مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

دراسة مخبرية لتحسين الترب الانتفاخية بإضافة المثبتات الكيميائية

الدكتور رامي اسطة*
الدكتور صفوان عبدالله**
هلا أخضر***

(تاريخ الإيداع 27 / 1 / 2015. قُبِل للنشر في 23/ 6 / 2015)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى دراسة تحسين خواص التربة الغضارية الانتفاخية عن طريق إضافة نسب مختلفة من الكلس إلى التربة وتحديد نسبة الكلس المثلى والزمن الأمثل للمعالجة. لقد اخترنا تربة غضارية انتفاخية من منطقة البسيط على الساحل السوري و قمنا بدراسة تأثير الكلس على قوام التربة وانتفاخها ومقاومتها.

لقد أظهرت نتائج هذه الدراسة تناقصاً ملحوظاً لكل من حد السيولة وحد الانكماش و قرينة اللدونة مع زيادة نسبة الكلس، أما بالنسبة لحد اللدونة، فإنه يزداد في البداية ثم يتناقص بمقدار طفيف مع زيادة نسبة الكلس.

أما فيما يخص التغير الحجمي، فإن قابلية التربة المحسنة بالكلس للانتفاخ و للتقلص تنخفض وتصبح قيمة الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ شبه معدومة عند نسبة كلس 4% .

أما فيما يخص مقاومة القص للتربة المحسنة بالكلس، فقد لاحظنا زيادة ملحوظة لكل من زاوية الاحتكاك الداخلي والتماسك الداخلي للتربة مع زيادة نسبة الكلس وذلك حتى النسبة 8% من الوزن الجاف للتربة، ثم يحصل تناقصاً ملحوظا لهذين العاملين مع زيادة نسبة الكلس فوق هذه النسبة.

الكلمات المفتاحية : الغضار، الانتفاخ، الكلس، المعالجة، تحسين، تثبيت

* مدرس – قسم الهندسة الجيوتكنيكية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
**مدرس – قسم الهندسة الجيوتكنيكية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية
***طالبة ماجستير – قسم الهندسة الجيوتكنيكية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

Laboratory study to improve the expansive soil by adding chemical Stabilizers

Dr. Rami Ousta[*]
Dr. Safwan Abdullah[**]
Hala Akhdar[***]

(Received 27 / 1 / 2015. Accepted 23 / 6 / 2015)

□ ABSTRACT □

The purpose of this research is to study the improvement of soil properties by the addition of lime in certain percentages. The soil used in this study was obtained from the Baseet region, which is located by the Syrian coast. We have studied the effect of lime on the consistency, the swell characteristics and the shear strength of soil.

The results of this study have shown a remarkable reduction of both liquid and shrinkage limits, and the plasticity index with the increase of lime percentage. As for plasticity limit, it increases in the beginning then decreases slightly with the rising of lime percentage.

For the volumetric variation, the susceptibility of swelling and the shrinkage of improved soil with lime decrease, and the free swelling and the swelling pressure become almost negligible with 4% of lime.

Based on the shear strength results, we can indicate a notable increase in the friction angle and cohesion of soil with increasing of lime percentage up to 8% of lime. After that, these two factors decrease.

Key Words: clay- swelling- lime- treatment- improve- stabilization

[*]**Assistant Professor, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia –Syria. Email : r_ousta@hotmail.com**
[**]**Assistant Professor, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University. Lattakia –Syria**
*****Postgraduate Student, Department of Geotechnical Engineering, of Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**

مقدمة :

تنتشر الترب الغضارية الانتفاخية في مناطق واسعة من أراضي الجمهورية العربية السورية وتقارب حوالي 30% من المساحة العامة وتصادف هذه الترب بشكل خاص في المناطق الجنوبية (حوران) وكذلك المناطق الشمالية الشرقية (الجزيرة) وفي مناطق متفرقة من باقي الأجزاء كدمشق وحمص واللاذقية.

تخضع هذه الترب لتغيرات كبيرة في حجمها نتيجة لتغير رطوبتها، مما يؤدي إلى تشوهات كبيرة في التربة، قد تكون على شكل هبوط (انكماش التربة بسبب جفافها)، أو على شكل انتفاخ (بسبب زيادة رطوبتها). تتميز هذه الترب ومن النظرة الأولى في فصول الجفاف بكونها تحتوي على شبكة من الشقوق الكبيرة والصغيرة في جميع الاتجاهات. وبالتالي تسبب تصدعات إنشائية في هيكل البناء و تحدب وتقعر في الطرق.

إن التطور العمراني في البلد وصعوبة تغيير مواقع بعض المشاريع الهندسية (كالمنشآت الصناعية أو السكنية أو الطرق و السدود ....)–حيث تكون التربة في تلك المواقع غضارية انتفاخية– يتطلب من المهندس الجيوتكنيكي إيجاد الحلول المناسبة والاقتصادية، وغالباً يكون الحل إما باستبدال التربة أو تحسينها فيزيائيا بخلطها بمواد خشنة كالرمل والبيزولانا ، أو كيمائياً بمزجها بمواد تعمل على تغيير التركيب الكيميائي للغضار وذلك بمزجها بالاسمنت أو بالكلس وذلك أقل كلفة من الاستبدال.

يعتمد اختيار الحل الأمثل في تحسين التربة على نوع التربة وتدرجها الحبي ومحتواها من المواد الناعمة ومقاومتها الأولية والهدف من عملية التحسين، ويعتبر الكلس من أكثر المواد توفرا واستخداما من أجل تحسين الترب الغضارية الانتفاخية ذات حد السيولة المرتفع والتي تملك محتوى غضاري أكبر (Shersi in Tibet) وهو ذو كلفة أقل من الطرق التي ذكرت سابقا(Somerset North America 2001، San Diego Califoria–1997، Eric A. Berger , Florida, 2005)

وكلما كانت التربة تحتوي على نسبة أعلى من الألمنيوم والسيليكات نتج فيما بعد تربة معالجة ذات مواصفات جيدة. ويشترط نظام الـ ASTM أن تكون نسبة المواد الناعمة (المار من المنخل 200) >25% وقرينة اللدونة IP>30%ويبين الجدول (1) بعض مواصفات الترب الغضارية التي يمكن معالجتها بالكلس(Bridges, 1997):

الجدول (1) : مواصفات الترب التي يمكن استخدام الكلس في تحسينها (Bridges, 1997)

	LL%	IP%	CBR%
Fills Soils	>45	>20	--
Sub–Base	>45	>15	40
Base	>30	>9	80

يعود السبب الرئيسي في تحسين خواص التربة الانتفاخية عند إضافة الكلس لها إلى حدوث تفاعلات كيميائية معقدة بين الكلس ومنيرالات التربة الغضارية فتنتج تربة جديدة تختلف في خواصها عن التربة الأصلية وذات مواصفات أفضل ويتم هذا التفاعل الكيميائي حسب (Brown,1996 –Chen,1975) وفقا للمراحل الثلاث التالية:

تفاعلات التبادل الشاردي (Cationexchange)

عند إضافة الكلس إلى التربة يحصل تفاعل سريع نسبياً يدعى تفاعل التبادل الشاردي، ويكون ناتج عن تبادل الشوارد بين مينرالات التربة وبين الكلس حيث أن سطح الغضار المشحون بشحنة سالبة يمكن أن يجذب الشوارد الموجبة من أجل تعديل شحنته، وبالتالي فإن شوارد الكالسيوم الثنائية التكافؤ يمكن أن تنجذب بقوة للغضار وتزيح الشوارد الأضعف منها +N أو +H وكذلك ممكن أن تقوم بإزاحة جزيئات الماء المستقطبة (Bulletin. 2004).

تفاعلات الاندماج والتكتل (Flocculation/Agglomeration):

يستغرق حصول هذا التفاعل عدة أيام حيث تتجمع الحبيبات حول بعضها البعض ومن الممكن أن يحصل اندماج وبالتالي زيادة حجم الحبات. ويؤدي حصول هذا التفاعل إلى تحسين مواصفات اللدونة للتربة وتصبح التربة أسهل في التعامل ويسمى ذلك تعديل التربة (Bulletin. 2004)، وهذا موضح في الشكل (1)

الشكل (1) : تفاعلات الاندماج والتكتل

التفاعل البوزولاني (pozzolanic reaction):

يمكن أن يستمر هذا التفاعل عدة سنوات ويؤدي إلى تشكل روابط كيميائية بين حبات التربة تشبه الروابط الإسمنتية الناتجة عن إماهة الاسمنت، ويمكن تسميتها روابط إسمنتية كما في الشكل (2). ويتم هذا التفاعل بوجود الماء وتحت درجات عادية من الحرارة، حيث أن إضافة الكلس للتربة تؤدي إلى ارتفاع درجة PH للتربة، وينتج عن ذلك انحلال مكونات التربة الأساسية (السيليكات والألومينات). وبالتالي تتفاعل هذه السيليكات والألومينات مع شوارد الكالسيوم وبالنتيجة، تتشكل سيليكات الكالسيوم المائية وألومينات الكالسيوم المائية وهذه المركبات هي مواد متبلورة قاسية لا تنحل بالماء وتؤدي إلى ربط جزيئات التربة مع بعضها البعض(Bulletin. 2004).

الشكل (2) : التفاعل البوزولاني

بشكل عام، تحسين التربة الغضارية الانتفاخية بالكلس هو تحسين للمواصفات الكيميائية للتربة التي تقود لتحسين المواصفات الفيزيائية والميكانيكية وبالتالي يشمل تحسين مقاومة التربة على القص وتخفيض هبوطها وتخفيض انتفاخها وتقلصها والتقليل من تأثر التربة بالعوامل الخارجية كالجليد والصقيع. وقد أثبتت الأبحاث المتعلقة بتحسين الترب الغضارية الانتفاخية بالكلس أن نسبة الكلس المثلى للمعالجة وزمن المعالجة يختلفان من تربة لأخرى حسب خواصها وطبيعتها وموقع الدراسة (Benue State in Nigeria 1997، Osun State in Nigeria2002 ، Manasseh Joel and Isaac O. ،Bulletin.2004،University of GuilanRasht, I.R. IRAN 2004 ، Agbede. 2010 ،Ankur Mudgal1, Raju Sarkar2 and A.K. Sahu2. 2014).

أهمية البحث وأهدافه:

هدف البحث:

استنادا لما تقدم تهدف الدراسة إلى تحديد النسبة المثلى والزمن الأمثل لمعالجة تربة غضارية انتفاخية مأخوذة من منطقة البسيط على الساحل السوري من خلال دراسة مجموعة من الخواص للتربة المحسنة بالكلس والتي شملت مايلي:

خواص القوام (حد السيولة، حد اللدونة، قرينة اللدونة، حد الانكماش)

خواص الانتفاخ (الانتفاخ النسبي الحر، ضغط الإنتفاخ)

خواص المقاومة (زاوية الاحتكاك الداخلي، التماسك)

أهمية البحث:

تتجلى أهمية هذا البحث من خلال المساهمة في التخفيف من الأضرار الناجمة عن التأسيس على الترب الغضارية الانتفاخية المنتشرة على مساحات واسعة من قطرنا العربي السوري وذلك بعد تحسينها بمادة الكلس والحد من المبالغ الباهظة التي تصرف على اصلاح تشوهات المنشآت الصناعية والسكنية والطرق والسدود....المشادة على تلك الترب.

التطبيق العملي:

إن معالجة الترب الغضارية الإنتفاخية بمادة الكلس يحولها من ترب غير مهيئة للبناء من الناحيتين الجيوتكنيكية والاقتصادية إلى ترب جيدة صالحة لإقامة المنشآت السكنية والصناعية والطرق والسدود، ويمكن تنفيذ عملية تحسين الترب الغضارية بالكلس حقلياً وفقا للخطوات التالية :

1- طحن التربة حتى يصبح المار من المنخل رقم 40 أكثر 60%

2- نشر الكلس وخلطه مع التربة بحيث نحصل على مزيج متجانس ويتم هذا المزج بشكل جاف قبل إضافة الماء للتربة، أو بوضع أكياس الكلس Dry lime – bags وتوزيعها بشكل متجانس بحيث تؤدي النسبة المطلوبة وهي مناسبة للمشاريع الصغيرة حيث أنها تتطلب يد عاملة ومعالجة باليد وزمن كبير وتطبيقها جيد من أجل الترب الرطبة.

3- خلط الكلس مع التربة حتى الحصول على مزيج متجانس

4- إضافة الماء لمزيج (التربة – الكلس) بشكل مساوي تقريباً للرطوبة المثالية لهذا المزيج ويخلط المزيج حتى نحصل على خليط متجانس

5- تسوية الموقع بواسطة آلية تسوية ثم يتم الرص للتربة المثبتة ويجب تحقيق الرص بأسرع وقت ممكن من أجل التقليل من خطر الكربنة.

6- حماية السطح النهائي للرص فور الانتهاء من عملية الرص من أجل تقليل خطر الكربنة وكذلك من أجل المحافظة على الرطوبة وبالتالي استمرار التفاعلات واكتمالها. وكذلك يجب تجنب تطبيق حمولات على السطح قبل مضي فترة كافية من المعالجة.

طرائق البحث ومواده:

يعتمد هذا البحث على المنهج التجريبي، حيث تم إنجاز البحث وفق ثلاث مراحل أساسية :

1-دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للتربة الغضارية المستخدمة في هذا البحث.

2-دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة بعد المعالجة بالكلس

3-إجراء مقارنة بين التربة الغضارية الإنتفاخية بدون إضافات مع التربة الغضارية الانتفاخية المعالجة بإضافة الكلس، مع تحليل ومناقشة النتائج.

1-2 مواصفات المواد المستخدمة في البحث (التربة والكلس):

تم احضار التربة من الموقع من منطقة البسيط على الساحل السوري بكمية تكفي للقيام بكامل الدراسة وتقدر الكمية بحوالي(100kg) وقد اختيرت التربة المدروسة بحيث تتناسب مع موضوع المعالجة بالكلس ومن النوع الذي يكون ذو قابلية عالية على الانتفاخ، حيث تم تجفيفها بالشمس ثم تم تفتيتها بمدقة كاوتشوك بطريقة لاتؤدي إلى تهشم وتخريب ذرات التربة .

وقد تم تحليل مادة الكلس المستخدمة في التحسين، بهدف معرفة نسبة اوكسيد الكالسيوم Cao المتواجدة فيها في مخبر الكيمياء في كلية العلوم بجامعة تشرين. يبين الجدول (2) التركيب الكيميائي لمادة الكلس المستخدمة في عملية التحسين.

الجدول (2) التركيب الكيميائي للكلس

المركب	النسبة%
Cao	72.23
Mgo	0.34
Fe_2o_3	0.11
Al_2o_3	0.93
Sio_2	1.51
So_3	0.25
Co_2	2.77
Tio_2	24.69

نلاحظ أن نسبة أكسيد الكالسيوم (64%<Cao=72.23%) أي أن الكلس المستخدم ملائم لاستخدامه في عملية تحسين التربة.

وقد شملت التجارب المخبرية التي أجريت على التربة الطبيعية مايلي:

تجارب تحديد المواصفات الكيميائية للتربة الطبيعية (تجربة تحديد التركيب المينرالي بواسطة انعراج الأشعة السينيةx، تجارب تحديد نسبة المادة العضوية ونسبة الكربونات $caco_3$ ونسبة الجبس والناقلية الكهربائية) في مخبر الكيمياء في كلية العلوم بجامعة تشرين، كما تم إجراء تجربة تحديد التركيب المينيرالي للتربة بدون كلس باستخدام أشعة XRD في مخبر البحوث العلمية بجامعة تشرين. وتم إجراء تجارب تحديد المواصفات الفيزيائية والميكانيكية في مخبر ميكانيك التربة في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، حيث أجريت التجارب بنفس شروط تواجد التربة في الطبيعة (بالرطوبة المثالية والكثافة الجافة العظمى) وتضمنت هذه التجارب ما يلي:

أ- تجارب تحديد المواصفات الفيزيائية (التحليل الحبي وحدود أتربرغ والوزن النوعي)

ب- تجارب تحديد المواصفات الميكانيكية (تجربة القص المباشر، تجربة الإنتفاخ النسبي الحر، تجربة تحديد ضغط الانتفاخ بالأودومتر باسخدام طريقة التحميل التدريجي مع المحافظة على حجم ثابت للعينة).

يبين الشكل (3) منحني التحليل الحبي للتربة الطبيعية، وهي تربة ناعمة (87.7% من الوزن الجاف للعينة يمر من المنخل 200)

الشكل (3): منحني التحليل الحبي للتربة الطبيعية بدون كلس

ويظهر الجدول (3) التركيب الكيميائي للتربة الطبيعية والجدول (4) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة الطبيعية

الجدول (3): التركيب الكيميائي للتربة الطبيعية

التركيب الكيميائي للتربة الطبيعية (Chemical composition of Natural soil)	
المعدن الكيميائي (Chemical Elements)	النسبة%(Ratio)

كالسيت	3.41
كوارتز	4.11
فيليبسيت(زيوليت)	2.62
هيميليت	2.14
ميلاريت	3.45
ايليت	74.15
كاولينيت	10.12
الكالسيوم	0.2
كبريتات الكالسيوم	0.15
الأملاح المنحلة	0.25
المواد العضوية	0.35
PH	8.5

الجدول (4): الخواص الفيزيائية والميكانيكية للترب الطبيعية

الخواص الفيزيائية (physical characteristics)	الوزن النوعي Gs	2.7
	حد السيولة(%)LL	72.19
	حد اللدونة (%)PL	30.6
	قرينة اللدونة (%)PI	41.5
	حد الانكماش (%)SL	16
	المار من المنخل 200 (%)	87.7
	Classification (USCS)	CH
	الرطوبة الطبيعية (%)	31.6
	الكثافة الجافة (KN/m^3)	13.8
الخواص الميكانيكية (Mechanical characteristics)	التماسك C (kN/m^2)	95
	زاوية الاحتكاك الداخلي Φ(°)	8.5
	الانتفاخ النسبي الحر بالأودومتر (%)	5.154
	ضغط الانتفاخ (KN/m^2)	200

نلاحظ مما سبق أن المعدن الأساسي في التربة هو الايليت (ضغط الانتفاخ= $200KN/m^2$) أي أن التربة انتفاخية وتصنف كغضار عالي اللدونة (CH).

2-2 الطريقة المخبرية لتشكيل عينات اختبار التربة المحسنة بالكلس:

تم اتباع المنهجية التالية في عملية خلط التربة بالكلس **في المخبر** ومن ثم تشكيل العينات المخبرية Bulletin. (2004) :

أ -تم خلط التربة المجففة بالهواء بشكل جيد مع نسب متزايدة من الكلس (0-1-2-4-6-8-10-12)%، محددة كقيمة وزنية من الوزن الجاف للتربة، ثم تم بعدها إضافة الماء إلى الخليط بكميات مناسبة لإعطاء رطوبة للخليط مساوية للرطوبة الطبيعية للتربة.

ب - تم بعد ذلك تغليف الخليط بأكياس من النايلون للحصول على توزيع متجانس للرطوبة ووضعه ضمن أوعية بلاستيكية مغلفة في مكان رطب وآمن بحيث لاتتعرض لحرارة مرتفعة أو حركة واهتزازات مخربة ولفترات مختلفة (من يومين حتى شهر) (فترة تحدد من أجل المعالجة).

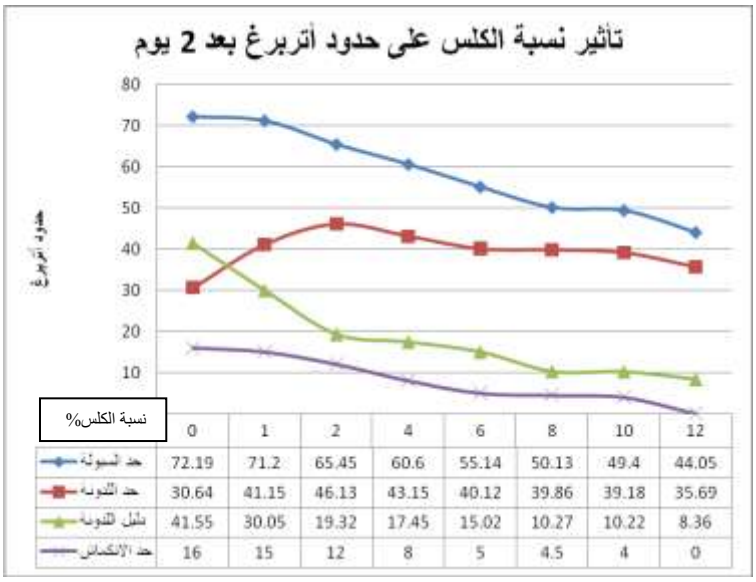
ت - إخراج الخليط من مكان التخزين وتشكيل العينات بالطريقة الديناميكية بالكثافة والرطوبة الطبيعية وتشديد عينات القص المباشر لمدة 4 أيام (نفس شروط التجارب للتربة بدون تحسين).

ث - إجراء نفس التجارب المخبرية التي تمت على التربة الغضارية بدون كلس.

النتائج والمناقشة

1- دراسة تأثير نسبة الكلس والزمن على حدود أتربرغ

تم دراسة تأثير نسبة الكلس على حدود أتربرغ من أجل فترة تفاعل للكلس مقدارها يومين حيث أجريت تجربة حد السيولة بطريقة كزاغراندي وتجربة اللدونة بطريقة الفتائل، وقد تم استخدام نسب مختلفة للكلس من 1%حتى 12%. ويبين الشكل (4) منحنيات تغير حدود أتربرغ مع زيادة نسبة الكلس.



الشكل (4) : منحنيات تغير حدود أتربرغ مع زيادة نسبة الكلس

نلاحظ من هذه المنحنيات مايلي :

1- انخفاضا ملموسا لحد السيولة مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 8% ثم بعد هذه النسبة يصبح هذا الانخفاض طفيفا، ويمكن تفسير انخفاض حد السيولة بقيام شوارد الكلس الموجبة بالتعويض عن بعض الكاتيونات الملتصقة بسطح ذرات الغضار بما فيها جزيئات الماء المستقطبة، وهذا يؤدي إلى إنقاص سماكة طبقة الماء المزدوجة المحيطة بحبات الغضار ومعادلة الشحنات السالبة الموجودة على السطوح، حيث تصبح بنية الغضار أقرب إلى البنية المتندفة وتقل سيولة التربة نتيجة إنقاص سماكة طبقة الماء المزدوجة، وكذلك تقل شراهة الحبات الغضارية للماء نتيجة تعادل شحنتها بفعل شوارد الكالسيوم (Benue State in Nigeria-1997).

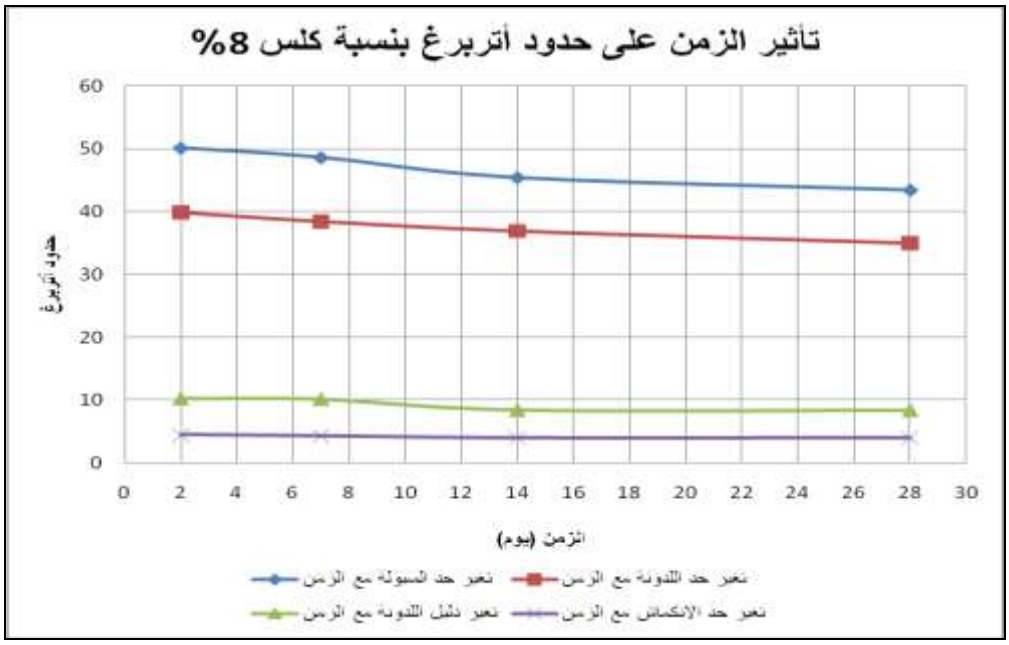
2- زيادة ملحوظة لحد اللدونة مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 2%، ثم انخفاضه مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 6%، ومن ثم يصبح هذا الانخفاض طفيفا مع زيادة الكلس بنسب أعلى ، ويمكن تفسير ذلك بأن دور الكلس حتى النسبة 2% يكون مقتصرا على تجفيف التربة وتنديف حبات الغضار مما يحسن لدونة التربة (تفاعل المرحلة الأولى) ولكن مع زيادة نسبة الكلس المضافة يبدأ تفاعل المرحلة الثانية (التفاعلات البوزولونية) حيث يقوم الكلس بتشكيل الروابط المتبلورة مع حبات الغضار وربطها مع بعضها البعض ممايؤدي لزيادة خشونة التربة وبالتالي تناقص في قيمة حد اللدونة ((Benue State in Nigeria-1997).

3- تناقص ملموس لحد الإنكماش مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 6%، ثم يصبح هذا التناقص طفيفا فوق هذه النسبة (Benue State in Nigeria-1997).

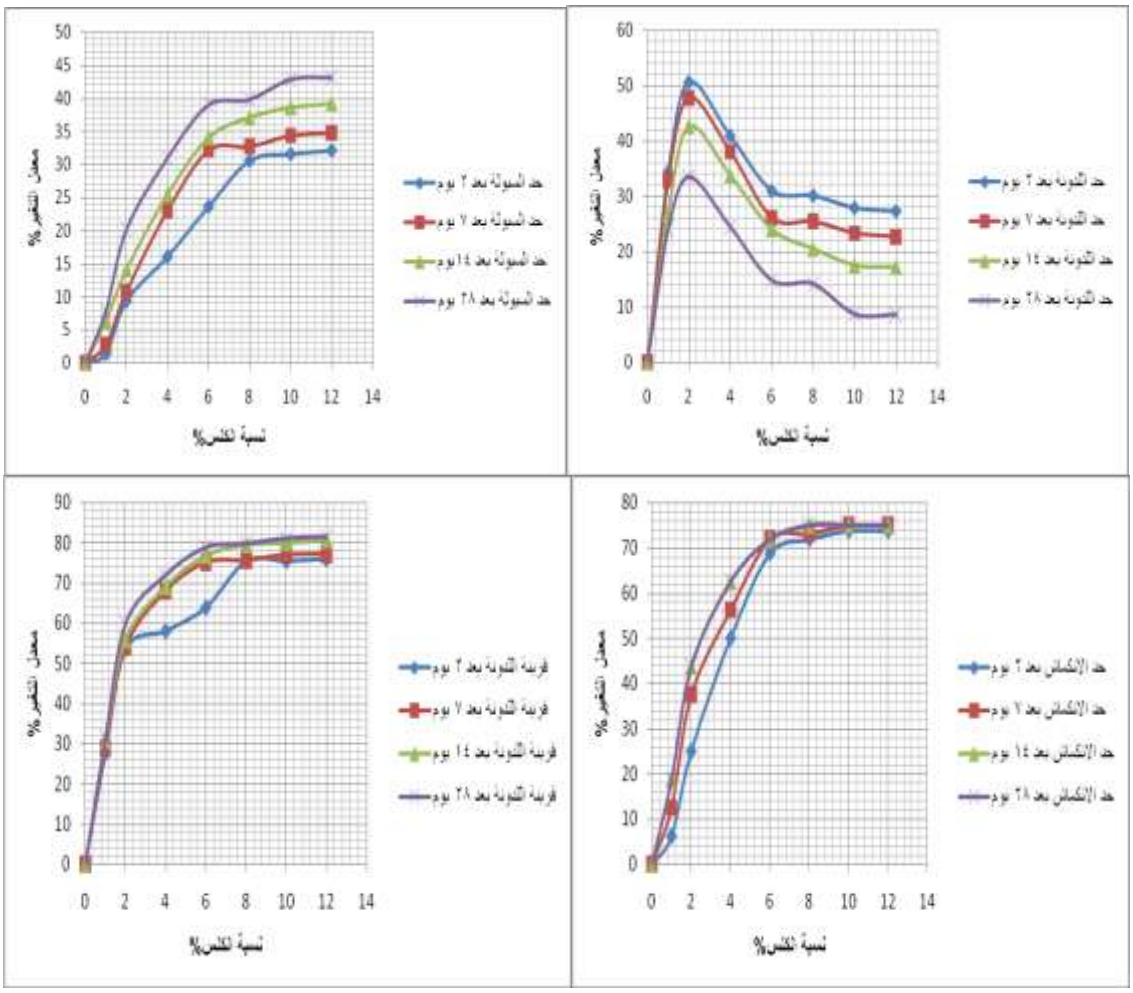
بالنتيجة، نلاحظ أن قرينة اللدونة تتناقص بشكل كبير مع زيادة نسبة الكلس وهذا يعبر عن التحسن في خواص اللدونة للتربة المعالجة بالكلس.

كما تم دراسة تأثير زمن تفاعل الكلس (من يومين حتى شهر) (من أجل نسب مختلفة للكلس من 1% حتى 12%) على حدود أتربرغ.

يظهر الشكل (5) تأثير زمن تفاعل الكلس على حدود أتربرغ من أجلس نسبة كلس 8%، كما يبين الشكل (6) تأثير زمن تفاعل الكلس على حدود أتربرغ، من أجل نسب الكلس (0-1-2-4-6-8-10-12)%.



الشكل (5): تأثير زمن تفاعل الكلس على حدود أتربرغ من أجل نسبة كلس 8%



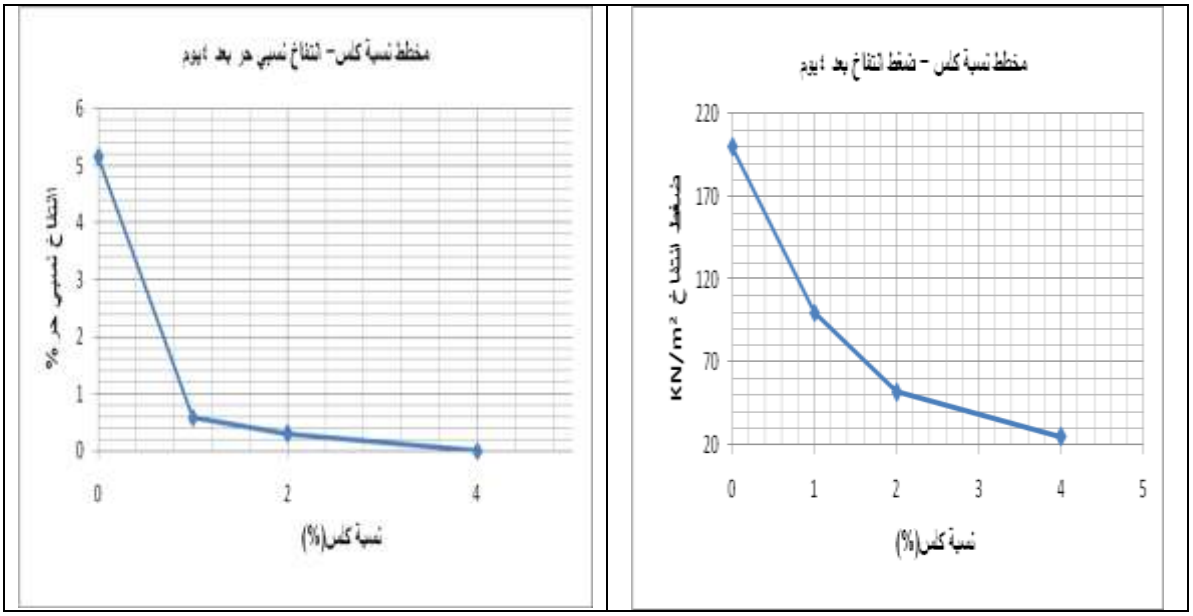
الشكل (6): تأثير زمن تفاعل الكلس على حدود أتربرغ

نلاحظ أن معظم التغيرات في حد الانكماش تمت خلال اسبوعين أما بالنسبة لحد السيولة واللدونة فقد استمرت التغيرات لفترة أطول ، كما أن تغير حدود أتربرغ يصبح طفيفاً بعد نسبة كلس %(8-6).

2- تأثير نسبة الكلس والزمن على الانتفاخ النسبي الحر و ضغط الإنتفاخ

تم دراسة تأثير نسبة الكلس على الانتفاخ النسبي الحر وعلى ضغط الانتفاخ من أجل فترة تفاعل للكلس مقدارها يومين، حيث تم استخدام نسب مختلفة للكلس من 1% حتى 4%.

يبين الشكل (7) منحنيات تغير الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ مع زيادة نسبة الكلس.

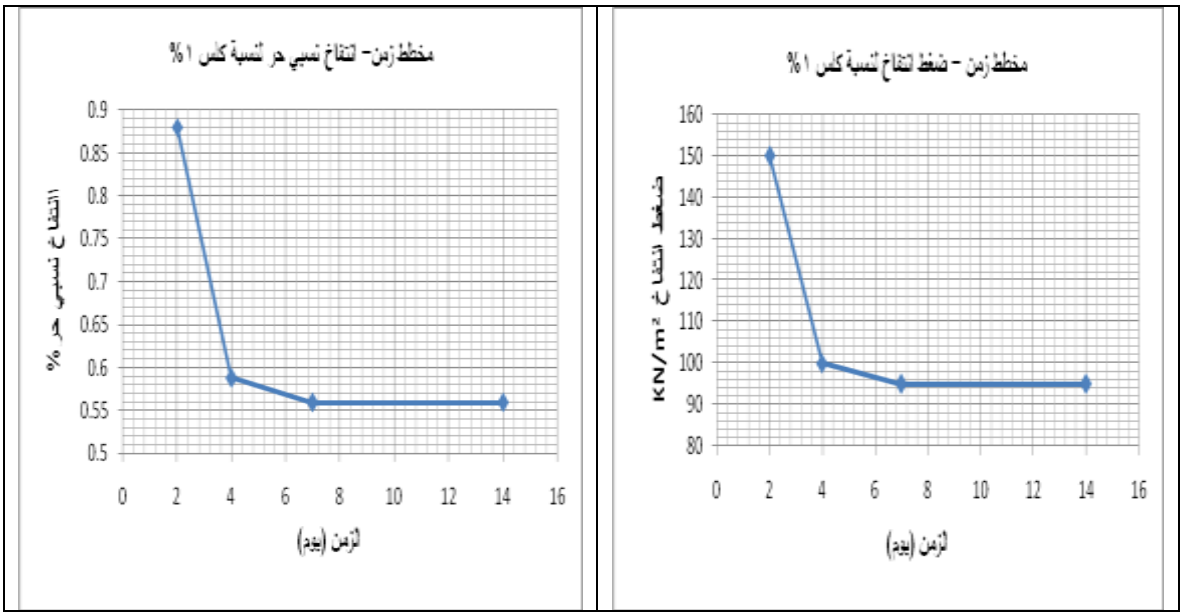


الشكل (7) : منحنيات تغير الانتفاخ النسبي الحر وضغط الإنتفاخ مع زيادة نسبة الكلس

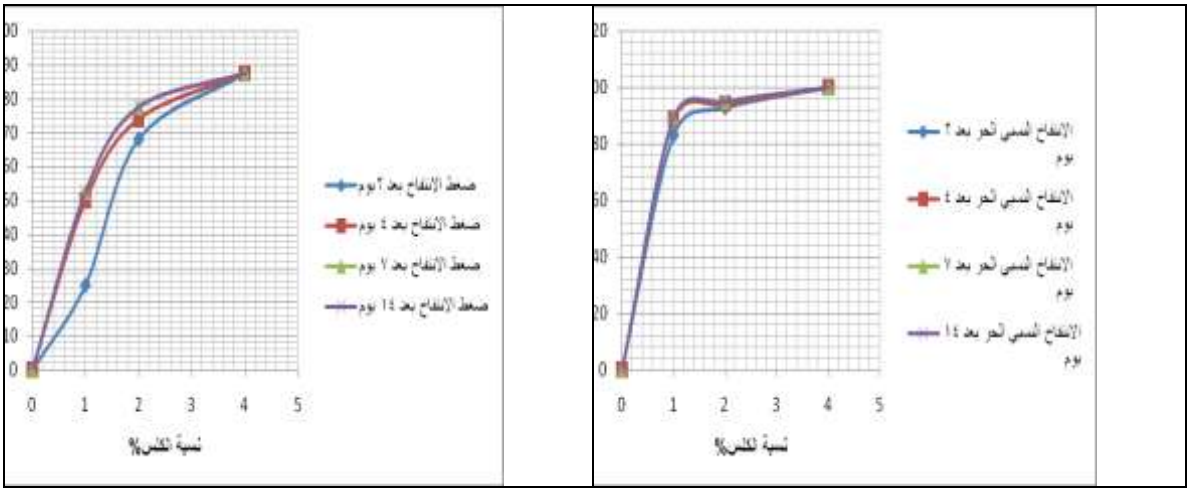
نلاحظ من هذه المنحنيات انخفاضاً ملموسا لقابلية التربة المثبتة بالكلس للانتفاخ والتقلص مع زيادة نسبة الكلس حيث تصبح قابلية الانتفاخ شبه معدومة عند نسبة كلس مقدارها 4%، ويمكن تفسير ذلك بأن الكلس يعمل على ربط حبات التربة مع بعضها البعض بروابط تشبه الروابط الإسمنتية وبالتالي يزيد من متانة الترابط بين حبات التربة وهذا بدوره يعمل على تقليل الانتفاخ(Christof Lempp and Karl Josef Witt, 2006).

كما تم دراسة تأثير زمن تفاعل الكلس (من أجل نسب مختلفة للكلس من 1% حتى 4%) على الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ.

يظهر الشكل (8) تأثير زمن تفاعل الكلس على الانتفاخ النسبي الحر وضغط الإنتفاخ من أجل نسبة كلس 1%، كما يبين الشكل (9) تأثير زمن تفاعل الكلس على معاملات الانتفاخ من أجل نسب الكلس (0-1-2-4)%



الشكل (8) : تأثير زمن تفاعل الكلس على معاملات الانتفاخ من أجل نسبة كلس 1%



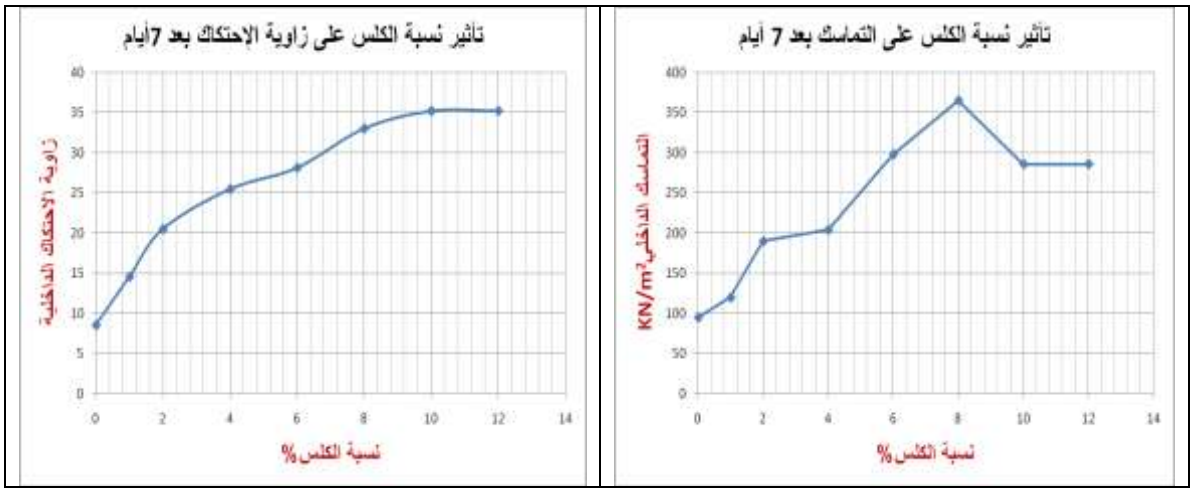
الشكل (9): تأثير زمن تفاعل الكلس على معاملات الانتفاخ

نلاحظ من هذه المنحنيات السابقة أن تفاعل الكلس سريع ويظهر تأثيره على خواص الانتفاخ خلال زمن قصير نسبيا حيث تمت معظم التغيرات في تلك الخواص خلال اسبوع تقريباً وبالتالي يمكن الاكتفاء بفترة أسبوع كفترة زمنية مثالية لإنهاء المعالجة فيما يخص معاملات الانتفاخ.

3- تأثير نسبة الكلس والزمن على مقاومة القص

تم دراسة تأثير نسبة الكلس على مقاومة القص المباشر من أجل فترة تفاعل للكلس مقدارها أسبوع، حيث تم استخدام نسب مختلفة للكلس من 1% حتى 12%.

يبين الشكل (10) منحنيات تغير مقاومة القص مع زيادة نسبة الكلس.



الشكل (10): منحنيات تغير مقاومة القص مع زيادة نسبة الكلس.

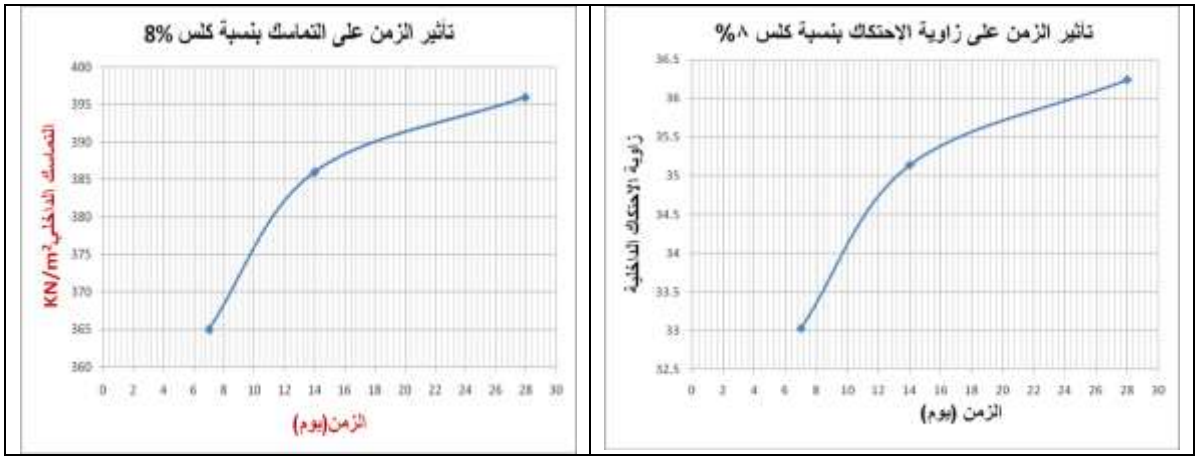
نلاحظ من هذه المنحنيات مايلي :

1- زيادة ملحوظة لزاوية الاحتكاك الداخلية مع زيادة نسبة الكلس ويمكن تفسير ذلك بنقصان سماكة طبقة الماء المزدوجة المحيطة بحبات الغضار وارتباط حبات الغضار مع بعضها البعض وزيادة خشونة التربة (Benue State in Nigeria-1997).

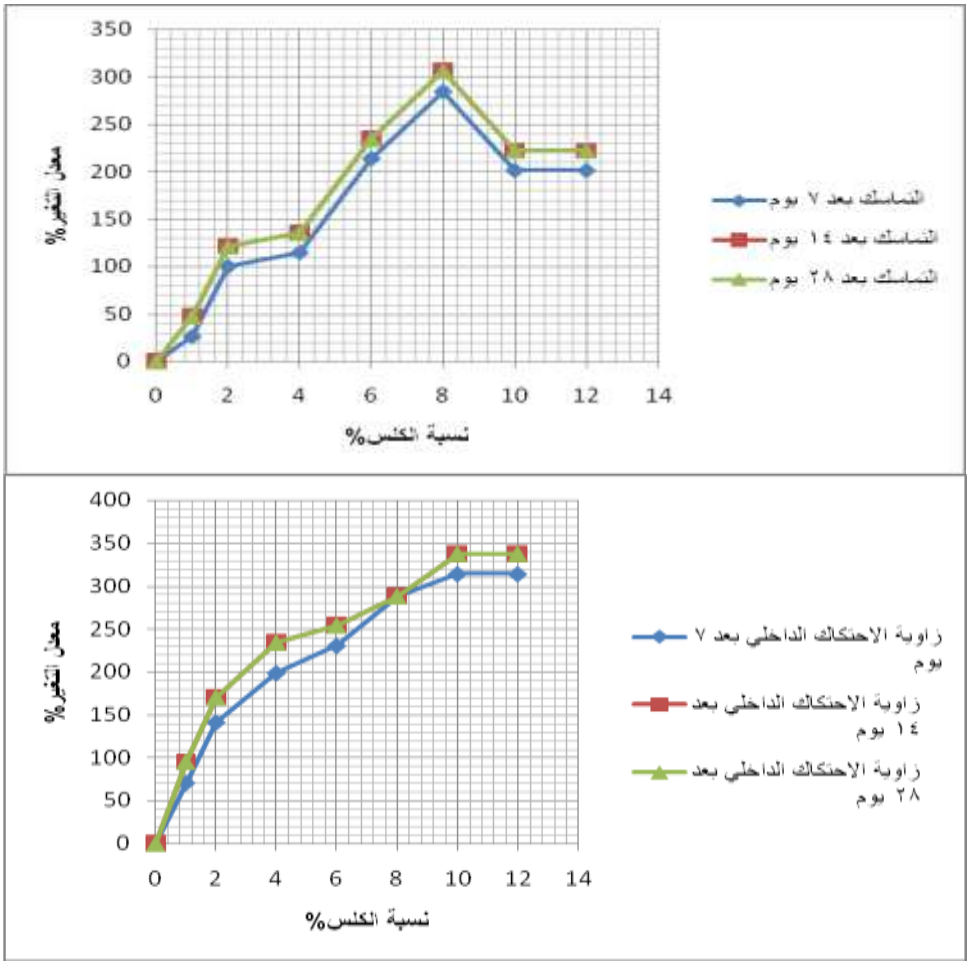
2- ازدياد ملموس للتماسك أيضا مع زيادة نسبة الكلس المضافة نتيجة نشوء الروابط بين الحبات الغضارية (تفاعلات المرحلة الثانية)، ونلاحظ استمرار هذه الزيادة حتى النسبة 8% ، بعد ذلك تبدأ بالتناقص حيث يصبح تغير كل من زاوية الاحتكاك والتماسك شبه معدوم بعد نسبة كلس مقدارها 10%، والسبب في ذلك هو الحصول على كلس زائد في التربة بدون وجود كمية مقابلة له من الغضار وبما أن الكلس بدون تفاعل مع الغضار يكون عبارة عن مادة ضعيفة التماسك والمقاومة وهذا يضعف من تماسك التربة (Benue State in Nigeria-1997)

كما تم دراسة تأثير زمن تفاعل الكلس (من أسبوع حتى شهر) (من أجل نسب مختلفة للكلس من 1% حتى 12%) على مقاومة القص.

نعرض في الشكل (11) تأثير زمن تفاعل الكلس على مقاومة القص من أجل نسبة كلس 8%، وعلى الشكل (12) تأثير زمن تفاعل الكلس على مقاومة القص من أجل نسب الكلس (0-1-2-4-6-8-10-12)%



الشكل (11) : تأثير زمن تفاعل الكلس على مقاومة القص من أجل نسبة كلس 8%



الشكل (12) : تأثير زمن تفاعل الكلس على مقاومة القص

نلاحظ من هذه المنحنيات أن الزيادة في مقاومة القص تكون كبيرة خلال الاسبوعين الأوليين، ثم تنخفض هذه الزيادة بعد هذين الاسبوعين.

الاستنتاجات والتوصيات:

تناول هذا البحث دراسة تجريبية لتحسين الترب الانتفاخية بواسطة الكلس، وقد تم اختيار تربة غضارية انتفاخية من منطقة البسيط على الساحل السوري، حيث تم دراسة تأثير خلط هذه التربة بنسب مختلفة من الكلس على تحسين خواص التربة الغضارية الانتفاخية، و يمكن تلخيص أهم النتائج التي أظهرتها الدراسة فيما يلي:

الخواص الانتفاخية للتربة

1. معظم التغيرات في حد الانكماش تمت خلال أسبوعين أما بالنسبة لحد السيولة واللدونة فقد احتجنا إلى 28 يوم للحد من التغيرات الحاصلة
2. ينخفض حد السيولة بشكل ملموس مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 8% ثم يصبح هذا الانخفاض طفيفا بعد هذه النسبة.

3. يزداد حد اللدونة بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 2%، ثم ينخفض مع زيادة نسبة الكلس حتى 6%، وبعد هذه النسبة يصبح هذا الانخفاض طفيفا.

4. يتناقص حد الإنكماش بشكل ملموس مع زيادة نسبة الكلس حتى النسبة 6%، ثم يصبح هذا التناقص طفيفا فوق هذه النسبة.

بالنتيجة، أظهرت الدراسة انخفاضاً لقابلية التربة المثبتة بالكلس للانتفاخ والتقلص مع زيادة نسبة الكلس حيث تصبح قابلية الانتفاخ شبه معدومة عند نسبة كلس مقدارها 4%

مقاومة القص للتربة

1. زيادة كبيرة لمقاومة القص خلال الاسبوعين الأولين، ثم تنخفض هذه الزيادة بعد الاسبوعين.
2. زيادة ملحوظة لزاوية الاحتكاك الداخلية مع زيادة نسبة الكلس.
3. ازديادا ملموسا للتماسك أيضا مع زيادة نسبة الكلس المضافة نتيجة نشوء الروابط بين الحبات الغضارية (تفاعلات المرحلة الثانية)، ونلاحظ استمرار هذه الزيادة حتى النسبة 8% ، بعد ذلك تبدأ بالتناقص.
4. تغير كل زاوية الاحتكاك والتماسك يصبح شبه معدوما بعد نسبة كلس مقدارها 10%

أما فيما يخص النسبة المثالية للكلس اللازمة لتحسين التربة الغضارية المستخدمة في هذا البحث فقد تبين أنها تتعلق بالغاية من عملية التحسين، فإذا كان الهدف هو التخفيف من انتفاخ التربة فإن النسبة المثالية هي 8% من الوزن الجاف للتربة. أما إذا كان هدف عملية التحسين هو زيادة مقاومة القص للتربة فإن النسبة المثالية للكلس هي 10% من الوزن الجاف للتربة

المراجع:

1- ANKUR, M; RAJU, S: "*Effect of lime and stone dust in the geotechnical properties of black cotton soil*"". Int. J. of Geomate,2014, pp. 1033-1039.

2- ABDI, M.R; WILD, S:"*Sulphate expansive of lime-stabilize kaolinit* ". University of Glamorgan, 1993, pp. 555-567.

3-Bankole, G. M; Mtallib, M. O. A:"*The Improvement of the Index Properties and Compaction Characteristics of Lime Stabilized* ". EJGE,2011,pp.983-9964- JOEL, M; ISAAC, O: "*Cement Stabilization of Igumale Shale Lime Admixture for Use as Flexible Pavement Construction Material* ". EJGE,2014, pp. 1661-1673.

5- JOEL, M; ISAAC, O: "*Effect of Lime on Some Geotechnical Properties of Igumale Shale*". EJGE,2010, Vol. 13, Bund. A.

6- LEMPP,C; WITT,K :*"Treatment and improvement of the geotechnical properties of different soft fine-grained soils using chemical stabilization"* Ulb Sachsen-Anhalt,2006,pp.171.