



Modélisation d'un mur de soutènement stabilisé avec des fibres et renforcé avec des géogrilles.

Houam Houdaa*, Missaoui Sabrinab, Djouimaa SarahC.

al.MGHIJ Université 20 Aout 1955 SKIKDA

"Université Chadli Bendjedid -El Tarf,

laboratoire ISH.Université badji mokhtar

annaba.

cUniversités Mohammed-Chérif Messaadia de souk ahras

In (ormacions	Résumé
Mots clés : Renforcement Stabilisation Géogrille Fibre *Correspondance : djeffalhouda802@gmail.com Reçu le jj/mm/aa, Révisé jj/mm/aa, Accepté le jj/mm/aa.	Le présent travail a pour objectif la modélisation numérique d'un mur de soutènement de la ligne de chemin de fer, réalisée en sol stabilisé aux fibres et renforcé avec des géogrilles en Corée du sud, par le logiciel de calcul Plaxis. Les résultats obtenus lors de la modélisation sont très rapprochés de celles obtenues par les essais sur modèle réduit au laboratoire. L'inclusion des fibres pour stabiliser la partie avant de l'ouvrage réduit les déplacements horizontaux. Ces derniers sont encore de magnitude lorsque le remblai de sol compacté est renforcé par des inclusions linéaires. La stabilisation du sol aux fibres synthétiques améliore la stabilité de l'ouvrage en réduisant le coefficient de sécurité global de l'ouvrage. Le renforcement du remblai de sol aux géogrilles augmente beaucoup plus ce coefficient de sécurité. La stabilisation de sol aux fibres combinées avec un renforcement de sol aux géogrilles a donné le meilleur coefficient de sécurité et par conséquent la meilleure stabilité de l'ouvrage.

1.Introduction

Le sol a toujours été un matériau utilisé dans la construction, à cause de sa disponibilité et son coût qui représentent ses principaux avantages. Cependant ses propriétés mécaniques ne sont pas toujours satisfaisantes et cela peut mener à de nombreux problèmes pendant la construction des grandes structures. Le sol résiste bien à la compression mais très mal à la traction. Le premier objectif est donc de modifier ses propriétés mécaniques et améliorer sa résistance à la traction tout en gardant ses avantages.

Les propriétés mécaniques du sol peuvent être améliorées chimiquement ou physiquement en liant les particules ensemble de telle sorte que sa résistance augmente. Il s'agit d'ajouter la chaux, le ciment, le bitume ou autres liants. Ces méthodes sont appelées "techniques de stabilisation des sols." Toutefois, dans le cas des grandes constructions tel que les constructions linéaires et les ouvrages de soutènement, ces méthodes ne semblent pas être des solutions économiques (Holtz, 2001 et Vidal, 1969). La terre renforcée est une autre technique dans laquelle la résistance du sol est rehaussée par

l'addition des inclusions linéaires disposée horizontalement.

Le mécanisme de transmettre les efforts du sol aux éléments de renforcement dépend des propriétés géométriques des inclusions, (Holtz, 2001 et al d'et McGown., 1984), il est obtenu par le frottement, l'adhésion à l'interaction sol-inclusion.

La qualité de base de ce système est la facilité de construction et la réduction du coût, puisque les inclusions sont placées seulement dans la direction de la contrainte de traction (McGown et Andrawes, 1978).

La dernière décennie a vu un développement considérable dans le domaine de l'informatique ou des logiciels de calcul performant ont été mis à la disposition des géotechniciens. Parmi ces derniers le package Plaxis, un logiciel mis à jour par l'Université Technique de Delft au pays bas. Il permet la modélisation de n'importe quelle structure en remblai de sol et les ouvrages de fondation et de soutènement en étudiant plusieurs paramètres sans avoir recours à de nombreux essais au laboratoire et par conséquent réduire le prix de revient des projet à réaliser.

2. Matériels et méthodes

Cet article porte sur la modélisation numérique d'un mur de soutènement constitué d'un sol stabilisé mécaniquement avec des fibres en géotextile et renforcé avec des géogrilles. Le mur devait être réalisé en Corée du sud dans le cadre des ouvrages des chemins de fer.

Le schéma détaillé du mur est donné sur la figure 1 ensemble avec la coupe géologique du sol de fondation.

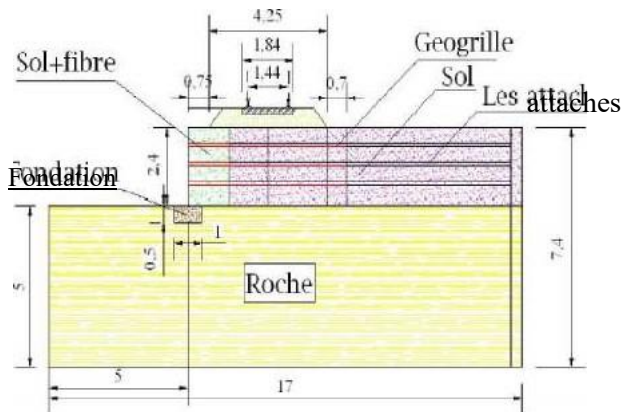


Fig.1: Coupe transversale de l'ouvrage de chemin de fer

Les caractéristiques géotechniques des différentes couches introduites dans le code Plaxis sont données sur le tableau 1. Elles ont été obtenues lors d'une campagne d'essais réalisés au laboratoire de géotechnique de l'université de recherche KRRI (Korea Railway Research Institute) T. Park, S.A. Tan 2005.

Tab.1 Caractéristiques géotechniques des sols

Couche de sol	YSAT		c		(0)	CkN/m2)
	(	/nt3)	/nt ²)			
Roche altérée	20	21	30	30	300000	0,35
fondation	21	22	35	50	500000	0.25
sol	16	19	27	21	38000	0.4
Sol*fibre	16	19	30	21	46000	
plate forme	16	19	1	30	100000	0.35

En plus des caractéristiques géotechniques des différents type de sol utilisées, les éléments de construction et de renforcement avaient les propriétés données sur le tableau 2 suivant :

Tab.2 Propriétés des éléments de construction

Eléments	EA(KN/m1)	El(kNm ² *m)
Traverse	1.32*10 ²	5.32*10 ⁷

Attaches	150000
Géogrilles	250

3. Résultats et discussion

Les deux modèles numériques à savoir (sol + fibre) et (sol+fibre+géogrille) ont été validés par les essais expérimentaux effectués au laboratoire de la Korea Railway Research Institute (KRRI)

Les déplacements horizontaux, les contraintes des Sciences

horizontales et verticales obtenus par le modèle numérique ont été comparés à ceux obtenus lors des essais au laboratoire sur modèle réduit aux niveaux de l'emplacement des différentes jauges de mesure.

Les déplacements horizontaux ont été mesurés sur le modèle réduit étudié au laboratoire par l'utilisation des jauges LHI, LH2, LH3, LH4, LHS. Alors que les mesures des contraintes horizontales ont été faites par les jauges PHI, PH2, PH3, PH4, PH5, PH6, PH7, PH8. Les contraintes verticales ont été mesurées par les jauges PVI, PV2, PV3, PV4. Ces différentes jauges et leurs emplacements sont montrées sur les figures relatives à chaque modèle et qui sont Fig. 2 et Fig.3.

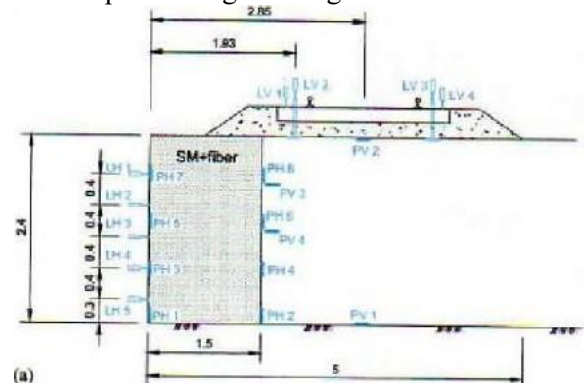


Fig.2 Emplacement des jauges dans le modèle réduit (sol stabilisé aux fibres)

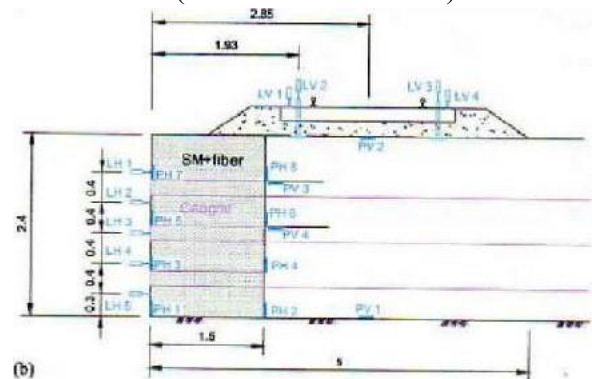


Fig.3 Emplacement des jauges dans le modèle réduit (Sol stabilisé aux fibres et renforcé aux géogrilles)

Modèle -sol+ fibre

La validation du modèle de calcul par le code Plaxis pour l'ouvrage stabilisé mécaniquement avec des fibres en géosynthétiques a été faite par le calage des courbes obtenues avec les obtenues au laboratoire KRRI. La figure 4 montre les déplacements horizontaux en millimètre en fonction du rapport (h/H) où H est la hauteur du mur de soutènement et h est la hauteur de l'emplacement de la jauge mesuré. Cette distance est mesurée à partir de la tête du mur.

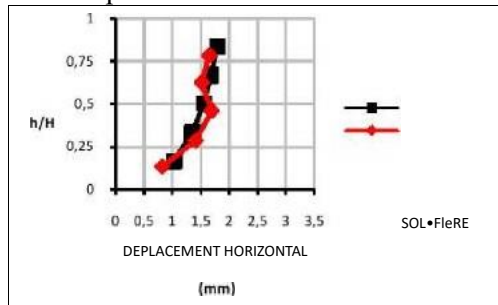


Fig.4 Déplacement horizontal après chargement

Les deux courbes obtenues au laboratoire et par calcul numérique montrent que le déplacement horizontal augmente avec l'augmentation de ratio (h/H) leur donnant ainsi une même tendance. A la même profondeur l'essai au laboratoire et le calcul numérique montre qu'une légère différence. Il est donc clair que le déplacement horizontal est relativement le même dans les deux cas

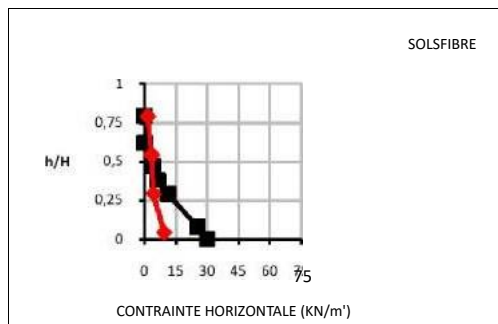


Fig.5 Contrainte horizontale avant chargement

La figure 4.11 montre la relation entre la contrainte horizontale avant chargement et le ratio (h/H). Les deux courbes représentant les résultats au laboratoire et par calcul numérique montrent une augmentation de la contrainte horizontale en profondeur ce qui tout à fait logique puisque cette contrainte augmente réellement d'après les théories classiques de la mécanique des sols. Cette observation est aussi faite pour les contraintes horizontales après chargement Fig.4.12. Ainsi les courbes de laboratoire et de calcul numérique pour les

contraintes horizontales avant et après chargement concordent dans leurs allures.

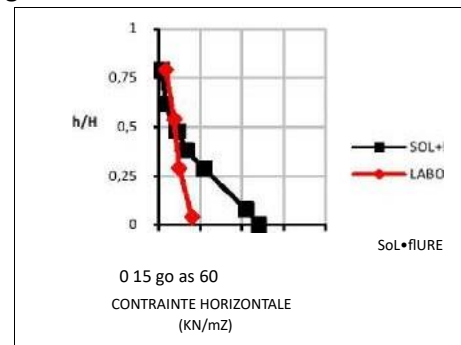


Fig.6 Contrainte horizontale après chargement

Les figures 7 et 8 montrent la variation des contraintes verticales en fonction de la

profondeur représentées par le ratio (h/H) pour le cas d'avant et après chargement. Les courbes obtenues au laboratoire et par calcul numérique montrent une augmentation progressive de la contrainte verticale avec l'augmentation de la profondeur. Bien que l'allure des deux courbes soit la même une légère différence est observée entre les résultats au labo et par calcul mais cela n'étant pas si important.

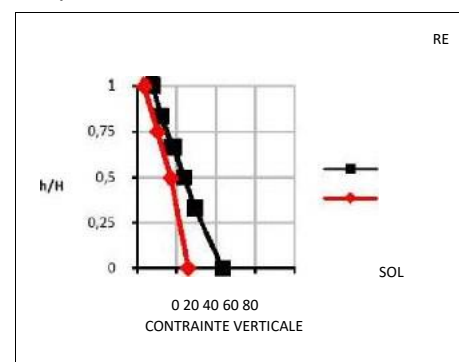


Fig.7 Contrainte verticale avant chargement

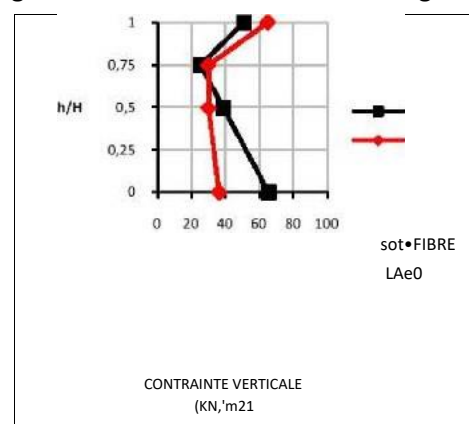


Fig.8 Contrainte verticale après chargement

Modèle -sol+fibre+géogrille-

Les mêmes remarques sont obtenues pour le sol stabilisé aux fibres et renforcé aux géogrilles. Les résultats concernant le déplacement horizontal de l'étude numérique et l'essai au laboratoire sont donnés sur la figure 9. Il y a une concordance parfaite dans l'évolution du déplacement en fonction du ratio h/H . En effet le déplacement augmente avec l'augmentation du ratio. Les deux courbes apparaissent très rapprochées.

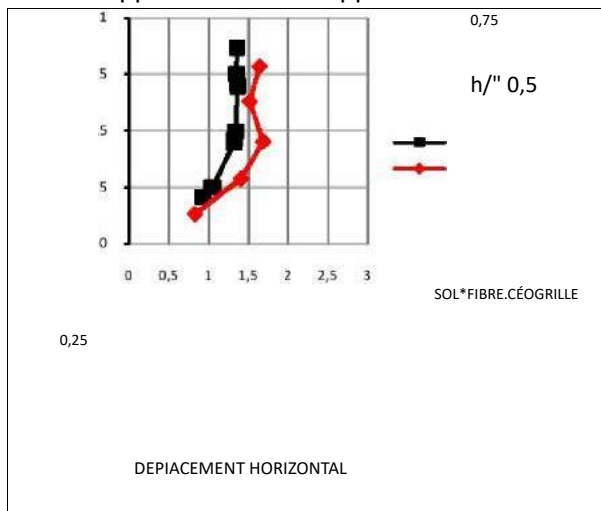


Fig.9 Déplacement horizontal après chargement

Les évolutions de la contrainte horizontale avant et après chargement sont présentées sur les figures 10 et 11. Les deux figures montrent que les études numériques et au laboratoire donnent la même tendance. La contrainte horizontale augmente lorsque le ratio h/H diminue. La courbe du laboratoire présente une légère cassure comparée à celle obtenue par l'étude numérique.

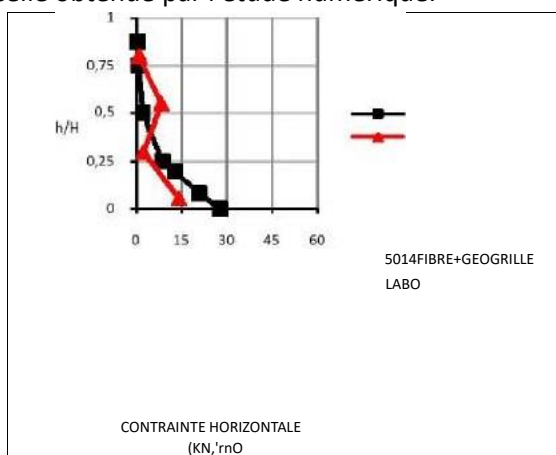


Fig.10 Contrainte horizontale avant chargement

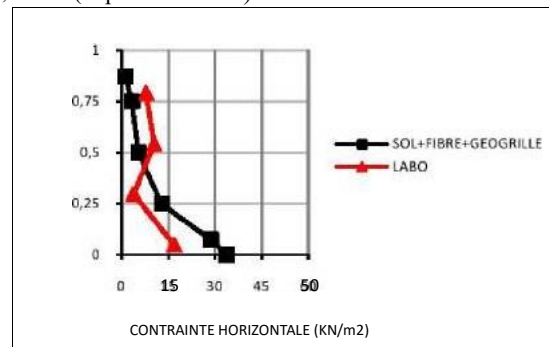


Fig.11 Contrainte horizontale après chargement

Les figures 12 et 13 présentent le calage de la variation de la contrainte verticale avant et après chargement en fonction du ratio h/H pour le modèle réduit stabilisé aux fibres et renforcé aux géogrilles. Celui-ci semble suivre les mêmes remarques faites au paravent pour les contraintes horizontales. L'évolution de la contrainte verticale pour les deux cas de figures montre une augmentation avec la diminution du ratio h/H . Pour le cas avant chargement, à un ratio de 1 la contrainte verticale est environ de 10 kN/m pour les deux études numérique et au laboratoire alors que pour un ratio nul la même contrainte atteint approximativement 40 kN/m².

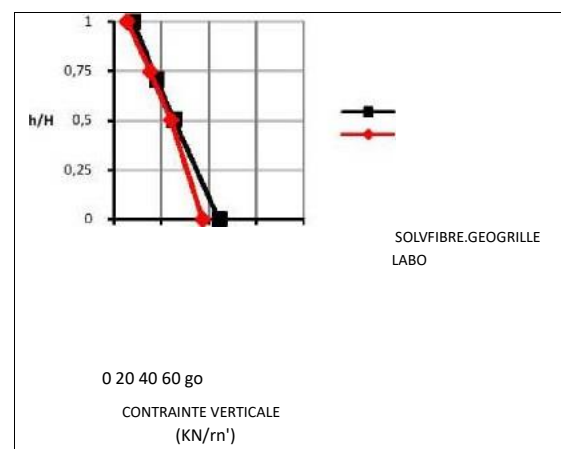


Fig. 12 Contrainte verticale avant chargement

des Sciences

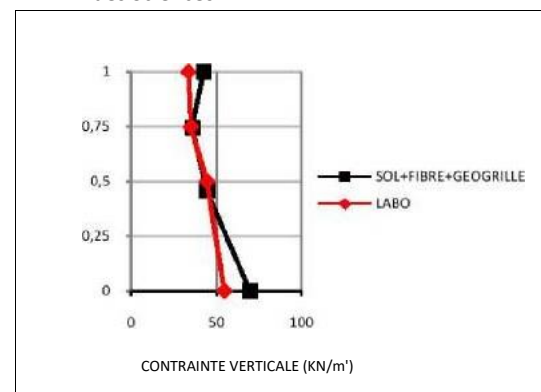


Fig.13 Contrainte verticale après chargement

4. Conclusion

Toutes les figures montrent que les courbes obtenues au laboratoire et dans l'étude numérique par le code Plaxis sont pratiquement très rapprochées et montre la même évolution aussi bien pour le modèle (sol + fibre) que pour le modèle (sol + fibre + géogrilles). La comparaison des évolutions des déplacements, des contraintes verticales et horizontales après et avant chargement montre une concordance dans les résultats. Ainsi le modèle numérique établi par le code Plaxis pour l'étude des modèles réduits deux cas de murs de soutènement réalisés au laboratoire semble représentatif et peut servir pour toute études géotechnique sans que pour cela avoir besoin de réaliser des essais encore plus coûteux au laboratoire.

Référence :

- III Vidal, H and Schlosser F., (1969) "La terre armée" Bulletin de liaison du Laboratoire Central des Ponts et chaussées, Paris.
- 121 Holtz. R. (2001) Geosynthetic For Soil Reinforcement, The Ninth Spencer J. Buchanan Lecture, College Station, University Drive
- 131 McGown, A, Pain., N., Dubois, D.D, Andrawes, K.Z.an.A,, (1984)."The use of geogrid properties in design" Proc. Symp. On Polymer Grid Reinforcement in civil Engineering, London.
- [4] McGown, A and Andrawes, KZ. and Al Hasani, (1978). "Effect of inclusion properties on the behaviour of sand" Geotechnique, vol.28, pp.327-346.
- 151 R.B.J. Brinkgreve, Delft University of Technology & PLAXIS bv, Pays-Bas, 'Plaxis, manuel de référence, version 8'