

**Titre :** Modélisation numérique des fondations avec des inclusions rigides sous sollicitations sismiques

**Mot clés :** Inclusions rigides ; modélisation par macro-éléments ; enveloppe de rupture

**Résumé :** Les inclusions rigides (IR) sont l'une des techniques d'amélioration des sols disponibles pour les structures fondées sur des sols compressibles. Outre les avantages évidents de la réduction des tassements et de l'amélioration de la capacité portante du sol, la conception appropriée des fondations sur inclusions rigides réduit le risque d'effondrement, renforce la stabilité de la fondation et améliore la réponse structurale. L'objectif principal de cette thèse est de développer un outil numérique simplifié, basé sur l'approche du macro-élément (ME), pour simuler le comportement non linéaire des fondations sur inclusions rigides soumises à des charges statiques et sismiques. Un modèle de méthode des éléments finis (MEF) tridimensionnel est d'abord validé par rapport à de nouvelles données expérimentales, puis utilisé pour définir

l'enveloppe de rupture de la fondation sur IR. Cette dernière définit l'espace sûr autorisé, c'est-à-dire les forces limites que la fondation peut supporter sous des charges combinées. Une formule analytique originale est fournie pour l'enveloppe de rupture et un ME basé sur la plasticité est proposé, où le comportement global de la fondation et du sol environnant est regroupé dans une équation constitutive unique reliant l'évolution des forces généralisées et des déplacements. La calibration et la validation basés sur des analyses FEM et des résultats expérimentaux de tests centrifuges dynamiques sont finalement présentés. Les résultats prouvent que le nouveau ME est un outil numérique simplifié précis et robuste pour prendre en compte l'interaction sol-structure dans le cas des fondations sur IR.

**Title:** Numerical modelling of rigid inclusions foundations subjected to seismic loading

**Keywords:** Rigid inclusions; macroelement modelling; failure envelope

**Abstract:** Rigid inclusions (RI) are one of the available soil improvement techniques for structures founded on compressible soils. Apart from the obvious advantages of reducing settlement and improving the soil-bearing capacity, proper design of RI foundations reduces the collapse risk, enhances the foundation's stability and improves the structural response. The main objective of this thesis is to develop a simplified numerical tool, based on the macroelement (ME) approach, to simulate the non-linear behavior of RI foundations subjected to static and seismic loadings. A 3D finite element method (FEM) model is first validated against novel experimental data and then used to identify the RI foundation's

failure envelope. This latter defines the allowable safe space, i.e., the limit forces that the foundation can endure under combined loadings. An original analytical formula is provided for the failure envelop and a novel plasticity-based ME is proposed where the global behaviour of the foundation and the surrounding soil is lumped into a single constitutive equation relating the evolution of generalized forces and displacements. Calibration and validation based on FEM analyses and experimental results on dynamic centrifuge tests are finally presented. Results prove that the novel ME is an accurate and robust simplified numerical tool to account for soil-structure interaction for the case of RI foundations.