l'ingénieur.
- Nivelier le sous-sol afin qu'il soit exempt d'ornières ou d'ondulations de plus de 100 mm (4 po) de profondeur.
- Installer le géotextile non tissé ADS 601T sur le sous-sol préparé et le faire remonter le long des parois de l'excavation.

Mise en place de la géogrille

- Positionner les rouleaux de StormGrid au bord de la base de l'excavation, couper les attaches du rouleau et dérouler manuellement le matériau sur la surface préparée.
- Avant de dérouler complètement la géogrille, ancrer le début du rouleau à la surface sous-jacente au centre et aux coins du bord du rouleau. L'ancrage peut être réalisé à l'aide de petits amas de granulats, de tiges ou d'agrafes de forte épaisseur.
- Dérouler ensuite la géogrille. Aligner et tendre pour éliminer les plis et le mou posé, en appliquant une tension manuelle, puis fixer en place. Au besoin, repositionner la géogrille après l'avoir déroulé. Soulever les feuilles adjacentes déroulées par leurs bords pour éviter qu'elles ne s'accrochent.
- Étendre la géogrille au-delà des chambres StormTech d'au moins 300 mm (12 po) ou de la profondeur de la couche de fondation en granulats, selon la valeur la plus grande.
- Superposer la géogrille d'au moins 450 mm (18 po) dans toutes les directions.
- Disposer les rouleaux de géogrille adjacents à recouvrement dans le sens prévu de l'épandage des granulats.

Déverser et épandre l'assise concassée

- Placer de la pierre de fondation concassée, propre et angulaire, en couches contrôlées sur le StormGrid.
- N'utilisez des engins à pneus directement sur la géogrille que si le sous-sol sous-jacent n'est pas sujet à l'orniérage sous l'effet du trafic de chantier.
- Nivelier le dessus de l'assise et compacter pour obtenir une surface plane.
- Se référer aux guides d'installation StormTech pour des détails supplémentaires concernant la construction du système StormTech.

Effectuer des réparations

Si le StormGrid est endommagé pendant ou après l'installation, le réparer en colmatant la zone selon les mesures suivantes :

- Retirer le remblai de la surface de la géogrille endommagée et dégager 900 mm (36 po) autour de la zone endommagée.
- Poser une pièce de géogrille couvrant la zone endommagée et s'étendant de 900 mm (36 po) au-delà dans toutes les directions.

Températures froides

Entreposer le StormGrid à une température supérieure à -29 °C (-20 °F) et éviter de le manipuler à une température inférieure à -10 °C (14 °F). À des températures sous le point de congélation, le StormGrid est moins résistant aux chocs et peut se fracturer sous l'effet d'une force dynamique (p. ex. un coup de marteau). D'autres formes de charges dynamiques associées à des températures très froides doivent être évitées.

Spécification de l'assise

L'assise sous les chambres, depuis le sol de fondation jusqu'à la base (fond) de la chambre, doit être constituée de :

- Pierre propre, concassée, angulaire ou béton recyclé
- Avoir un angle de frottement interne d'au moins 45 degrés
- Respecter la granulométrie des numéros de taille 3, 357, 4, 467, 5, 56 ou 57 selon la norme AASHTO M43

Spécification du produit StormGrid

Cas général

- La couche stabilisée mécaniquement (CSM) doit être constituée de deux éléments :
 - Le composant de géogridle de stabilisation de la CSM doit être la StormGrid Geogrid, fabriquée à partir d'une feuille polymère composite coextrudée, qui est ensuite perforée et orientée. La structure résultante comprend des nervures continues et non continues formant trois géométries d'ouvertures (hexagone, trapèze et triangle) ainsi qu'un hexagone suspendu non obstrué.
 - Un granulat répondant à la granulométrie des numéros de taille AASHTO M43 3, 3-5-7, 4, 4-6-7, 5, 5-6 ou 5-7, avec un angle de frottement interne maximal d'au moins 45 degrés.
- L'épaisseur de la couche stabilisée mécaniquement (CSM) a été déterminée de manière à respecter ou dépasser les objectifs de performance spécifiques au projet, et repose sur le calcul d'une « efficacité de transfert de charge » ou « valeur T » propre au projet pour la couche stabilisée mécaniquement intégrant une ou plusieurs géogridles de stabilisation.
- L'efficacité de répartition des charges de la CSM a été établie en utilisant le suivant
 - Un modèle constitutif approprié pour simuler le comportement d'un matériau granulaire stabilisé mécaniquement. Les paramètres de conception sont déterminés à l'aide d'essais triaxiaux de grand diamètre (0,5 m) réalisés sur les combinaisons de granulats et de géogridles afin de déterminer la résistance stabilisée de la couche composite obtenue.
 - La simulation de l'application par éléments finis (FEA) validée par des essais en vraie grandeur.
 - Une vaste étude paramétrique visant à établir les relations entre les valeurs T propres à la CSM et la résistance du sol de fondation pour la méthode de conception adoptée.
 - Des essais en vraie grandeur de couches granulaires stabilisées mécaniquement avec les mêmes produits de géogridle jusqu'à la rupture de capacité portante, afin de démontrer et de quantifier l'avantage de la géogridle de stabilisation.
- Toute proposition ou tout produit de remplacement doit être accompagné d'un dossier technique démontrant l'équivalence de la construction composite alternative, ainsi que des données d'essai à l'appui, au moins trois semaines avant la date requise d'approbation du produit.
- Les propriétés du composant géogridle de la couche stabilisée mécaniquement sont indiquées ci-dessous uniquement à des fins d'identification du produit et ne doivent pas être associées à la performance attendue du composant géogridle de la couche stabilisée mécaniquement. Il convient de noter que les propriétés indiciaires ou les caractéristiques de performance de toute géogridle de remplacement considérée de façon indépendante, telles que les propriétés en traction mesurées à l'air libre, les dimensions géométriques, le module de stabilité des ouvertures ou les données de contrôle de la qualité, ne seront pas acceptées comme démonstration suffisante d'une performance équivalente de la plateforme.

Propriétés InterAxSWT	Méthode d'essai/de mesure	Cas général
Formes d'ouvertures		Hexagonale, trapézoïdale, triangulaire
Structure		Coextrudé et formé de façon intégrale
Forme des nervures		Rectangulaire
Pas des nervures parallèles continues	DI	80 mm (3.2")
Rapport d'aspect des nervures ¹		>1.2
Identification par couleur		Blanc / noir / blanc

Notes

- Sauf indication contraire, les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes minimales de rouleaux déterminées conformément à la norme ASTM D4759-02
- Rapport de la profondeur médiane de la nervure à sa largeur médiane

Considérations relatives à la performance du sol de fondation

La détermination de la pression d'appui admissible est une pratique géotechnique de routine qui se base sur la considération de la capacité d'appui ultime (résistance à la rupture par cisaillement), les conditions de tassement, le savoir-faire local et d'autres facteurs propres au site ou au projet. La discussion ci-dessous vise à aider les concepteurs géotechniques à évaluer certaines des caractéristiques uniques de StormTech. Toutefois, il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de considérations et, en général, le sol de fondation d'origine sous un système StormTech doit être stable et résistant pour garantir le bon fonctionnement du système et pour la protection des améliorations de surface.

Capacité d'appui

Aucune défaillance en raison de la capacité portante n'est tolérable. Le cisaillement local (poinçonnage-cisaillement) est une considération importante lors de la conception, étant donné le faible espacement entre les rangées et la relative finesse de la zone surchargée du sol de fondation

Tassement

Le système de chambre est tolérant au tassement mineur. Cependant, pour la conception, le tassement total en tout point devrait être limité à 75 mm (3 po). Le tassement différentiel ne devrait pas dépasser 25 mm (1 po) sur une travée structurale de chambre. Les tolérances de tassement visent à créer la base de la conception des fondations et à garantir la bonne performance structurelle du système chambre-sol. Les conceptions de chambres ne tiennent pas compte du tassement ni de la tolérance aux mouvements du sol des aménagements de surface au-dessus des chambres.

Saturation du sol de fondation

Si la conception du système permet l'infiltration (c'est-à-dire qu'aucune membrane imperméable n'est spécifiée), la teneur en eau du sol de fondation devrait dépasser les niveaux naturels immédiatement après un événement pluvieux. Le degré de saturation dépendra notamment de la conductivité hydraulique du sol de fondation et de l'intensité de la pluie. Si une membrane imperméable doit être utilisée, on peut supposer que le système StormTech n'augmentera pas la saturation du sol de fondation.

Commentaires généraux

1. Les conceptions de chambres ne tiennent pas compte de la tolérance aux tassements ou aux mouvements du sol pour les aménagements de surface situés au-dessus des chambres.
2. Un facteur de sécurité de 2,5 pour la capacité portante a été utilisé pour déterminer la pression admissible de fondation.
3. Le radier stabilisé par géogrid contribue uniquement à l'augmentation de la capacité portante à la base de la chambre. On suppose que l'effet de tout déchargement net pendant la construction ainsi que le mouillage du sol de fondation par l'eau contenue dans les chambres sur la résistance au cisaillement du sol de fondation sont pris en compte dans la conception.
4. Les hauteurs maximales de remblai ne dépassent pas 3,6 m (12 pi) et les charges appliquées sont inférieures à 1 114 par mètre carré (12 000 par mètre carré).
5. Le déchaussement / l'érosion et son effet sur la performance de l'assise stabilisée ne sont pas pris en compte.

References

1. A. Lees and J. Kawalec, "The Design of Mechanically Stabilized Working Platforms". EuroGeo 7 Conference Proceedings pages 380-390
2. Note technique d'ADS TN 6.22 Considérations relatives à la performance du sol de fondation StormTech®
3. Norme ASTM F2787 – 13, « Standard Practice for Structural Design of Thermoplastic Corrugated wall Stormwater Collection Chambers » (Pratique standard pour la conception structurelle des chambres de collecte des eaux pluviales en parois annelées thermoplastiques)
4. Norme AASHTO M43-88 – Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction (Dimensions des granulats pour la construction routière et de ponts).
5. Lees A. Performance of gravel rafts stabilized with Tensar geogrids in Canterbury Earthquake Sequence (CES). International White Paper, 2017, Blackburn, UK.
6. Lees A. Bearing capacity of a geogrid-stabilized granular layer on clay, International White Paper, July 2018, Blackburn, UK
7. Lees, A.S. (2020) The bearing capacity of a granular layer on clay. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical Engineering, 173, No. 1,13-20



adspipe.ca