

Opération de recherche APOS (Auscultation Pour des Ouvrages Sûrs)

Sujet 2 :

Durabilité des câbles et des armatures dans le béton – Dalles instrumentées

Influence de la présence des armatures sur les mesures par impact écho et par écho d'impulsion ultrasonore (IE et UPE)

Géraldine VILLAIN*, Jacques KERVEILLANT*, Odile COFFEC**

* IFSTTAR – MAST ** IFSTTAR – GERS

Problématique et objectifs de l'action R&D

Au cours d'un précédent projet ANR nommé SENSO, différentes méthodes ultrasonores (US) comme l'impact écho (IE) et l'ultrasonic pulse écho (UPE) ont permis de déterminer les propriétés mécaniques (résistance à la compression et module d'Young statique) ainsi que la porosité du béton, en utilisant des courbes de calibration reliant les mesures non destructives à ces indicateurs [Villain et al. 2011].

Ces essais ont été réalisés en laboratoire sur dalles non armées et constituent des éléments importants dans la compréhension du comportement de ce matériau.

Cependant, la réalité est plus complexe : les ouvrages sont en effet construits en béton armé et précontraint et présentent des dimensions de mailles d'armatures plus ou moins grandes.

L'objectif du sujet de cette opération de recherche est, par le biais de nouveaux essais sur des dalles armées représentatives de la réalité du terrain, de déterminer l'influence de la présence des armatures sur les résultats de mesures par IE et UPE.

Démarche : méthodologie proposée

Description des techniques IE et UPE et observables obtenues (V_P et V_S , E_{dyn} et ν_{dyn}) :

L'IE est un système utilisant des ondes guidées de basses fréquences. L'émission est réalisée manuellement avec une bille dont le point d'impact sur le matériau est situé au plus proche du capteur de réception. L'exploitation de la FFT du signal reçu se fonde sur l'analyse de la fréquence de résonance du 1^{er} mode de Lamb stationnaire (f_{S1}) et si possible de celle du 2nd mode (f_{A2}).

L'UPE intègre lui un système d'émission/réception en un même bloc indissociable composé de 12 capteurs en émission et 12 en réception. La fréquence centrale du signal émis est égale à 55 kHz. 2 blocs de capteurs l'un en ondes de compression (P), l'autre en ondes de cisaillement (S) sont disponibles mais seul le système en ondes S a été étudié ici.

Les deux systèmes permettent, moyennant la connaissance de l'épaisseur du matériau, d'en déduire les vitesses des ondes P et S V_P et V_S et, connaissant la masse volumique apparente, d'en déduire les valeurs des modules dynamiques d'Young et de Poisson (E_{dyn} et ν_{dyn}).

Lors du projet ANR-EVADEOS, un mur de béton C35 spécialement conçu avec un seul lit d'armatures situées à 3 cm de profondeur d'une des 2 faces auscultées, a fait l'objet d'une auscultation par ces 2 méthodes non destructives. Le profil des mesures espacées de 2 cm a été réalisé sur les 2 faces en passant au dessus de 2 armatures distantes de 20 cm (Fig.1).

Mots clés : Impact Echo (IE), Ultrasonic Pulse Echo (UPE), armature, incertitude

Illustrations

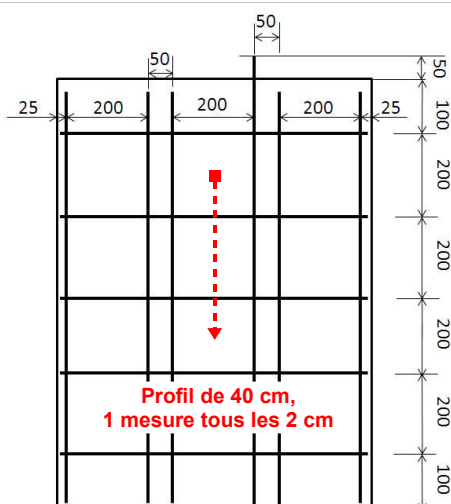


Fig. 1. Schéma du mur ferrailé

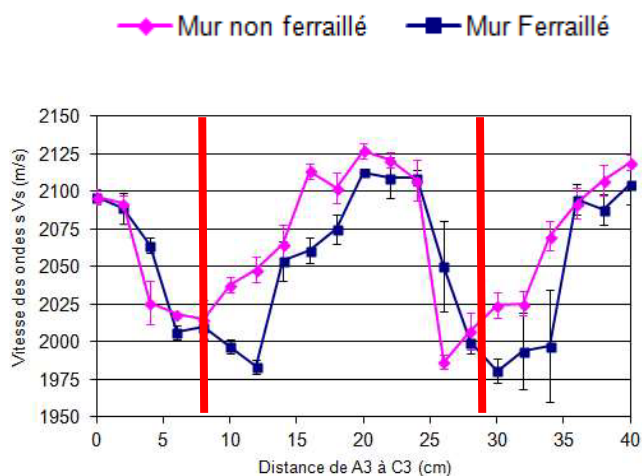


Fig. 2. Mesure de V_s (UPE)

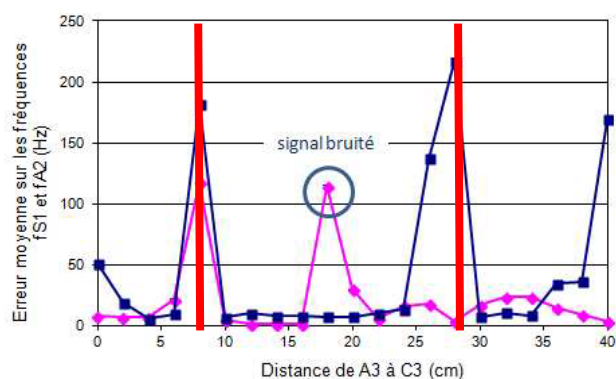


Fig. 3. Erreur moyenne sur f_{S1} et f_{A2} (IE)

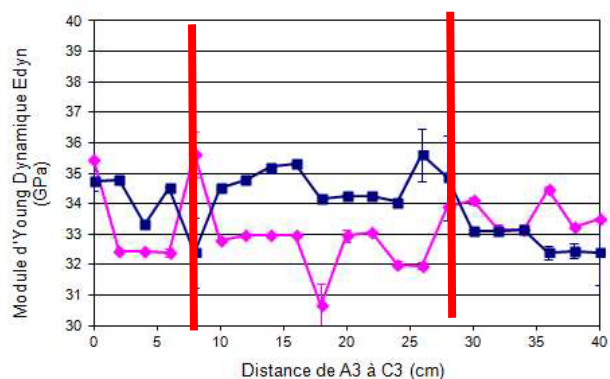


Fig. 4. Mesure de E_{dyn} (IE)

Principaux résultats

Les résultats obtenus à l'aide des deux techniques complémentaires IE et UPE sur le module d'Young et les vitesses des ondes sont présentés dans les figures 2 à 4. Elles correspondent aux différentes mesures obtenues le long du profil de 40 cm indiqué en rouge sur la figure 1 pour les 2 faces.

La figure 2 présente la vitesse des ondes de cisaillement obtenues avec l'UPE. On constate peu de différence entre les faces ferrailée et non ferrailée. La présence des armatures semble en revanche affaiblir la vitesse des ondes V_s à une distance de l'ordre de 6 à 8 cm de chaque côté de l'armature.

Les figures 3 et 4 sont obtenues à l'aide de l'IE. On constate à nouveau peu de différence entre les 2 faces, notamment pour la vitesse V_p pour laquelle l'influence des armatures est du même ordre que le bruit. On observe également que :

- le module d'Young E_{dyn} est quant à lui légèrement plus élevé du côté de la face ferrailée (Fig.4).
- les armatures ont surtout une influence sur l'erreur de mesure et donc sur l'incertitude des résultats obtenus (Fig. 3) à une distance de l'ordre de 2 cm de chaque côté de l'armature.

Livrables

Type	Titre	Date
A	Villain G., Le Marrec L., Rakotomanana L., Determination of the bulk elastic moduli of various concrete by resonance frequency analysis of slabs submitted to impact echo, European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 15(4), 2011, pp. 601-617.	2011