

EFFET DE LA TENEUR EN FIBRES DE PALMIER DATTIER ET DE LA CONTRAINTE DE COMPACTAGE SUR LES PROPRIÉTÉS DES BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE

EFFECT OF DATE PALM FIBERS CONTENT AND COMPACTION PRESSURE ON THE PROPERTIES OF COMPRESSED EARTH BLOCKS

B. TAALLAH*, A. GUETTALA*, A. KRIKER**

* Research Laboratory Civil Engineering, University of Biskra, 07000 Biskra, Algeria

** E.V.R.N.Z.A Laboratory University of Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria
b.taalah@univ-biskra.dz

RESUME

Afin de valoriser les matériaux locaux, de contribuer à la réduction des coûts de construction et de l'énergie consommée pour le chauffage ou la climatisation, des fibres de surface du palmier dattier mâle (FSPDM) ont été utilisées pour stabiliser les blocs de terre comprimée (BTC). L'objectif principal de ce travail est l'étude de l'effet de la teneur en fibres de palmier dattier et de la contrainte de compactage sur les propriétés mécaniques du BTC renforcée par ces fibres. L'étude s'est focalisée aussi sur sa sensibilité à l'eau, en étudiant son absorption totale. Dans ce cadre, on a utilisé trois teneurs en ciments (5, 6.5 et 8 %), quatre teneurs en fibres (0.05, 0.1, 0.15 et 0.2 %) du poids du mélange sec et trois contraintes de compactage (1.5, 5 et 10 MPa). Les résultats indiquent qu'il y a une amélioration de la résistance à la compression sèche des blocs avec 0,05% en fibres, 8 % en ciment et une contrainte de compactage de 10 MPa. Mais pour le reste des cas étudiés, l'ajout de fibres a un effet négatif sur les propriétés du BTC. Cette étude a montré aussi que l'augmentation de la contrainte de compactage conduit à l'amélioration de la résistance à la compression sèche.

MOTS CLÉS: bloc de terre comprimée; fibres de palmier dattier; résistance; absorption d'eau

ABSTRACT

In order to valorise local materials, to contribute to the reduction of construction costs and energy consumed for heating or conditioning, the male date palm surface fibers (MDPSF) have been used to stabilize the compressed earth blocks (CEB). The main objective of this work is the study of the effect of date palm fibers content and compaction pressure on the mechanical properties of CEB reinforced with this fibers. The study also focused on its sensitivity to water, by studying its total absorption. In this framework, three cement contents (5%, 6.5% and 8%), four fibres contents (0.05%, 0.10%, 0.15% and 0.20%) of the weight of the dry mixture are used, and compacted the soil with a static loading by applying three compacting stresses (1.50 MPa, 5 MPa and 10 MPa). The results indicate that, an improvement in dry compressive strength of the blocks with 0.05% fibres content and 8% cement content and compacted at 10MPa pressure, is recorded. But for the remaining cases studied, the addition of fibers has an adverse effect on the properties of CEB. This study also showed that the increase in compaction stress leads to the improvement of dry compressive strength.

KEYWORDS: Compressed earth block; Date palm fibres; strength; water absorption

1 INTRODUCTION

Malgré le développement technologique qu'a connu l'humanité ces derniers siècles et qui a permis à l'homme (moderne) de disposer d'une grande variété de matériaux de construction jamais connus auparavant, nous enregistrons aujourd'hui un retour croissant à la construction en terre crue dans plusieurs pays y compris les pays industrialisés profitant du développement des techniques de production très variées, soutenues par des recherches scientifiques approfondies illustrées particulièrement par celles qui concernent la technologie des blocs de terre comprimée (BTC) [1].

S'il est confirmé actuellement que la stabilisation des BTC par des liants améliore leurs résistances mécaniques et leur insensibilité à l'eau [2], la stabilisation des BTC par des fibres n'a pas eu le consensus de tous les chercheurs. On note que l'addition des fibres naturelles était d'usage dans la fabrication des adobes et d'autres produits de terre depuis des milliers d'années afin de réduire la fissuration due au retrait et améliorer la résistance à la traction [3,4].

Les dernières études, apparues sur les BTC, ont montré que l'incorporation des fibres naturelles réduit la taille des fissures de retrait, améliore sa durabilité et sa résistance à la traction [5], et que l'ajout des fibres naturelles diminue même la conductivité thermique des matériaux composites [6]. Dans son étude, Namango a montré, que dans certaines limites, il y a une augmentation considérable de la résistance à la compression et à la flexion à l'état sec avec l'augmentation de fibres de sisal, de poudre de manioc et de teneurs en ciment, et qu'en dehors de ces valeurs limites, la présence des fibres de sisal a un effet défavorable sur la résistance du bloc de terre comprimée [7]. Mais Rigassi et sans donner de justifications, déclare que les fibres végétales sont incompatibles avec le mode de compactage des BTC, parce qu'elles rendent le mélange trop élastique [8].

L'abondance et la variété des palmiers de dattes au sud algérien, a permis aux habitants du sud d'intégrer les divers composants du palmier dattier dans plusieurs domaines d'activités y compris la construction. Une étude, faite sur quatre types de fibres de surface de palmiers dattiers (appelées localement : lif) (FSPD) à savoir : le palmier dattier mâle, Deglette-Nour, Degla-Bida et Elghers (désignations locales), a révélé que les fibres de surface du palmier dattier mâle (FSPDM) ont une résistance à la traction meilleure que celle des autres types de fibres étudiées [9].

Pour une exploitation rationnelle de ces fibres dans les constructions de la région et plus précisément dans la

production de blocs de terre comprimée (BTC), et en vue d'améliorer les performances de ces derniers, on a mené cette étude dans le but d'examiner les propriétés mécaniques du bloc de terre comprimée (BTC) avec fibres de palmiers dattiers mâles. Cette étude s'est focalisée aussi sur la sensibilité à l'eau du BTC fibré, en étudiant son absorption totale après immersion dans l'eau.

2 PROGRAMME EXPERIMENTAL

2.1 Matériaux

2.1.1 Sol

Le sol utilisé provient de la région de Biskra (Algérie). L'analyse chimique élémentaire effectuée par fluorescence X sur ce sol, a révélé la composition chimique qui figure sur le tableau 1. L'analyse par diffraction de rayons X a permis de déterminer la composition minéralogique présentée sur le tableau 2. On s'est rendu compte finalement que notre sol contient un taux important de gypse, de quartz et de calcite, alors que la teneur en Kaolinite est peut importante.

La composition granulaire du sol est déterminée à travers deux essais : l'analyse granulométrique et la sédimentométrie selon les normes NF P 18-560 et NF P 94-057 successivement. Les résultats des essais sont présentés sur la figure 1.

On constate à partir de la courbe granulométrique du sol, qu'elle se situe bien dans le fuseau limite recommandé par la norme des blocs de terre comprimée XP P 13-901. Le tableau 3 montre aussi quelques caractéristiques physiques du sol étudié.

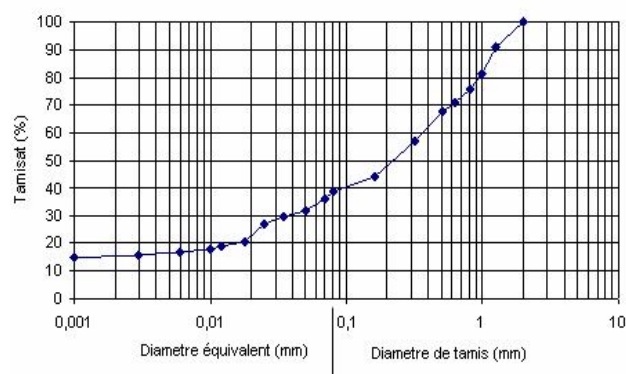


Figure 1: La courbe granulométrique du sol

Tableau 1: La composition chimique du sol (%).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Perte au feu	TiO ₂
33.33	2.99	1.39	26.45	0.88	14.21	0.5	0.13	0.06	19.85	0.21

Tableau 2: La composition minéralogique du sol (%).

Minéraux	Quartz	Gypse	Calcite	Muscovite	feldspath k	Kaolinite	Minéraux ferrugineux +fond RX
Teneurs (%)	29.5	30.5	29.5	-	3	6.5	1

Tableau 3: Les caractéristiques physiques du sol

Masse volumique apparente (kg/m ³)	Masse volumique absolue (kg/m ³)	Limites d'Atterberg	
		Limite de liquidité LL (%)	L'indice de plasticité IP (%)
1210	2579	36	13

2.1.1 Ciment

Vu l'importance de la teneur en sulfates que contient le sol à étudier, et pour avoir une bonne durabilité du bloc, on a utilisé le ciment CPA-CEM I 42.5 ES (ciment résistant aux sulfates CRS), qui est composé de 95 % de clinker et 5 % de gypse. Les caractéristiques de ce ciment sont données au Tableaux 4 et 5.

2.1.2 Eau

L'eau utilisée dans le mélange est une eau qui contient peu de sulfate et ayant une température de 20 ± 1 ° C. Sa qualité est conforme aux exigences de la norme NFP 18-404.

2.1.3 Sable concassé

Le sable utilisé dans tous les mélanges des blocs est un sable concassé (0/3) provenant des carrières de la région de Biskra. Les caractéristiques physiques du sable déterminées selon les normes AFNOR, sont présentées sur le tableau 6.

Tableau 4: La composition chimique du clinker (%).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl ⁻	K ₂ O	Na ₂ O	Chaux libre	Perte au feu	Résidu insoluble
22.17	4.53	5.04	64.55	1.02	1.34	0.00	0.42	0.21	1.09	0.94	0.80

Tableau 5: La composition minéralogique du clinker (%).

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
51.20	21.16	3.10	12.42

Tableau 6: Les caractéristiques physiques du sable concassé

Masse Volumique Apparente (Kg/M ³)	Masse Volumique Absolue (Kg/M ³)	Module de finesse
1445	2600	3.08

2.1.4 Fibres

Dans cette étude, on a utilisé des fibres de surface de palmier dattier mâle (lif) (FSPDM) (fig. 2) et (Fig.3). Les caractéristiques physiques et mécaniques sont prises à partir d'une étude précédente de Kriker et al [9].

**Figure 2: Le lif après arrachement du palmier dattier.**



Figure 3: Les fibres découpées en morceaux

2.2 Confection des blocs (BTC) et essais effectués

Le poids du mélange global sec pour chaque bloc est maintenu constant durant toutes les étapes de cette étude, il est pris égal à 2 Kg. Une série de blocs est confectionnée en utilisant un mélange composé de 70 % de sol et 30 % de sable concassé, stabilisé avec trois teneurs en ciment (5%, 6.5% et 8%) et quatre teneurs en fibres (0.05%, 0.1%, 0.15% et 0,2%) par rapport au mélange sec global. Les mélanges sont compactés selon le mode statique à simple effet en appliquant trois contraintes de compactage (1.5 MPa, 5 MPa et 10 MPa). Pour l'humidification du mélange pendant le malaxage, on a employé 10 % d'eau.

Le compactage statique est appliqué selon la méthode proposé par CDE [10]. Il est assuré par le biais d'une presse hydraulique.

Le moule utilisé est en acier trempé, il est composé de 5 éléments formant après montage un volume de $10 \times 10 \times 20$ cm³. Le schéma du moule dans la presse est présenté sur la fig. 4.

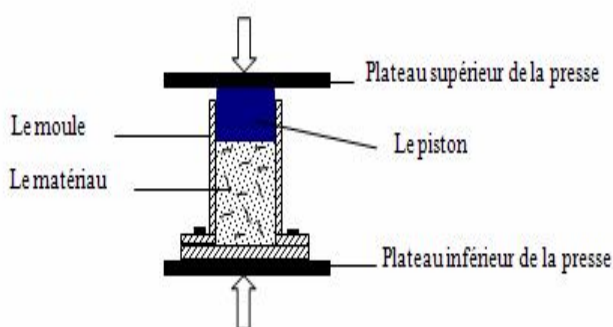


Figure 4: Le schéma du moule utilisé pour la fabrication des BTC

2.3 Essais

Les essais sont effectués selon la norme XP P 13-901 et la procédure de CDE [10]. Il s'agit des essais suivants: résistance à la compression sèche et humide, résistance à la traction sèche et l'absorption totale après immersion dans l'eau.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Effet de la teneur en fibres sur les propriétés du bloc de terre comprimée

3.1.1 La résistance à la compression sèche

L'effet de la variation de la teneur en fibres sur la résistance à la compression sèche du BTC est présenté sur la fig. 5.

On remarque que l'ajout des fibres a conduit à une légère augmentation de la résistance pour 8 % de teneur en ciment. La plus grande valeur a été obtenue avec l'emploi de 0.05 % en fibres, et l'augmentation de la résistance à la compression sèche est de l'ordre de 6 % comparativement au BTC sans fibres. Mais pour le reste des cas, il y a une diminution de la résistance avec l'augmentation de la teneur en fibres. Pour les cas de 6.5% et 5%, une légère diminution de la résistance est enregistrée pour certaines teneurs en fibres, alors pour d'autres il n'y a pas de changements.

Pour les faibles teneurs en ciment, la diminution de la résistance est due à l'augmentation du réseau poreux causé par le comportement trop élastique après déchargement engendré par la présence des fibres. Alors pour la forte teneur en fibres (8%), la quantité de $C_3S_2H_3$ qui est le résultat de l'hydratation du C_2S et C_3S , est importante, ce qui contribue à l'augmentation de la rigidité de la structure. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Namango [9].

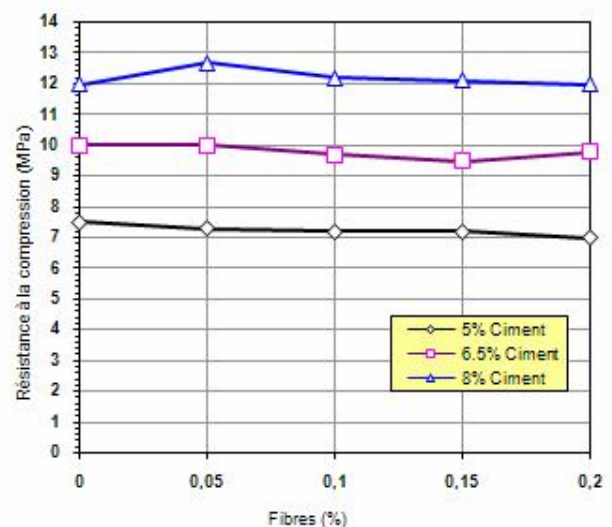


Figure 5: Résistance à la compression sèche du BTC en fonction de la teneur en fibres (pour une contrainte de compactage de 10 MPa)

3.1.2 La résistance à la traction sèche

En analysant les résultats de la fig. 6, on constate que la résistance à la traction est 700% de moins que la résistance à la compression sèche. C'est à cause, en grande partie, de la facilité avec laquelle les fissures peuvent se propager sous des charges de traction [11]. Les résultats montrent que la résistance à la traction diminue avec l'augmentation de la teneur en fibres, et la valeur la plus faible a été trouvée

pour 0,2% en fibres pour les différentes teneurs en ciment utilisées dans cette étude. Ce résultat confirme l'avis de Rigassi [8], affirmant, malgré que les fibres sont couramment utilisées pour renforcer l'adobe, celles-ci sont incompatibles avec le processus de compression du BTC, car elles rendent le mélange trop élastique.

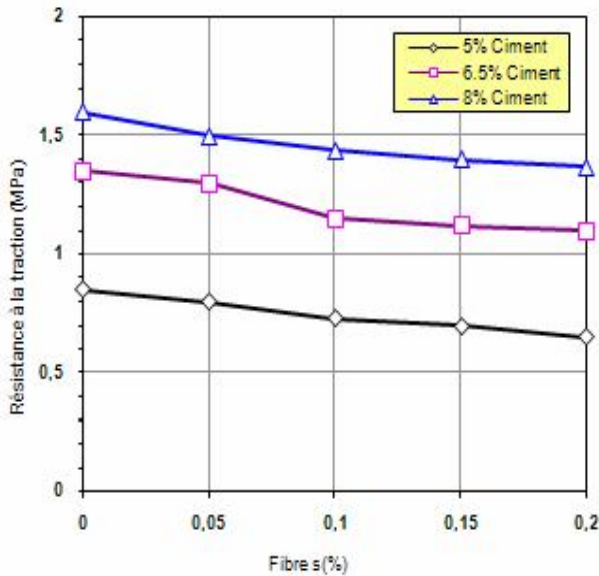


Figure 6: Résistance à la traction sèche du BTC en fonction de la teneur en fibres (pour une contrainte de compactage de 10 MPa)

3.1.3 La résistance à la compression humide

La variation de la résistance à la compression humide du BTC en fonction de la teneur en fibres est représentée sur la fig.7. Comme on peut le constater, il y a une diminution de la résistance avec l'augmentation de la teneur en fibres pour tous les blocs testés comparativement aux blocs sans fibres. La diminution de la résistance varie entre 3 % et 20% pour tous les blocs testés. Les valeurs de la résistance à la compression à l'état humide pour les blocs sans fibres sont : 5 MPa ; 6,9 MPa et 9,2 MPa pour un dosage en ciment respectivement de 5% ; 6,5 % et 8%. La différence entre la résistance à la compression sèche et la résistance à la compression humide est d'environ 50 % (5% tc), 45 % (6,5 % tc) et 30 % (pour 8 % tc). Ceci montre que plus la teneur en ciment est grande, moins est la différence entre la résistance humide et sèche dans un bloc. La fig.8 montre que le plus grand rapport de la résistance à la compression sèche sur la résistance à la compression humide (RCS / RCH) est égal à 1,87 et se trouve à 0,2 % en fibres et 5 % en ciment. Cette valeur n'a pas dépassée 2, valeur limite recommandée par plusieurs chercheurs [12].

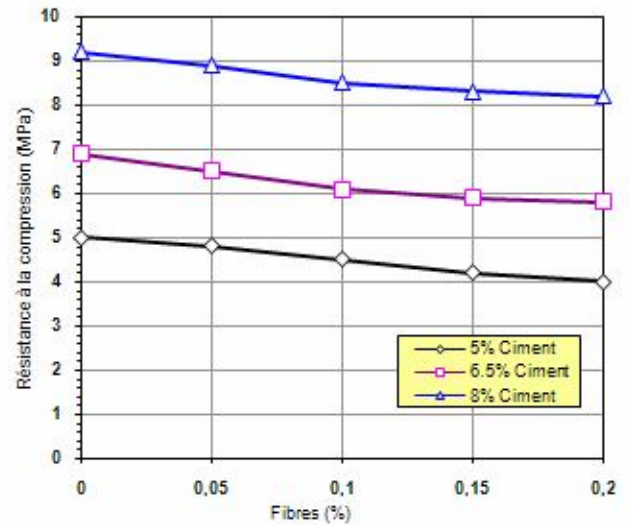


Figure 7: Résistance à la compression humide du BTC en fonction de la teneur en fibres (pour une contrainte de compactage de 10 MPa)

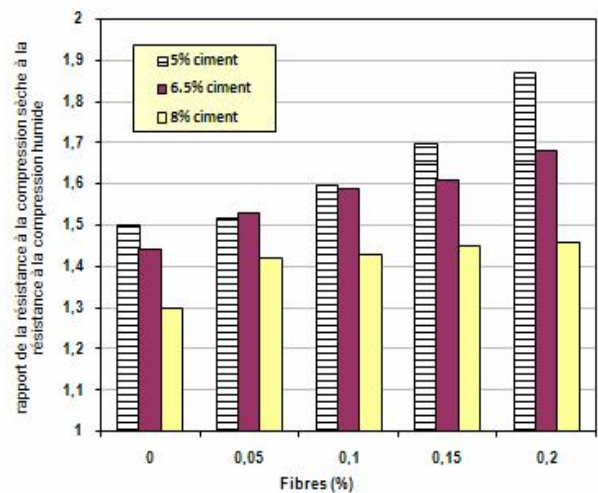


Figure 8: Rapport de la résistance à la compression sèche à la résistance à la compression humide (RCS / RCH) en fonction de la teneur en fibres (pour une contrainte de compactage de 10 MPa)

3.1.4 L'absorption totale

La fig. 9 montre qu'il y a une réduction générale de l'absorption d'eau avec l'augmentation de la teneur en ciment et la diminution de la teneur en fibres, pendant un jour d'immersion dans l'eau. Les valeurs obtenues de l'absorption d'eau totale sont favorables comparativement à celles de certains matériaux (briques de terre argileuse 0 à 30%; blocs de béton de 4 à 25%; briques de silicate de calcium de 6 à 16% [13].

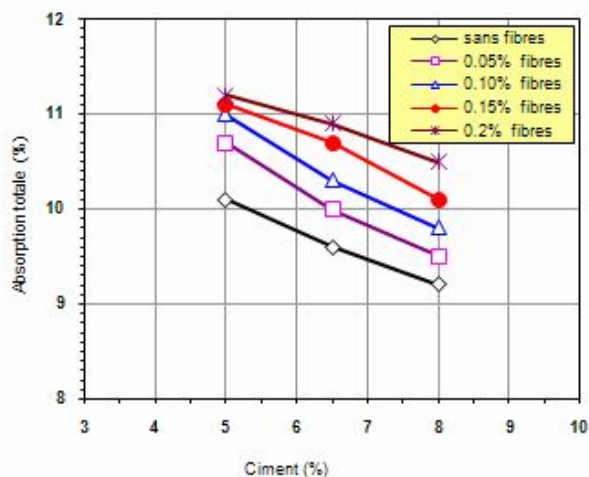


Figure 9: La variation de l'absorption totale en fonction de la teneur en ciment et la teneur en fibres après un jour d'immersion à l'eau

3.2 Effet de la contrainte de compactage sur la résistance à la compression sèche

La variation de la résistance à la compression sèche en fonction de la contrainte de compactage a été l'objet d'une étude expérimentale. Les BTC sont stabilisés avec 5% de ciment et compactés à 1,5 MPa ; 5 MPa et 10 MPa.

On constate à partir de la fig.10 que pour la même teneur en ciment, l'augmentation de la contrainte de compactage conduit à une augmentation de la résistance à la compression sèche des BTC. Pour les échantillons renforcés par des fibres, on remarque aussi une légère diminution de la résistance avec l'augmentation de la teneur en fibre pour les deux contraintes de compactage : 5 MPa et 10 MPa. Cela montre que la présence de fibres dans les mélanges compactés a un effet négatif sur la résistance, ce qui est en accord avec l'avis de Rigassi [8].

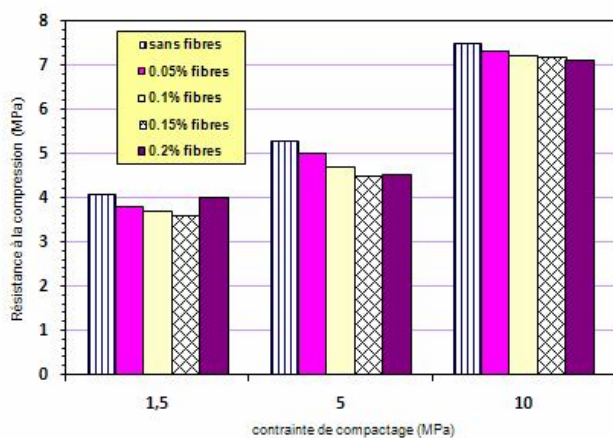


Figure 10: Effet de la contrainte de compactage sur la résistance à la compression sèche du BTC avec fibres à base de 5% de ciment.

4 CONCLUSION

Dans ce travail, on a étudié l'effet des fibres de palmier dattier mâle et la contrainte de compactage sur les propriétés mécaniques et l'insensibilité à l'eau du bloc de terre comprimée. Après l'analyse des résultats nous pouvons formuler les conclusions suivantes :

- Une amélioration de la résistance à la compression sèche a été observée, pour les blocs renforcés avec 0,05% de fibres et stabilisés avec 8% en ciment et compacté à une contrainte de 10 MPa.
- Dans la plupart des cas examinés, l'ajout des fibres a un effet négatif sur la résistance à la compression sèche ou humide et la résistance à la traction du bloc de terre comprimée.
- En augmentant la teneur en ciment et en diminuant la teneur en fibres, on a constaté une réduction générale de l'absorption totale des blocs immergés dans l'eau.
- L'augmentation de la contrainte de compactage conduit à une augmentation de la résistance à la compression sèche du BTC.

REFERENCES

- [1] Houben H et Guillaud H. Treaty construction earth. CRATERre, Edition Parenthèse, Marseille, France, 2006.355.
- [2] Houben H and Guillaud H. Earth construction-a comprehensive guide. Intermediate Technology, London, 1994.
- [3] Swamy, R.N., Vegetable Fibre Reinforced Cement Composite. A False Dream or A Potential Reality ?. Proceedings of the Second International RILEM Symposium, Vegetable Plants and their Fibres as Building Materials, Salvaor, Bahia, Brazil, Chapman and Hall, Ed. Sobral, H.S., pp. 139-149, Sept 17-21, 1990.
- [4] Mesbah A, Morel J.C, Walker P, Ghavami Kh. Development of a direct tensile test for compacted earth blocks reinforced with natural fibers. Journal of Materials in Civil Engineering 2004;16(1):95-98.
- [5] Ziegler S, Leshchinsky D, Ling H.L, Perry E.B. Effect of short polymeric fibres on crack development in clays. Soils Found 1998;38(1):247-253.
- [6] Khedari J, Charoenvai S and Hirunlabh J. New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. Buil Environ 2003;38(3):245-254.
- [7] Namango S.S. Development of Cost-Effective Earthen Building Material for Housing Wall Construction: Investigations into the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Sisal Vegetable Fibres. Cassava Powder and Cement Compositions. A Doctoral Dissertation, Brandenburg Technical University, Cottbus, Germany, 2006.

- [8] Rigassi V. Compressed earth blocks. CRATerre-EAG Volume I. Manuel de production. Germany, 1995.
- [9] Kriker A, Debicki G, Bali A, Khenfer M.M, Chabannet M. Mechanical properties of date palm fibres and reinforced date palm fibre concrete in hot-dry climate. *Cem Concr Compos* 2005; 27(5):554-564.
- [10] Centre for Development of Enterprise (CDE). Compressed earth blocks: Testing procedures. Coédition CDE, ENTPE et CRATerre, Bruxelles, Belgique, 2000. 121.
- [11] Robert M.E, Engelbert D.O, Thierry Y.N, Lezin S.M. Potential of salvaged steel fibers for reinforcement of unfired earth blocks. *Cons Buil Mater* 2012; 35:340-336.
- [12] Houben H, Rigassi V, Garnier P. Compressed Earth Blocks: Production Equipment. 2nd Edn. CRATerre-EAG. Series Technologies Nr. 5. Brussels, Belgium, 1996.
- [13] Jackson, N., Dhir, R.K. (Ed). *Civil Engineering Materials*. 5th Edn. McMillan Press Ltd. London, England, 1996.