

Thèse soutenue le 28 mars 2007

Etude expérimentale et numérique de l'interaction sol-structure lors de l'occurrence d'un fontis

Matthieu CAUDRON

Directeur de thèse : Richard KASTNER

Correspondant INERIS : Marwan Al HEIB

Les affaissements de terrain de grande ampleur résultent de l'effondrement de cavités souterraines issues de l'activité industrielle humaine (mines ou carrières) ou formées naturellement par la circulation d'eau dans des massifs de roches solubles (calcaire, gypse). Leur impact sur le bâti existant en surface est généralement très important comme en attestent les exemples récents des affaissements d'Auboué (1996), de Moutiers (1997) et de Roncourt (1999) qui ont endommagé plus de cinq cents bâtiments et ouvrages ou le fontis sur le chantier METEOR en 2003. Il est donc nécessaire de prévoir les mouvements du sol de surface (tassements et déformation horizontale) résultants de ces phénomènes et surtout de déterminer l'influence que peut avoir la présence d'une ou plusieurs structures en surface sur la forme et l'amplitude de ces mouvements. Le programme de cette thèse s'articule donc autour de la thématique suivante : évaluation des risques urbains liés aux mouvements de sol dus à la présence de cavités souterraines et interaction avec le bâti et les structures.

La première partie porte sur la conception d'un modèle réduit physique bidimensionnel permettant de représenter un effondrement de cavité de type fontis. Elle apporte une contribution innovante à la conception de modèles réduits physiques 1g par la mise au point d'un matériau analogique cohérent, dérivé du matériau de Schneebeli. Des essais sont alors menés pour caractériser l'influence de l'interaction sol-structure lors d'un tel phénomène.

Ensuite un modèle numérique est développé à partir d'un outil numérique permettant l'emploi conjoint de deux codes de calcul complémentaires basés sur une approche en milieu continu d'une part et sur la mécanique des éléments distincts d'autre part. Les résultats issus de ce modèle sont alors comparés avec ceux provenant des essais réalisés sur le modèle expérimental.

La dernière étape est une confrontation de cet outil numérique dans un essai de rétro-analyse d'un fontis réel survenu dans le massif de l'Hautil en 1991.

Abstract

The subsidences of great width result from the collapse of underground cavities resulting from the human industrial activity (mines or careers) or formed naturally by the water in soluble solid masses of rocks (limestone, gypsum). Their impact on the existing buildings on the surface is generally very important as attest some of the recent examples of Auboué (1996), Moutiers (1997) and Roncourt (1999) which damaged more than five hundred buildings or the sinkhole on site METEOR (PARIS) in 2003. It is thus necessary to consider the movements of the ground at the surface (settlements and horizontal deformations) resulting from these phenomena and especially to determine the influence which can have the presence of one or more superficial structures on the form and the amplitude of these movements. The thesis program is based on the evaluation of urban risks due to the soil movements caused by underground cavities and the soil-structure interaction.

The first part is focused on the design of a small-scale bidimensionnal physical model that allows the representation of a sinkhole-like cavity collapse. It brings an innovating contribution to the design of 1g small-scale physical model by the development of a cohesive analogical material, derived from the Schneebeli material. Tests are then proceeded in order to determine the influence of soil-structure interaction during a sinkhole.

A numerical model is then setup using two different approaches at the same time : a continuum approach and the Distinct Element Method. Results provided by this model are compared with those from the tests performed on the small-scale model.

The last step is a confrontation of this computation tool in an attempt of back analysis of a sinkhole that did one casualty near Paris in 1991.