

Inversion conjointe de mesures non destructives pour l'évaluation des gradients de degré de saturation dans le béton d'enrobage des structures

Résumé :

Le gradient de degré de saturation en eau dans le béton d'enrobage est un des principaux paramètres gouvernant la durabilité des ouvrages et il est essentiel de suivre l'évolution dans le temps de ce gradient. Les méthodes d'évaluation non destructives donnant accès à la mesure de la résistivité électrique et de la permittivité diélectrique sont très sensibles au degré de saturation et pourraient permettre de cartographier une structure. Des travaux récents ont montré que des mesures de résistivité et de permittivité, inversées et calibrées indépendamment, permettent d'obtenir des profils de gradients de teneur en eau en fonction de la profondeur. Cependant, l'inversion n'a été appliquée que de manière découplée alors que ces deux propriétés sont complémentaires en termes de fréquence, de volume ausculté et de sensibilité au degré de saturation. Dans cette thèse, nous développons une méthode d'inversion conjointe des mesures de résistivité et de permittivité pour améliorer la fiabilité et la précision des profils estimés. Nous modélisons les mesures sur une dalle de béton en 3D par la méthode des éléments finis, le béton étant considéré comme un milieu homogène vis-à-vis des granulats mais présentant un profil de degré de saturation S défini par un modèle continu du profil de saturation en fonction de la profondeur. Pour l'inversion des mesures pour estimer le profil de S , nous avons développé un algorithme de moindres carrés non linéaires de type Levenberg-Marquardt. La prise en compte des incertitudes associées à chaque jeu de mesure fait partie intégrante de la méthode développée afin d'affiner sa précision, permettant en outre de propager ces incertitudes sur les paramètres estimés. Une campagne expérimentale de séchage et d'imbibition d'une dalle de béton est organisée pour tester l'algorithme de l'inversion conjointe. La validation de l'approche développée s'appuie sur des résultats complémentaires obtenus par des méthodes de référence : gammadensimétrie, capteurs thermohygrométriques noyés ou par d'autres outils d'inversion. Des avancées notables sont constatées avec l'estimation des profils par la nouvelle approche d'inversion conjointe. Ces profils sont plus cohérents avec l'évolution due au séchage et à l'imbibition du béton que ceux estimés par inversion séparée des observables. Les résultats sont donc prometteurs et notre approche devrait permettre, par le couplage d'autres méthodes non-destructives et l'estimation d'autres gradients de propriétés, de pouvoir découpler les gradients multiples dans le béton sur ouvrage réel.

Mots-clés :

Béton, durabilité, évaluation non destructive, résistivité électrique, permittivité diélectrique, inversion conjointe.