الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique
Université Hassiba Ben-Bouali -Chlef-
Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur
Département de Génie Civil

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي
جامعة حسيبة بن بوعلي – الشلف
كلية العلوم وعلوم المهندس
قسم الهندسة المدنية

Mémoire de Magister

En Génie Civil

Option : Construction

Etude du comportement physicochimique et mécanique d'un remblai routier marneux amélioré par la chaux éteinte
Cas de l'autoroute Est-Ouest tronçon Oued Fodda /Khemis Miliana

Présenté par :

Melle. Mellal Fatima

Date de Soutenance : 11/11/2009 à 11H.

Devant le jury composé de :

Président	A. KASSOUL	Maître de conférences	U.H.B.C
Directeur du Mémoire	B. LAMRI	Maître de conférences	U.H.B.C
Examinateurs	Z. DERRICHE	Professeur	ENTP
	B. RICHA	Docteur	CTC
	S. NADJAI	Maître de conférences	U.H.B.C

Année Universitaire : 2008/2009

Avec la réduction de ressources en matériaux de qualité, de plus en plus les constructions de structures de génie civil sont réalisées sur le sol de faible résistance, ce qui mène à penser au développement de techniques de stabilisation de ce type de sol. La stabilisation à la chaux a été largement appliquée en pratique du génie civil comme des fondations .Avec l'ajout de la chaux aux sols, des réactions est établie avec les grains du sol qui mènent à l'amélioration des propriétés géotechniques du sol traité.

Une étude bibliographique à été faite sur les sols évolutifs ainsi que sur les différentes techniques de stabilisation des ces sols avec la présentation de quelques résultats des chercheurs.

Une méthodologie expérimentale a été développée permettant d'étudier le comportement physique et mécanique des mélanges traités par l'évaluation de l'influence d'une variété du pourcentages en chaux (C= 1, 2, 3 et 4%) sur les limites d'Atterberg, la valeur au bleu, la compactibilité, la portance, la compressibilité, le potentiel et la pression de gonflement, la résistance à la compression à 28 et à 90 jours, et la résistance au cisaillement à 7, 14 et 28 jours de cure du sol. Une augmentation continue en chaux de 1 à 4% implique une amélioration des paramètres physicomécaniques, ce qui signifie le bon comportement des mélanges traités.

La stabilisation de la matrice marne-chaux est due à des réactions chimiques entre les minéraux argileux dans le sol et la chaux hydratée (floculation et agglomération, réaction pozzolanique).

L'application du traitement à 2% de chaux de la marne a été exécutée au niveau du chantier, une série d'essais a été établie pour contrôler l'exécution et le compactage des couches du remblai. Les résultats obtenus sur chantier ont été confrontés avec les résultats trouvés au laboratoire.

Le traitement des sols à la chaux en place évite le transport et valorise les matériaux locaux, ce qui permet de stabiliser des sols à des coûts très intéressants avant la mise en place des couches superficielles des routes.

Mots clés :

Marne argileuse, traitement, chaux éteinte, compressibilité, gonflement, résistance.

ABSTRACT

With the reduction of resource quality materials, more and more construction of civil engineering structures are made on the ground with low resistance, which leads to believe the development of techniques to stabilize the soil type. The lime stabilization has been widely applied in civil engineering practice as foundations. With the addition of lime to the soil reaction is established with the grain of the soil leading to improved engineering properties of treated soil.

A literature review was made regarding changing the soil and on different techniques for stabilization of these soils with the presentation of some research results. An experimental methodology was developed to study the physical and mechanical behavior of mixtures treated by evaluating the influence of a variety of percentages of lime (C = 1, 2, 3 and 4%) on the limits of 'Atterberg, the value in blue, the compactibility, the bearing capacity, compressibility, and the potential inflation pressure, the compressive strength at 28 and 90 days, and the shear strength at 7, 14 and 28 days of soil treatment. A continuous increase in lime 1 to 4% implies an improvement of parameters physicomécaniques, which means the good behavior of mixtures treated.

The stabilization of marl-limestone matrix due to chemical reactions between clay minerals in soil and hydrated lime (flocculation and agglomeration, pozzolanic reaction). The application of treatment to 2% lime marl was performed at the site; a series of tests has been established to monitor implementation and compaction of the fill layers. The results obtained on site were confronted with the results found in the laboratory. The soil treatment with lime in place prevents the transport and promotes local materials, which helps stabilize soil at a very interesting before the introduction of layers of roads.

Keywords:

Marl clay treatment, hydrated lime, compressibility, swelling resistance.

Table des matières

Introduction générale. 1

1ére PARTIE : Revue bibliographique sur les sols évolutifs

Chapitre 1 : Caractéristiques et conséquences des sols évolutifs

1.1. Introduction ……. 4

1.2 Définition des sols évolutifs ..... …….. 4

1.2 .1 Les argiles……. 5

1.2 .2 Les limons …… 5

1.2.3 Les marnes……. 5

1.3 Définition des minéraux argileux ..... …… 6

1.3.1. Les argiles du groupe de la kaolinite :.....……. 7

1.3.2. Les argiles du groupe des micas (Les illites) :…….…... 8

1.3.3.1. Différents stades du gonflement des smectites (La Montmorillonite) …… 9

1 .4. Désordres dus à l'utilisation des sols évolutifs dans les constructions de génie civil 10

1 .4 .2 Phénomène de gonflement 11

1 .4 .3 Tassements 11

1 .4 .4 Glissements..... 11

1 .4 .5 Conséquences 11

1 .4 .5.1 Cas des structures..... 11

1 .4 .5.2 Cas des chaussées 12

1.5 Conclusion 15

Chapitre 2 : Techniques de stabilisation des sols évolutifs

2.1. Introduction…… ....… 16

2.2. Stabilisation mécanique…… ....……. 17

2.2.1 Méthode de substitution…… 17

2.2.2 Méthode de compactage…… 17

2.2.3 Méthode de pré humidification…… 17

2.3. Stabilisation aux sables…… ....… 17

2.4 Stabilisation avec des additifs …… .....……..... 18

2.4.1 Les sels …… ....…. 18
2.4. 2 Les liants ……. 20
2.4. 2.1 Liants organiques …… .....…. 21
2.4. 2.2 Liants hydrauliques …… .....……. 22
2.4. 2.2 .1 Stabilisation au ciment …… 22
2.4. 2.2 .2 Stabilisation aux cendres volantes …… .....…. 24
2.4. 2.2 .3 Stabilisation à la chaux…… .....……. 24
2 .5 Conclusion …… ....……. 36

2eme Partie : comportements physico-chimiques et mécaniques des mélanges

Chapitre 3 : caractérisation et classification des matériaux utilisés

3.1 Introduction …… 38
3.2. Sol étudié …….. 38
3.2.1 Prélèvement des échantillons …… ....…… 39
3.2.2 Propriétés chimiques …… ....…….. 39
3.2.3 Propriétés physiques……. 40
3.2.3.1 Analyse granulo-sédimentométrique …… .....…… 40
3.2.3.2 Limites d'Atterberg…… .....…... 41
3.2.3. 3 Essai au bleu de méthylène (Vb) …… .....……. 42
3.2.3.4 Essai de dégradabilité et de fragmentabilité … .....…… 42
3.2.4 Propriétés mécaniques …… .....…. 44
3.2.4.1 Essai Proctor normal et modifié …… .....…….. 44
3.2.4.2 Portance …… .....….. 44
3.2.5 Interprétation des résultats et classification du sol.... 45
3.2.5.1 Classification selon les approches empiriques …… 45
3.2.5.2 Classification du sol selon le GTR …… 48
3.3. Chaux utilisée …….. 50
3.3.1 Introduction…….. 50
3.3.2 Identification de la chaux utilisée…… ....…….. 51
3.3.2.1 Définition …… 51
3.3.2.2 Spécification du produit…… ....……. 51
3.3.2.3 Caractéristiques physico-chimiques de la chaux éteinte 51
3 .4 Conclusion …… 53

Chapitre 4 : Comportement physique des mélanges (matériaux + chaux)

4 .1 Introduction…… 54

4.2 Préparation des mélanges …… ....…….. 55

4.3 Effet de la chaux sur les limites d'Atterberg 55

4.3.1. Résultats et interprétation…….. 56

4.4. Effet de la chaux sur la valeur au bleu de méthylène……. 57

4.4.1. Résultats et interprétation…… 58

4 .5.Etude de la compactibilité des mélanges …… 58

4 .5.1.Compactage des mélanges:..... 59

4 .5.2.Résultats et interprétation…… .....…….. 59

4 .6 Conclusion…… ....…….. 62

Chapitre 5 : Comportement mécanique des mélanges (matériaux + chaux)

5.1 Introduction…… ....… 63

5.2 Préparation des mélanges …….. 63

5.3 Résistance à la compression des mélanges…… 64

5. 3.1 Reconstitution des éprouvettes …… ....……..... 64

5.2.3 Résultats et interprétation…….. 66

5.3 Etude de la portance…… .....……..... 67

5.3.1 Mode opératoire…… 67

5.3.2 Résultats et interprétation…… .....…….. 67

5.3 Etude de la compressibilité …….. 68

5.3.1 Reconstitution des éprouvettes…… 68

5.3.2 Mode opératoire…… ....……..... 69

5.3.2.1 Système de chargement …… ....……..... 69

5.3.2.2 Détermination de l'indice de compressibilité (C_c) et l'indice de gonflement (Cg) 69

5.3. 3 Présentation des résultats et interprétations…… 70

5.4 Etude du potentiel de gonflement …….. 72

5.4.1 Mode opératoire…….……..... 73

5.4.2 Présentation et interprétation des résultats ……..…….……..... 73

5.5 Etude de la pression de gonflement……..... 75

5.5.1 Mode opératoire……..……..... 75
5.5.2 Interprétation et présentation des résultats……..……..... 75
5.6 Paramètre du cisaillement direct …….... 77
5.6.1 Reconstitution des éprouvettes …….... 77
5.6.2 Mode opératoire……... 78
5.6.2 Présentation des résultats et interprétation……..……..... 80
5.6.2.1 Relation contrainte - déformation……...……..... 80
5.6.2.2 Paramètres de la résistance au cisaillement……..... 83
5.7 Conclusion……... 85

Chapitre 6: Comportement chimique des mélanges (matériaux + chaux)

6.1 Introduction……. 86
6.2 Réaction à court terme …….…. 86
6.2.1 Echange cationique…….……. 86
6.2.2 Floculation et agglomération des particules d'argile…….……. 87
6.2.3 Carbonation de la chaux……..……... 87
6.2 Réaction à long terme……..….. 87
6.2.1 Réaction pozzolanique …….. 87
6.3 Risque de formation d'ettringite et dethaumasite …….…… 89
6.4 Conclusion ……..... 93

3eme Partie : Traitement sur chantier

Chapitre 7 : application du traitement à la chaux

7.1 Introduction……. 95
7.2 Raison d'application du traitement……...…….…… 96
7.2.1 Raison économique ……. 96
7.2.2 Raison écologique……..……. 96
7.2.3 Raison technique…….……. 97
7 .2.4 Conclusion…….……. 99
7 .3 Application du traitement……..…….…… 99
7.3.1 Présentation du site de traitement…….…….…….. 99
7.3.2 Exécution…….…….…….…… 100
7.3.2.2 Malaxage…….…….……. 101
7.3.2.3 Compactage…….…….…….. 102

7 .3.2.4 Contrôle…….…….. 103
7 .5 Conclusion..... …….……..……..... 106
Conclusion générale…….…….…… 108
Références bibliographiques…….…… 111
Annexes " Résultats des essais" 118