

EFFET DE LA VARIABILITE DES PARAMETRES DU SOL SUR COMPORTEMENT D'UNE FONDATION SUPERFICIELLE

Mme Fatma ZIBANI¹. Mr Ali BOUHERAOUA² & Mme Naima RAHMANI³ Mr Said BIR⁴

1. Département Génie Civil, Université Mouloud MAMMER de Tizi-Ouzou, LaMoMS. email: zibani.fatma@yahoo.com

2. Département Génie Civil, Université Mouloud MAMMER de Tizi-Ouzou, LaMoMS. email: abouheraoua@yahoo.fr

3. Département Génie Civil, Université Mouloud MAMMER de Tizi-Ouzou, LaMoMS email: rahmani_naima@hotmail.fr

4. Département Génie Civil, Université Mouloud MAMMER de Tizi-Ouzou, LaMoMS email : said.bir1979@gmail.com

Résumé :

Les modèles numériques disponibles pour l'étude classique des fondations superficielles utilisent comme données les distributions supposées exactes des propriétés des sols. Malheureusement, les techniques d'exploration courante ne peuvent fournir ce type d'information déterministe. L'interprétation la plus réaliste que l'on peut faire des résultats du programme d'exploration d'un site est en terme de densité de probabilité pour chacune des propriétés de sol. Cette étude traite l'effet de la variabilité spatiale du sol sur l'analyse d'une fondation superficielle soumise à une charge verticale centrée et uniformément répartis. Les variables aléatoires retenues comme paramètres de calcul sont, dans notre cas, les paramètres de cisaillement du sol : la cohésion c et l'angle de frottement interne φ .

Dans la présente étude, le problème est posé en termes probabilistes et un modèle numérique fondé sur les techniques de simulation de Monte Carlo est proposé pour sa résolution.

Mots clefs : *fondation superficielle, hétérogénéité, simulation, CESAR-LCPC, l'analyse probabiliste.*

Introduction

Traditionnellement, l'analyse et le dimensionnement des ouvrages en géotechnique sont basés sur des approches déterministes. Dans ces approches, les aléas et incertitudes des différents paramètres (caractéristiques du sol, chargement, etc...) sont pris en compte de manière simplifiée sous la forme d'un facteur de sécurité global.

Ce facteur est souvent appelé facteur d'ignorance car il représente notre ignorance des incertitudes des différents paramètres. Pour tenir compte des aléas et incertitudes inhérents aux différents paramètres, la théorie de la fiabilité est actuellement de plus en plus utilisée en géotechnique. Ceci est devenu possible grâce

aux avancées importantes au niveau de la quantification des incertitudes des paramètres du sol.

Il a semblé utile, dans cette étude, de tenter d'énumérer l'ensemble des techniques d'analyse des massifs de sols hétérogènes. Ces techniques prennent en compte le caractère hétérogène des sols dans la description des propriétés physiques et mécaniques des sols et dans les calculs d'ouvrages. La variabilité élevée des paramètres géotechniques, leur caractère évolutif dans le temps et l'espace et l'incertitude importante qui les affectent, rendent nécessaire leur prise en compte sous forme de champs aléatoires. Ces derniers sont définis comme des variables aléatoires auxquelles on associe une localisation dans l'espace.

L'approche probabiliste, et c'est la méthode principale dans il s'agit, tient compte du caractère aléatoire des variables. Elle fournit un résultat exprimé en probabilité de rupture. Celle-ci constitue une mesure homogène de la fiabilité qui peut en outre s'intégrer dans une étude économique globale.

Toute approche probabiliste nécessite une méthode numérique et une méthode statistique :

- _ La méthode numérique est ici la méthode des éléments finis ; nous avons utilisé le logiciel CESAR-LCPC ;
- _ La méthode statistique est la technique de simulation de Monte Carlo.

2. Introduction Procédure de calcul répétitif et d'analyse statistique des résultats

L'analyse probabiliste de la stabilité des fondations superficielle par la méthode de Monte Carlo développée dans cette étude a comporté les étapes suivantes :

Choix des paramètres de calcul

- Analyse statistique de ces paramètres de calcul à partir d'essais de laboratoire et d'essais en place (moyenne, variance, histogramme, fonction de distribution)
- Choix des paramètres et du plan de charge
- Discrétisation du sol en éléments

- Génération des valeurs aléatoires des paramètres de base et attribution d'une valeur aléatoire à chaque zone d'éléments
- Détermination de la solution du problème (contraintes et déplacements verticaux) en
-
- chaque point de la ligne de calcul déterminée (à la base de la fondation)
- Répétition des étapes (5) et (6) pour obtenir plusieurs solutions
- Analyse statistique des solutions obtenues : moyenne, variance, histogramme, fonction de distribution.

2.1 Présentation du cas étudié

On considère une fondation superficielle, de hauteur $H=0,5$ m et de large $B=2$ m (figure 1), reposant directement sur un massif de sol cohérent et frottant. La semelle est soumise à une charge verticale centrée et uniformément répartie.

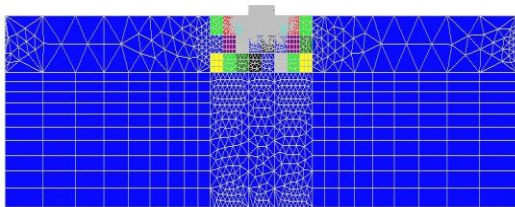


Figure1 : Présentation de la fondation superficielle étudiée

2.2 Hypothèses de calculs

- Le modèle numérique de l'ouvrage est une représentation simplifiée de la réalité. Les simplifications nécessaires concernent :
- Les diverses interactions sol-structures.
- La description du comportement des matériaux (milieu continu en élasticité parfaite).

2.3 Maillage d'éléments finis

Le maillage d'éléments finis réalisé est constitué de 7868 nœuds, de 2560 éléments finis (2520 éléments surfaciques et 40 éléments d'interface à 6 nœuds). Pour les besoins de calculs probabilistes, nous avons fait varier les paramètres de sol (variables aléatoires) dans 37 groupes d'éléments). Ce maillage comprend toutes les zones de matériaux.

Le calcul est réalisé avec le progiciel CESAR –LCPC (module TCNL : résolution des problèmes de contact entre solides élastoplastique). L'origine des coordonnées est prise au centre de la fondation, l'axe vertical est orienté vers le haut et l'axe horizontal vers

le côté droit. La largeur totale du modèle a été fixée à 40 m (soit 20 m de part et d'autre du centre de la fondation) et la hauteur totale à 10 m. Les conditions aux limites sont les suivantes : le déplacement horizontal est nul sur les frontières latérales ($x=-20$ m et $x= +20$ m), ainsi que les déplacements horizontal et vertical sur la frontière inférieure ($y=-10$ m).

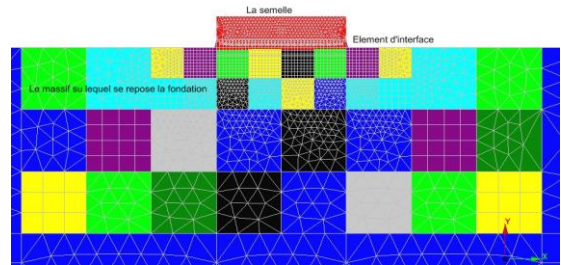


Figure 2 : Maillage réalisé pour l'étude d'une fondation superficielle (les 37 groupes d'éléments sont en couleur)

3. Cas étudiés

- _ Cas déterministe:
- _ Cas Statistiquement Homogène
- _ Cas Stratifié: présentation du modèle
- _ Cas hétérogène:

4. Comparaison des résultats obtenus

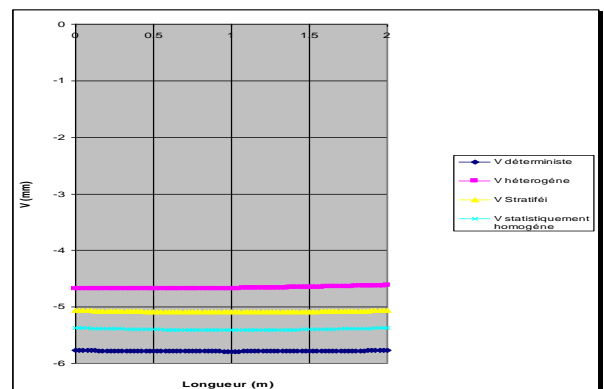


Figure : Valeurs moyennes des déplacements horizontaux des différents calculs comparés au cas déterministe

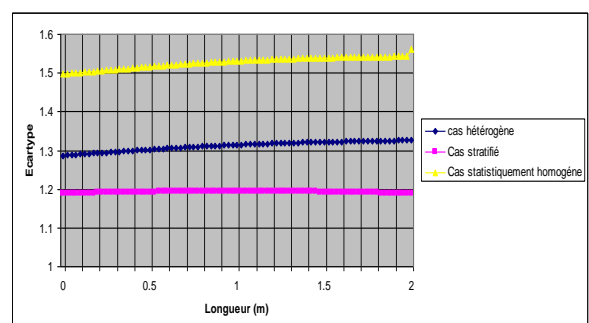


Figure : Ecart type des déplacements horizontaux pour les différents calculs

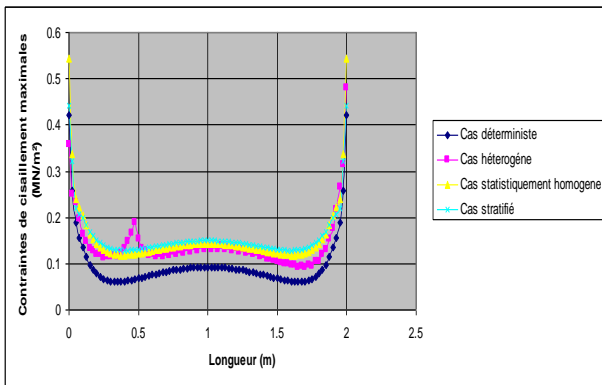


Figure: Valeurs moyennes des contraintes de cisaillement max des différents calculs comparé au cas déterministe

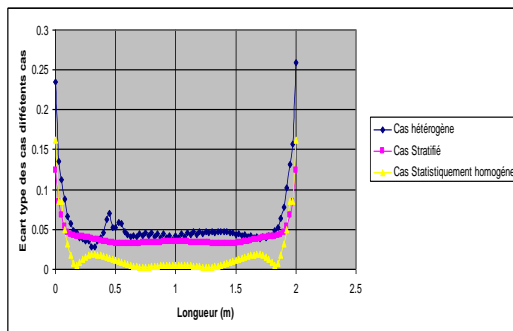


Figure: Ecart type des contraintes de cisaillement max pour les différents calculs

5. conclusion

Les résultats essentiels des calculs peuvent être résumés comme suit :

L'ensemble des courbes montrant l'évolution des déplacements verticaux en fonction de la longueur du massif représentant la ligne de coupe sont presque identiques à celle obtenus dans le cas déterministe.

On peut dire de même concernant les courbes des contraintes de cisaillement max, vu que l'allure des courbes représentant ces contraintes en fonction de la longueur du massif représentant la ligne de coupe sont identiques à celle tirée du cas déterministe.

Les incertitudes relatives aux contraintes, caractérisées par les écart-types, sont petites dans le cas d'analyse statistiquement homogène, grandes dans le cas Stratifié. Elles sont les plus élevées dans le cas hétérogène (dernier cas analysé).

Les incertitudes sur les déplacements augmentent du cas statistiquement homogène au calcul hétérogène en passant par le calcul avec couches homogènes. Donc l'incertitude sur les déplacements diminue avec l'augmentation de la variabilité.

Références Bibliographiques :

[1] Ali BOUHERAOUA, (1989), « Influence de la variabilité des propriétés du sol sur la consolidation des

massifs de sols argileux », Thèse de doctorat de l'université paris 6.

[2] Karim BAAZIZ, 2011 «Effet de la variabilité des paramètres de calcul sur la stabilité des murs de soutènement ». Thèse de Magister de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou.

[3] Laura BOUAKIZ, (2009), « Etat de l'art des techniques d'analyse des massifs de sols hétérogènes » Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

[4] Magnan J.-P., Bouheraoua A. (1996) "Analyse probabiliste de la consolidation unidimensionnelle des sols". Revue française de géotechnique 4eme Trimestre 1996 . PP,19-30.

[5] Matheron, G. 1971. The theory of regionalized variables and its applications. Centre de géostatistique, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau.