

Proposition de thèse de doctorat

Début : 2017-2018

Titre de la thèse : Etude de l'influence de la variabilité spatiale du sol et de la variabilité temporelle du signal sismique sur les réponses sismiques des bâtiments de grande hauteur

Laboratoire : GeM

Equipe : TRUST

Localisation de la thèse : Bât 17 – GeM – Saint-Nazaire

Directeur de thèse

Nom et prénom : SOUBRA Abdul-Hamid

Tél : 02 40 90 51 08

Mail : Abed.Soubra@univ-nantes.fr

Co-Encadrants

Nom et prénom

Tél :

Mail

Description du sujet

Cadre général de l'étude :

Le travail de cette thèse s'intègre dans le cadre d'une convention CIFRE proposée par le groupe NOX. Son objectif est l'évaluation des réponses sismiques d'un bâtiment de grande hauteur reposant sur un sol présentant un risque de liquéfaction en prenant en compte la variabilité spatiale des propriétés du sol et la variabilité temporelle du signal sismique et en considérant l'interaction sol-structure. L'objectif final est l'établissement de courbes de fragilité permettant d'exprimer la probabilité d'excéder un certain degré de dommage et ce, en fonction de l'intensité du séisme.

Problématique :

Traditionnellement, l'analyse et le dimensionnement des ouvrages en géotechnique (en statique et en dynamique) sont basés sur des approches déterministes. Dans ces approches, les aléas et incertitudes des différents paramètres du sol sont pris en compte de manière simplifiée. Pour tenir compte des aléas et incertitudes inhérents aux différents paramètres du sol de manière plus rigoureuse, les méthodes probabilistes sont actuellement de plus en plus utilisées en géotechnique. Ceci est devenu possible grâce aux avancées importantes au niveau de la quantification de ces incertitudes. Une première approche consiste à modéliser ces paramètres incertains par des variables aléatoires représentées par des lois de distribution de probabilité (Probability Density Function PDF). Cette modélisation est assez simplifiée puisqu'elle considère un sol homogène et elle ne tient pas compte du degré de dépendance de deux valeurs de la propriété incertaine en deux points distincts du sol. Or, les propriétés d'un sol naturel varient d'un point à un autre au sein d'un même horizon supposé 'uniforme' tout en respectant une certaine corrélation.

Une modélisation plus rigoureuse de ces paramètres incertains consiste à modéliser la variabilité de la propriété incertaine par un champ aléatoire. Dans cette approche, les caractéristiques statistiques des paramètres incertains concernent non seulement les lois de distribution de probabilité des propriétés du sol mais aussi la fonction d'autocorrélation qui fait intervenir la distance d'autocorrélation (i.e. la distance en-dessous de laquelle les valeurs de la propriété sont fortement corrélées).

La variabilité spatiale des propriétés du sol a pour effet de changer la forme et la position théorique de la surface de rupture correspondant à un sol 'uniforme'. Cette surface s'écarte de la position théorique pour passer à travers des zones de faible résistance. Ainsi, la résistance au cisaillement mobilisée le long de cette surface se trouve diminuée par rapport à celle correspondant à un sol uniforme.

En ce qui concerne le phénomène de liquéfaction des sols faisant l'objet de ce travail, les travaux récents ayant considéré la variabilité spatiale des propriétés du sol ont mis en évidence le développement de fortes surpressions interstitielles en comparaison au cas d'un sol 'uniforme'. Ceci est bien évidemment en faveur du déclenchement du phénomène de liquéfaction. Les dommages induits dans ce cas sont plus importants que ceux considérant un sol uniforme (i.e. sans prise en compte de la variabilité spatiale). La prise en compte de la variabilité spatiale des propriétés du sol revêt donc une grande importance pour une meilleure prévision du phénomène de liquéfaction. La bonne prévision de la liquéfaction passe également par une prise en compte de la variabilité temporelle du signal sismique. Ce type de variabilité sera ainsi intégré dans les calculs probabilistes au sein de cette thèse.

Description du travail de thèse :

Dans ce travail, un intérêt particulier sera porté à la prise en compte de la variabilité spatiale des propriétés du sol et la variabilité temporelle du signal sismique dans le calcul sismique des ouvrages en tenant compte de l'interaction sol-structure.

On s'intéresse plus particulièrement à l'établissement des courbes de fragilité d'un bâtiment de grande hauteur reposant sur une couche de sable saturé présentant un risque de liquéfaction et soumis à un chargement sismique. Ces courbes permettent de décrire la vulnérabilité sismique de ces structures en fonction de l'intensité du séisme. Deux types de variabilités seront considérées dans cette thèse : (i) la variabilité spatiale des propriétés du sol et (ii) la variabilité temporelle du chargement sismique.

Il est à noter ici que l'approche probabiliste utilisée dans la littérature pour la prédiction du risque de liquéfaction est la méthode classique de Monte Carlo. Or, cette méthode est connue pour être très peu efficace car elle nécessite un très grand nombre de simulations. Des méthodes probabilistes avancées basées sur le méta-modeling seront utilisées pour résoudre ces problèmes à grande dimension stochastique.

Pour la prise en compte de la variabilité spatiale des propriétés du sol, le sol est considéré spatialement variable. Les propriétés incertaines du sol seront modélisées par des champs aléatoires non-Gaussiens. Une revue de la littérature récente est nécessaire pour choisir une méthode de discrétisation qui soit efficace au niveau du temps de calcul. D'autre part, la variabilité temporelle du signal sismique sera considérée dans cette thèse en adoptant la méthode de Rezaeian and Der Kiureghian (2008). Cette méthode permet de considérer la non-stationnarité dans les domaines fréquentiel et temporel. Plusieurs réalisations des deux champs aléatoires de sol seront générées. Aussi, plusieurs signaux synthétiques du signal sismique seront réalisés. L'ensemble de ces réalisations aléatoires sera utilisé dans le cadre d'un calcul hydro-mécanique sous FLAC3D.

En ce qui concerne le modèle hydro-mécanique qui sera élaboré, le bâtiment sera

modélisé par un oscillateur à un seul degré de liberté. Le modèle sera basé sur le logiciel FLAC3D. Un couplage solide-fluide sera considéré dans cette étude.

Une analyse fine des résultats permet d'obtenir la distribution des surpressions interstitielles au sein du massif de sol et d'interpréter les courbes de fragilité issues de la modélisation.

Moyens mis en œuvre :

Logiciels FLAC et Matlab

Mots-Clés :

Variabilité spatiale des propriétés du sol – Variabilité temporelle du signal sismique – Calcul sismique des ouvrages en géotechnique – Modélisation numérique – Interaction sol-structure.

Compétences requises

- Maîtrise de la programmation sous MATLAB
- Goût prononcé pour la modélisation numérique en Génie Civil.

Commentaires Supplémentaires

Etude en relation

Financement prévu : Bourse CIFRE

Montant net mensuel envisagé :