



HAL
open science

Sols structurés et sollicitations sismiques

Stephane Brule, Sébastien Guenneau, Stefan Enoch

► **To cite this version:**

Stephane Brule, Sébastien Guenneau, Stefan Enoch. Sols structurés et sollicitations sismiques. CFM 2015 - 22ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2015, Lyon, France. hal-03444788

HAL Id: hal-03444788

<https://hal.science/hal-03444788>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sols structurés et sollicitations sismiques

S. BRÛLE^a, S. GUENNEAU^b, S.ENOCH^c

a. Ménard, Solétanche-Freyssinet, Vinci Constructions, stephane.brule@menard-mail.com

b. Aix-Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel,
sebastien.guenneau@fresnel.fr

c. Aix-Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, Institut Fresnel,
stefan.enoch@fresnel.fr

Résumé :

Une évolution conceptuelle majeure consiste depuis quelques années à considérer un sol avec des fondations profondes, non plus comme un ensemble composite, passif sous l'action d'un séisme, mais à l'explorer, sous l'angle des opticiens et des acousticiens, comme un dispositif interagissant au profit de l'ouvrage de surface avec le signal incident. Nous présentons ici le concept et les avancées récentes obtenues pour ces sols structurés connus sous le nom de métamatériaux sismiques.

Abstract :

In the past few years, a paradigm shift has occurred with a proposal considering soil and its deep foundation not only as a composite medium, passive under seismic tremor but also as a device interacting with incident waves, according to an optical and acoustical point of view. Here we show the main concept of seismic metamaterials and recent experimental breakthroughs.

Mots clefs : Métamatériaux sismiques, interaction sol-structure

1 Introduction

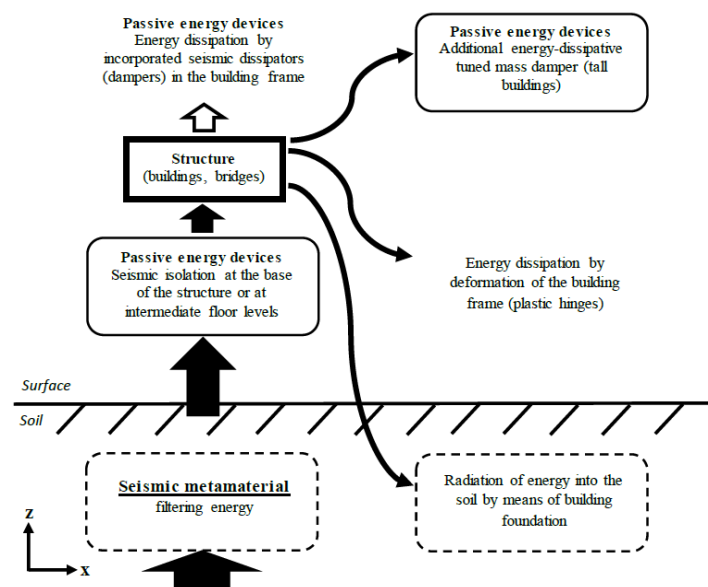
Les codes modernes de construction sismique considèrent le mouvement sismique comme une donnée d'entrée pour le calcul des infrastructures et des superstructures. Cependant, la transposition aux ondes sismiques de concepts issus de l'Optique et de l'Acoustique, tels que les cristaux photoniques pour les ondes électromagnétiques et les cristaux phononiques pour les ondes acoustiques ouvrent de nouveaux axes de recherche pour la protection contre les ondes sismiques en bassin sédimentaire.

2 Interaction sol-structure et métamatériaux sismiques

Pour un ouvrage (bâtiment, Ouvrage d'Art) bâti en surface, l'interaction sol-structure consiste à examiner les actions entre eux des effets inertiels (efforts s'exerçant sur les fondations et provenant des forces d'inertie développées dans la structure soumise à un mouvement de son support) et les effets cinématiques (mouvement du sol support au passage des ondes sismiques). La dynamique des sols a déjà introduit la notion de loi d'homogénéisation pour des déformations sismiques de sols

demeurant dans le domaine élastique. Ainsi, pour une onde sismique polarisée selon un plan horizontal, un module de cisaillement équivalent peut-être estimé pour un sol renforcé avec des inclusions cylindriques verticales en béton, en acier ou en bois [1, 2]. Cette homogénéisation agit sur la réduction de la déformabilité des sols, ce qui mène à réduire les effets d'amplification de signaux sismiques dans les couches superficielles et limiter les effets de liquéfaction des sols. D'autre part, la densification des sols sur des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres conduit à l'augmentation des modules de déformation et peut conduire à agir sur les mêmes effets [3].

L'originalité des métamatériaux sismiques réside dans leur potentiel à générer des effets sismiques complémentaires prévisibles avec les outils de l'optique et de l'acoustique et descriptibles avec l'acquisition sismique. Ces effets sont les bandes fréquentielles interdites, l'atténuation des ondes et ou leur directivité. Les premières étapes ont consisté à effectuer des simulations numériques avec les propriétés caractéristiques des sols en petite déformation [4] puis à réaliser les premiers essais en grandeur nature, soit par analogie avec les vagues grâce à des modèles réduits en laboratoire [5], soit en réalisant des dispositifs sismiques à l'échelle d'un terrain de basket en recherchant à identifier les effets suspectés au moyen de sources vibratiles et réseaux de sismographes adaptés [6]. L'apport des métamatériaux sismiques peut se résumer à la figure ci-dessous.



Références

- [1] Hashin Z. Analysis of Composite Materials - A Survey - Journal of Applied Mechanics, vol. 50, pp. 481-505 (1983).
- [2] Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous action sismique, Guide technique, Presses des Ponts, p231 (2012).
- [3] Brûlé S., Javelaud E. Soil dynamic response after ground improvement by heavy dynamic compaction or vibrocompaction, *ISSMGE – TC211. International Symposium on Ground Improvement IS-GI*, 30 march – 2 june 2012, Brussels, Belgium. Vol.II, 3-9.
- [4] S. Brûlé, E. Javelaud, S. Guenneau, S. Enoch. Approximate models and experiments on seismic metamaterial. IEEE International Ultrasonics Symposium, International Symposium on the Application of Ferroelectrics, Joint International Frequency Control Symposium, European Frequency and Time Forum, 21-25 july 2013, Prague.
- [5] G. Dupont, O. Kimmoun, B. Molin, S. Guenneau, S. Enoch, Numerical and experimental study of an invisibility carpet in a water channel, Phys. Rev. E 91, 023010 (2015).
- [6] S. Brûlé, E. H. Javelaud, S. Enoch, S. Guenneau. Experiments on Seismic Metamaterials: Molding Surface Waves, Phys. Rev. Lett. 112, 133901 (2014).