
Etude du retrait plastique des bétons de terre : effet des fibres de lin

Nathalie Kouta, Jacqueline Saliba, Nadia Saiyouri

Université de Bordeaux, UMR 5295, Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), Département Génie Civil et Environnemental (GCE), 33000 Bordeaux, France, e-mail : nathalie.kouta@u-bordeaux.fr

RÉSUMÉ. Le béton de terre est composé essentiellement de particules fines comme l'argile qui le rend très sensible au retrait plastique. De plus, la faible résistance de ce béton au jeune âge augmente le risque de fissuration. Dans ce travail, l'effet des fibres de lin sur la fissuration des bétons de terre au jeune âge a été étudié selon la norme ASTM C1579-13. Le pourcentage et la longueur des fibres ont été variées de 0,6 à 1,2 et de 12, 24 à 50 mm respectivement. Le béton testé, est constitué d'un sol artificiel composé de sable du béton recyclé et d'argile avec 8% de ciment et 3% de chaux. Les champs de déplacement dans la zone de fissuration ont été mesurés à l'aide de la technique de traitement d'images. Le temps de fissuration et l'évolution de l'ouverture de la fissure ont été ainsi évalués. Les résultats montrent l'efficacité des fibres de lin dans la réduction de la largeur de fissuration dû au retrait plastique.

ABSTRACT. Earth concrete is composed essentially of fine particles like the clay who makes them more sensitive to plastic shrinkage. Thus, at this age, concrete has low resistance, which increases the possibility of cracking. In this work, the effect of flax fiber length (12 mm, 24 mm, 50 mm) on plastic shrinkage cracking of earth concrete has been studied according to the ASTM C1579-13 standard. Earth concrete mixture is constituted of an artificial soil (clay + sand of recycled concrete) treated by 8% of cement and 3% of lime. Conferring to the digital image correlation, the displacement field in the cracking area has been measured. The results show that the displacement field data and the crack widths at various locations have been evaluated which shows the effectiveness of flax fiber in reducing the plastic shrinkage cracking of earth concrete.

MOTS-CLÉS : Béton de terre, retrait plastique, fibres de lin, corrélation d'images.

KEY WORDS: earth concrete, plastic shrinkage, flax fibers, digital image correlation.

1. Introduction

La nécessité d'utilisation des matériaux écologiques et durables est devenue de plus en plus indispensable de nos jours, notamment, le béton de terre. La terre crue est un matériau de construction utilisée depuis des millions d'années sous différentes formes. Elle est composée essentiellement de particules fines comme l'argile. La diversité présente dans ces matériaux, les rend très complexes et difficiles à être interprétés. Mais, leur faible coût et leur grande disponibilité en plus de leurs propriétés écologiques ont été les raisons de leur utilisation dans le domaine de la construction.

Ces dernières années, les recherches ont été concentrées sur la découverte d'une méthode plus commune et facile à appliquer dans le domaine de la construction, ce qui a conduit à la désignation d'un béton de terre. Ces bétons sont spécifiquement à base d'argile traitée par un liant hydraulique. Cette procédure rend le sol plus constructible, ce qui fait de ce béton une alternative du béton classique pour le cas des structures nécessitant des caractéristiques thermiques et acoustiques plutôt que de grandes performances mécaniques. Ces recherches scientifiques et techniques sont principalement appuyées sur le comportement mécanique, les propriétés physiques et thermiques à long terme. Par contre, très peu de recherches étudient le comportement de ce béton au jeune âge. En effet, la présence d'une quantité importante de particules fines dans les bétons de terre augmente la pression capillaire dans les pores du système et donc le retrait plastique. Ceci induit des contraintes de traction qui peuvent dépasser la résistance du béton à cet âge et par conséquent induire des fissurations si le retrait est empêché. La fissuration affecte la résistance et la durabilité du béton et facilite la diffusion des espèces nuisibles [SAY 2016].

Pour cette raison, l'objectif de ce travail est d'avoir une meilleure compréhension du comportement de ce béton à l'état frais [KAN 2016] et plus particulièrement d'évaluer sa résistance à la fissuration suite au retrait plastique sans et après l'ajout des fibres de lin.

Dans un premier temps, les matériaux testés et la procédure expérimentale sont présentés. Puis, les résultats globaux sur la caractérisation des propriétés physiques des matériaux sont analysés. Enfin, le suivi des essais de retrait plastique à l'aide de la technique de traitement d'images est exploité

2. Matériaux et procédure expérimentale

Le mélange artificiel est composé de 30% de bentonite (75% smectites, 15% illite et 10% de kaolinite) et de 70% de sable afin d'avoir une bonne compacité. Les caractéristiques de la bentonite fourni de Lafare sont présentées dans le tableau 1(a). Dans ce travail, le sable classique a été remplacé par du sable de béton concassé recyclé de classe granulaire 0/4 [KWA 2012]. Ce mélange est traité par deux types de liants hydrauliques la chaux et le ciment. La chaux utilisée est la chaux hydraulique (NHL5) normalisée EN 459-1 avec un diamètre de particules < 80 μm ce qui est conforme à la norme européenne EN 459-1. Elle est utilisée avec un pourcentage de 3% du mélange argile et sable. Le ciment utilisé est le ciment CEM 1, 52.5 N PM-CP2 adopté au standard NF EN197-1 avec un pourcentage de 8% de la formulation (tableau 1 (b)). La longueur des fibres utilisées varie de 12, 24 et 50 mm Un rapport E_{efficace}/C égale à 0,45 a été considéré pour toutes les formulations.

Teneur en eau naturelle	6,7%
Limite de liquidité	84,6%
Limite de plasticité	29,2%
Indice de plasticité	55,4%
Indice de consistance	1,4

Constituants	% Massique
Bentonite	18,7
Sable recyclé	43,5
Chaux	1,8
Ciment	8
Eau ajouté	27,9
Adjuvant (Tempo 10)	0,1

Tableau 1 : a) Caractéristiques de la bentonite b) Proportion des constituants du béton de terre.

Figure 2 présente les courbes granulométriques du sable recyclé et de la bentonite. Cette analyse a été réalisée par tamisage selon la norme (NFP P 94-041) pour les particules ayant un diamètre supérieur à 0,08 mm et par sédimentation selon la norme (NF P94-057) pour les particules fines (< 0,08 mm).

La bentonite et le sable sont mélangés au début afin d'assurer une certaine homogénéité. Ensuite, la chaux et le ciment sont ajoutés à sec avant l'ajout de l'eau et du superplastifiant Tempo 10. La quantité d'eau ajoutée a été fixée en tenant compte de la quantité d'eau absorbée par la bentonite, les fibres et le sable recyclé en visant un taux d'affaissement égale à 8 cm.

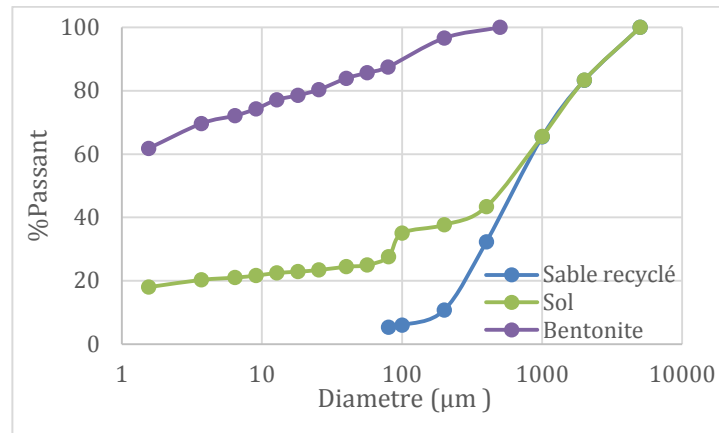


Figure 2 : Courbe granulométrique du mélange granulaire

Le programme expérimental est basé sur l'essai de fissuration par retrait plastique selon la norme ASTM C1579-13 (figure 1). Cet essai commence directement suite au coulage du béton jusqu'au moment de son durcissement. Afin d'évaluer le temps et la largeur de fissuration, le champ de déplacement a été suivi par traitement d'images à l'aide du logiciel VIC 2D. Les images de la zone de fissuration à la surface du béton sont prises à un intervalle de temps prédéfinis de 5 minutes entre deux images successives et ceci avec une caméra de 8 mégapixels.

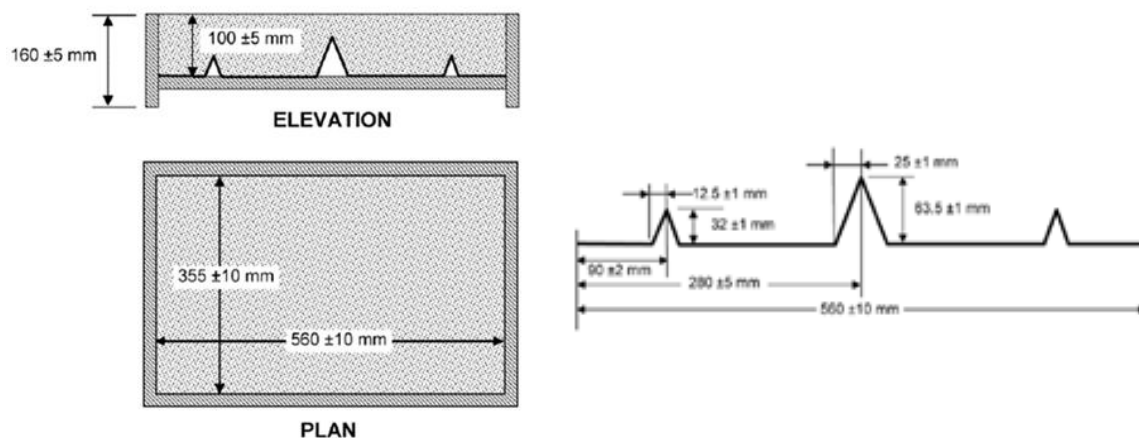


Figure 1 : Moule de l'essai de fissuration [ASTM 2006]

3. Résultats

La figure 3 présente l'évolution de l'ouverture de la fissure en fonction de la largeur du moule pour la formulation du béton de terre sans fibres. Les résultats montrent que la fissure apparaît après 4h du coulage du béton. L'ouverture de la fissure continue à augmenter de façon distincte au cours du temps jusqu'à atteindre une ouverture de 600 μm après 6h. En effet, les ménisques qui apparaissent à la surface provoquent une contrainte de traction, la pression capillaire étant proportionnelle à la tension de surface. Le retrait sera empêché d'une part par le module élastique du réseau solide et par le frottement entre les pores du fluide et le réseau. Un gradient de pression s'établit ainsi entre la surface et le corps intérieur de l'échantillon. Si le gradient de cette pression à la surface est grand, la contrainte qui agit à la surface devient une contrainte de traction.

En parallèle, la figure 4 montre l'évolution de la surface de fissuration en fonction du temps mesurée à partir du logiciel ImageJ. La fissuration commence au centre de la moule et se propage ensuite vers l'extérieur ce qui est présenté par l'augmentation de la surface fissurée.

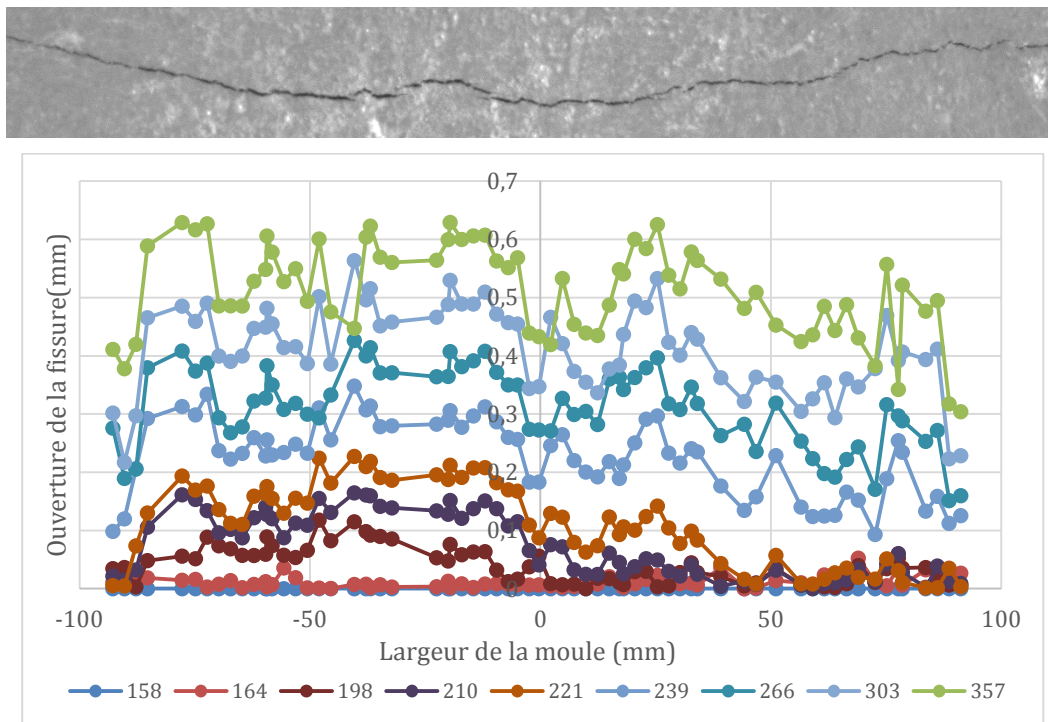


Figure 3 : Représentation graphique de l'ouverture de la fissure tout au long de la largeur du moule en fonction du temps après le coulage (min).

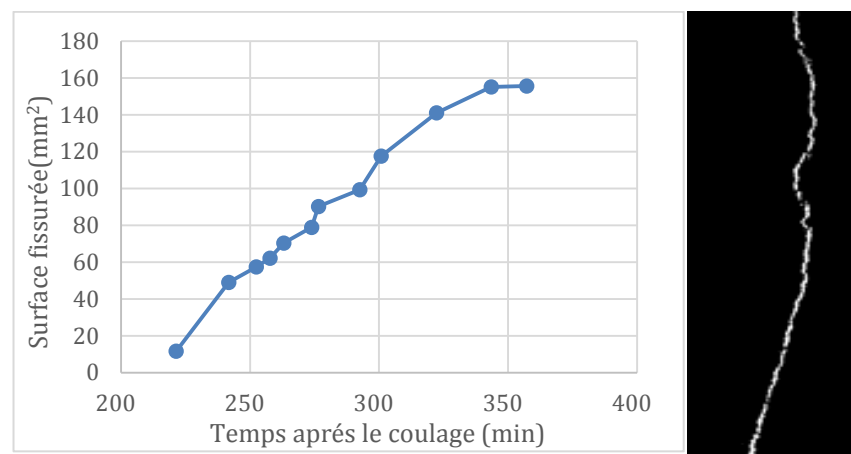


Figure 4 : Evolution de la surface fissurée en fonction du temps.

4. Conclusion

L'utilisation des matériaux écologiques comme le béton de terre pour le remplacement du ciment et la diminution des émissions de CO₂ est essentielle de nos jours. Par contre, ces bétons présentent une sensibilité à la fissuration à l'état frais dû au retrait plastique. Dans ce travail, la sensibilité à la fissuration d'un béton de terre composé de bentonite et de sable recyclé a été étudiée en retrait empêché. Les résultats montrent une apparition d'une fissure tout au long de la grande entaille après 4h. Une réduction significative de la sensibilité à la fissuration est observée avec l'utilisation des fibres de lin. Des essais croisés de retrait au jeune âge, de mesure de la dépression capillaire et de la perte de masse sont en cours afin de mieux quantifier la capacité du béton de terre à se déformer et d'identifier les actions des fibres.

5. Références

[SAY 2016] SAYAHI F., EMBOTG M., HEDLUND H., LOFGREN L., « Plastic Shrinkage Cracking in Self-Compacting Concrete: A Parametric Study » International *RILEM conference on Materials, Systems and Structures in Civil Engineering, MSSCE*, 2016, pp. 609-619.

[KAN 2016] KANEMA J., EID J., TAIBI S., « Shrinkage of earth concrete amended with recycled aggregates and superplasticizer: Impact on mechanical properties and cracks », *Materials & Design*, Vol 109, 2016, p. 378-389.

[ASTM 2006] ASTM C 1579, « *Standard test method for evaluating plastic shrinkage cracking of restrained fiber reinforced concrete* », American Society for Testing and Materials, USA, 2006.