

تأثير ظروف الإنضاج على بعض الخصائص الهندسية لتربة طينية انتفاخية معاملة بالجير المطفأ (النورة)

أسماء احمد علي الداوود
مدرس مساعد
المعهد التقني/ الموصل

د.سهيل إدريس عبد القادر خطاب
أستاذ مساعد
كلية الهندسة-جامعة الموصل

الخلاصة

زيادة في النفاذية بغض النظر عن نسبة الإضافة وذلك مقارنة بنفاذية التربة الطبيعية، لكنه اظهر تبايناً في قيمها مع اختلاف حرارة الإنضاج. من جانب اخر فان غسل التربة أدى الى انخفاض النفاذية في التربة المعاملة بغض النظر عن نسبة الإضافة ودرجة الحرارة لكن معدل انخفاض النفاذية في أثناء الغسل كان أسرع عند تعرضه للتأثير الحراري.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تغير ظروف الإنضاج: وهما درجة الحرارة من 10 ولغاية 60 درجة مئوية وفترة إنضاج تتراوح بين 2 و 90 يوم على بعض الخصائص الهندسية وخاصة النفاذية و مقاومة الانضغاط غير المحصور لتربة طينية انتفاخية معاملة بالجير المطفأ (النورة) بنسب (2,4,6)% لإحدى مناطق مدينة الموصل. أظهرت النتائج زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور مع زيادة درجة الحرارة وخاصة في فترات الإنضاج القصيرة كما أحدث ارتفاع درجة حرارة الإنضاج

الكلمات الدالة : التربة الطينية، النورة، تأثير ظروف الإنضاج، التوصيل المائي

المقدمة

نتيجة عن التبادل الأيوني، التليد Flocculation والتزغيب Agglomeration ومن ثم تكون المواد الرابطة طويلة الأمد التي تتبلور وتتصلب مع الوقت. هذا ما يقود إلى حصول تغيرات اساسية في خواص التربة. تستمر تفاعلات النورة في الظروف الطبيعية الى فترة طويلة قد تصل إلى عدة سنوات [2]. للحصول على نتائج مختبريه سريعة اعتمد عدد من الباحثين تعجيل التفاعلات بين النورة والتربة وذلك برفع درجة حرارة الإنضاج حيث تصل مقاومة الانضغاط غير المحصور بدرجة حرارة 49°C خلال يومي إنضاج إلى ما يعادل مقاومة الانضغاط بدرجة حرارة إنضاج 5°C خلال 28 يوماً [2]. نفاذية التربة هي من ضمن الخواص

تعود أسباب بعض الظواهر السلبية (مثل تصدعات الأبنية والطرق) في بعض الأحيان إلى ضعف تحمل التربة، وأحياناً إلى قوى الدفع المتكونة بسبب قدرة التربة على الانتفاخ. تستخدم عملية التثبيت في معالجة الترب الانتفاخية، والتثبيت كيميائياً باستخدام النورة يعتبر احد الأساليب المتبعة [1]، [2]. تعد النورة المطفأ الأكثر استعمالاً في تثبيت التربة لكفاءتها في المعالجة ولتثبيتها متطلبات السلامة للعاملين في هذا المجال [1].

تتم عملية التثبيت بالجير المطفأ في الترب الطينية عبر مراحل من التفاعلات، تنقسم هذه التفاعلات الى أنية وأخرى طويلة الأمد [2]. تصحب التفاعلات تغييرات في البناء الهيكلي للتربة المثبتة

تم اختيار تربة لأحدى الأحياء السكنية الحديثة في الموصل (الحدباء) والتي تعاني من الظواهر السلبية مثل تصدعات الأبنية. ويبين الجدول (1) الخواص الدليلية للتربة الطبيعية. استخدم الجير المطفأ (النورة) وتركيبها الكيميائي هو هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ ، بمواصفات موضحة في الجدول (2).

تحضير النماذج: تم اجراء الدراسة المختبرية على نماذج التربة الطبيعية والمعاملة بنسبة 4% نورة حضرت بطريقة الرص الساكن باستخدام مكبس بسرعة ثابتة (1.27mm/min) ، سبكت النماذج بكثافة مساوية إلى الكثافة الوزنية الجافة العظمى (MDD) ومحتوى الرطوبة الأمثل (OMC)، وأخرى سبكت عند 95% من (MDD) ناتجة عن فحص الرص القياسي) وما يقابلها من محتوى رطوبة في الجانبين الرطب والجاف من منحنى الرص للتربة الطبيعية. يترك النموذج تحت الإجهاد لمدة 10 دقائق لضمان تماسك النموذج ومنع حصول ارتداد (Rebound) [5]. اما النماذج المعاملة بنسب (2 و 6) % جير مطفأ فقد سبكت عند (MDD) و (OMC) فقط. يتم السبك بعد مرور ساعة من المزج.

إنضاج النماذج المعاملة : تحقيقا لهدف رئيس للدراسة وهو تأثير درجة حرارة الإنضاج على بعض الخواص الهندسية، انضجت النماذج المهيئة في الفقرة السابقة بدرجات حرارة مختلفة (25 , 40 , 60 , 10) درجة مئوية، بعد ان غلفت بطبقتين من ورق الألمنيوم تتبعتها طبقات عديدة من شمع البرافين. **فحص مقاومة الانضغاط غير المحصور:** يتم فحص نماذج التربة الطبيعية والمعاملة بإتباع الموصفات الأمريكية ASTM D(2166-68)

الاساسية التي يحصل فيها تغير عند معاملتها بالنورة لارتباط التفاعلات بتغيرات في هيكل التربة. عموما تشير الدراسات القليلة المتوفرة حول نفاذية التربة الانتفاخية المعاملة بالجير المطفأ إلى زيادة ملحوظة في النفاذية في البداية، يعود إلى التغيير الذي يطرأ على نسيج التربة نتيجة التفاعلات الآتية التي تحدث في التربة من تليد وتزغيب. تتبعها بعدئذ تفاعلات معقدة وبطيئة مكونة مادة إسمنتية داخل الفراغات المتكونة مما يقلل من النفاذية^[3]، في حين تشير دراسة أخرى إلى استمرار زيادة النفاذية مع زيادة فترة الإنضاج^[4].

يهدف البحث بشكل أساس إلى دراسة تأثير درجة الحرارة (10,25,40,49,60) درجة مئوية على بعض الخصائص الهندسية للتربة الانتفاخية المعاملة بالجير المطفأ مع التركيز على التغيير في قيم النفاذية كخاصية مهمة تعكس التغيرات التي تحدث في البناء الهيكلي للتربة المثبتة حيث لم يتم دراستها سابقا. تم الأخذ بنظر الاعتبار متغيرات أخرى تؤثر على سير التفاعلات ومن ضمنها نسبة النورة المضافة و فترات الإنضاج ومحتوى الرطوبة و الكثافة الوزنية الجافة العظمى.

تطرق البحث إلى دراسة تأثير هذه المتغيرات على خاصية مقاومة الانضغاط غير المحصور (Unconfined compressive strength) وذلك لاهميته في محددات تصميم خلطات التثبيت.

وأخيرا دراسة تأثير الغسل على التربة المثبتة في درجات حرارة مختلفة من خلال تغاير قيم النفاذية وبعض الفحوصات الكيميائية.

المواد المستعملة وطرائق العمل:

التربة الطبيعية والمعاملة بالجير المطفأ من خلال جهاز فحص النفاذية وذلك بوضع النماذج في أماكن تتوفر محسباً حركي عند 25 و 40 درجة مئوية. فحصت النماذج داخل خلية فحص النفاذية مع ، حيث يتم امرار الماء في أثناء عملية الغسل من الأسفل إلى الأعلى وتحت انحدار هيدروليكي يبلغ (8.33) .

النتائج والمناقشة

خصائص الرص: الكثافة الوزنية الجافة العظمى للتربة الطبيعية والمحتوى الرطوبي الامثل كانت بمقدار (16.85 kN/m^3 و 18%) على التوالي الشكل(2). حصل انخفاض في الكثافة الوزنية الجافة العظمى وزيادة في محتوى الرطوبة الامثل عند معاملتها بالنورة. يعود هذا الانخفاض في الكثافة الوزنية الجافة العظمى مع إضافة الجير المطفأ (النورة) إلى التليد والتزغيب الذي يصاحب التفاعلات الآتية التي تحدث حال مزج النورة مع التربة.

اختيار النسبة المثلى في التثبيت : اعتمدت طريقتين وهي طريقة الأس الهيدروجيني، طريقة الينوز وطريقة تخمينية في اختيار النسبة المثلى^[1]. سجلت طريقة الأس الهيدروجيني نسبة مثلى 4% نورة بالاستناد إلى قيمة pH ما يساوي (12.54) حيث كانت الزيادة بعد هذه النسبة قليلة جدول (3) أما الطريقة الثانية هي طريقة الينوز^[2]، تمت بإيجاد القيمة العظمى للمقاومة الانضغاطية للنماذج التي تم إنضاجها لمدة يومين بدرجة حرارة إنضاج 49°C والتي تبين أنها بمقدار 4% نورة الشكل (3).

بالاستناد لما ذكر اعلاه اختيرت 4% نورة كنسبة مثلى للتثبيت (Optimum Lime Stabilization) OLS. اختيرت نسبيتي نورة إضافية $2\% \pm \text{OLS}$

وذلك بتسليط ضغط عمودي باستعمال جهاز فحص الانضغاط غير المحصور بسرعة تحميل ثابتة مقدارها (1.27 mm/min).

فحص النفاذية: تم اعتماد طريقة الشحنة المتغيرة (Variable Head Method) حيث استخدم ورق ترشيح أسفل وأعلى النموذج بالإضافة إلى قطعتين بلاستيك دائرية مثقبة بقطر (8.3 cm وسمك 4 mm) تشغل حيز أسفل وأعلى غطاء جهاز النفاذية، للسيطرة على أبعاد النموذج من احتمال حصول انتفاخ وضمان توزيع الماء بشكل متساوٍ. تُحكم السيطرة على منافذ تسرب الماء بوضع مادة سليكونية حول محيط التربة الملامس للاسطوانة وذلك لغرض التأكد من عدم تسرب الماء بين النموذج والاسطوانة بالإضافة إلى استخدام طوق مطاطي (واشر) يوضع في أسفل وأعلى أغطية الجهاز .

تترك النماذج في جو المختبر فترة قصيرة قبل الفحص بعدها يُعرض النموذج إلى مفرغ الهواء (Vacuum) مدة ربع ساعة وذلك لغرض اخراج الهواء المحتجز داخل المسامات و التعجيل بتشبع النموذج (Saturation)^[5] كما هو موضح بالشكل (4). طريقة العمل هذه تعمل على تشبع النموذج بحد أدنى من الهواء المحصور، وعندما يصل الماء إلى المنفذ العلوي المرتبط بأعلى القالب يمكن اعتبار العينة مشبعة ذلك ضمن فترة انغمار محددة. بعد عدة محاولات تم تحديد فترة 2 يوم لجميع النماذج المعاملة لضمان حدوث تشبع في النماذج مع عدم الاخلال بفترة الانضاج.

فحص الغسل: تم تحضير نماذج التربة الطبيعية والمعاملة بنسبة 4% نورة مسبوكة بطريقة الرص الساكن عند MDD و OMC. استغرقت فترة إنضاج النماذج المعاملة 7 أيام لدرجتي حرارة إنضاج 25 و 40 درجة مئوية. تم اجراء فحص الغسل على

حصلت زيادة في النفاذية عند إضافة النورة بغض النظر عن كميتها مقارنة بنفاذية التربة الطبيعية ولجميع درجات الحرارة وفترات الإنضاج لكنها أظهرت تأثيراً متبايناً باختلاف درجات حرارة وفترات الإنضاج. حيث حصلت الزيادة الأعلى في النفاذية للنماذج المعرضة لحرارة إنضاج 49°C عند فترة يومي إنضاج، بينما كانت الزيادة الأعلى لحرارة إنضاج 25°C لفترة إنضاج (7) أيام للتربة المعاملة بنسبة (2و4)% نورة و28 يوم للتربة المعاملة 6% نورة. من جانب آخر لم تتأثر قيم النفاذية للنماذج المعرضة إلى درجة حرارة إنضاج منخفضة (10°C)، وتبين ان قيمها لم يطرأ عليها تغير طوال فترات الإنضاج كما مبين في الشكل(6).

لدراسة تأثير نسبة النورة فان الشكل(7) يبين ان أعلى زيادة حصلت في النفاذية عند النماذج (المهياة عند OMC) المعاملة بنسبة 2% نورة التي تمثل نسبة تحسين للتربة (Modification)، سببه البناء الهيكلي الملبد الناتج من إضافة الجير المطفأ وهو ما أدى إلى تشكيل قنوات لمرور الماء ومن ثم زيادة في النفاذية. كما تُظهر الأشكال تقارباً في قيم معامل النفاذية للنماذج المعاملة بنسبة 2% نورة لدرجة حرارة الإنضاج 25°C فأكثر ولجميع فترات الإنضاج. يفسر ذلك إن كمية النورة المضافة لم تكن كافية للتفاعل البوزولاني ولهذا فان التأثير انحسر بالتفاعلات الآتية التي تحدث عند إضافة النورة بالرغم من زيادة درجة حرارة وفترة الإنضاج. تشير النتائج أيضاً إلى إن زيادة نسبة النورة المضافة عن 2% أدى إلى انخفاض النفاذية. ربما يعود السبب إلى ان جزءاً من النورة المضافة للتربة هاجم أسطح المعادن الطينية وتفاعل معها والقسم الباقي تصرف كمواد مالئة للفراغات.

لدراسة تأثير الجير المطفأ في حال أضفنا نسبة اقل من نسبة التثبيت أو أعلى على كلٍ من مقاومة الانضغاط غير المحصور ونفاذية التربة.

تأثير درجة حرارة الإنضاج على مقاومة الانضغاط غير المحصور:

تشير النتائج في الشكل (4) إلى زيادة مقاومة الانضغاط غير المحصور مع درجات الحرارة وفترات الإنضاج المختلفة بغض النظر عن نسبة النورة المضافة. يتبين من ذلك ان رفع درجة الحرارة في أثناء الإنضاج اثر على التفاعلات الآتية وعجل من التفاعلات البوزولانية مما اكسب النماذج زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور. كانت الزيادة أكثر وضوحاً في النماذج المعاملة بنسب (4 و6)% نورة عن تلك المعاملة بنسبة 2% نورة. إن إمكانية حدوث التفاعلات البوزولانية يعتمد على توفر الظروف الملائمة لحصول واستمرار التفاعل (بين النورة والتربة) ومن ضمنها كمية النورة المضافة^[2]. تتفق هذه النتيجة مع نتائج George(1992)^[6].

الشكل (5) يشير الى اختلاف معدل الزيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور حيث إن أعلى نسبة زيادة في المقاومة حصلت في فترة (7) أيام إنضاج ولكافة نسب النورة المضافة. حيث كان مقدار الزيادة على سبيل المثال عند حرارة الإنضاج (40°C) مقارنة بحرارة إنضاج (25°C) حوالي (147,170,150) % لنسب (2,4,6)% على التوالي لفترة إنضاج امتدت إلى (7) أيام. وأن نسبة التغير في قيم مقاومة الانضغاط عند درجات حرارة الإنضاج المنخفضة اقل من تلك المهيئة في درجات حرارة أعلى من 25°C . تقارب القيم من بعضها البعض يؤكد إن التفاعلات كانت بطيئة جداً عند تلك الحرارة. تأثير درجة حرارة الإنضاج على نفاذية التربة المعاملة للجير المطفأ:

MDD وأخرى عند (95% MDD) بمحتوى رطوبة شمل كلا من المثالي والرطب والجاف على التوالي. النماذج عوملت بنسبة 4% نورة واختيرت درجة حرارة إنضاج 40°C كنموذج حيث أنضجت لفترات (2,7,28,56,90) يوم. وضعت النماذج في أثناء فترة الإنضاج في أوعية محكمة الإغلاق تحوي على منسوب محدود من الماء وذلك في محاولة لتوفير وسط ذي رطوبة نسبية عالية (تقريباً 100%) توضع فيها النماذج على علو بحيث لا تلامس الماء. ولقد تم وزن النماذج قبل وبعد الإنضاج، حيث لم يتغير وزن النماذج في فترات الإنضاج القصيرة لكن حصلت زيادة بسيطة في الوزن في فترة الإنضاج الطويلة (56 و 90) يوم لنماذج الجانب الجاف فقط. بينت النتائج الشكل (9) ان الاختلاف في قيم معامل النفاذية مقارنة بالطريقة السابقة ظهر في قيم النماذج المهيئة في الجانب الجاف وفي الفترة التي تلت (28) يوماً إنضاج حيث حصل انخفاض في قيم معامل النفاذية لفترتي إنضاج (56 و 90) يوماً. بالمحصلة هذه النتائج تؤكد التحليل الذي اشرنا إليه سابقاً، وذلك بالنسبة للتشققات التي قد تكون نشأت أثناء فترة الإنضاج الطويلة نتيجة لاستنفاد الرطوبة في أثناء التفاعلات حيث أحدث توفر الرطوبة بشكل كاف إلى توضيح تأثير الرطوبة وفصلها عن تأثير بنية التربة التي تتشكل في أثناء الرص على التفاعلات ومدى استمرارية ذلك في مزيج الجير المطفأ والتربة. إن توفر الرطوبة أعطى فرصة لذوبان وتجانس النورة في التربة بشكل أفضل مما ساعد على رفع درجة قاعدية الوسط ما أدى بالتالي إلى تحلل كل من السيلكا والالومينا من المعادن الطينية الموجودة في التربة. تقود هذه التفاعلات (البوزولانية) إلى تكوين المادة الجلاتينية التي تعمل على غلق بعض القنوات التي نشأت في أثناء التليد والرص [1]، [2] وهو ما أدى إلى انخفاض النفاذية.

ضمن بنية التربة مما سبب انخفاضاً في النفاذية. من ناحية أخرى أظهرت نتائج النفاذية للنماذج المعاملة بنسبة 6% نورة تأثيراً بسيطاً في قيمها عن تلك المعاملة بنسبة 4% نورة وذلك لجميع فترات الإنضاج وهذا يعني إن النسبة الإضافية التي تمثل النماذج المعاملة بالجير المطفأ بنسبة أعلى من OLS لم تحدث تغيير يذكر في قيم معامل النفاذية. فيما يتعلق بتأثير درجة الحرارة على نماذج مسبوكه برطوبة وكثافة وزنيه جافة مختلفة، إن النفاذية تتأثر بهذه العوامل حيث اتخذ منحنى التربة المعاملة سلوكاً مشابهاً لمنحنى نفاذية التربة الطبيعية (عدا كون النفاذية الأقل للتربة الطبيعية عند النماذج المهيأة بمحتوى رطوبة امثل) الشكل (8). إن النفاذية الأقل كانت عند النماذج المعاملة والمسبوكه برطوبة تمثل الجانب الرطب، تليها تلك المسبوكه بمحتوى رطوبة مثالي والأعلى لنماذج الجانب الجاف. يعود هذا التصرف إلى نفس الأسباب التي تم ذكرها في الفقرة السابقة. سجلت النماذج التي تمثل الجانب الرطب خلال فترات الإنضاج أعلى زيادة في قيم النفاذية عند درجة الحرارة 25°C باستثناء فترة يومي إنضاج حيث كانت عند 49°C . أما في فترات الإنضاج التي تجاوزت يومين فإن النفاذية تناقصت لتصبح قريبة أو أقل من نفاذية التربة غير المعاملة. أما النماذج المهيأة في الجانب الجاف فإنها أظهرت زيادة في النفاذية. لوحظ ذلك خلال فترة الإنضاج الطويلة ودرجات الإنضاج، فسر ذلك بتكون تشققات في أوجه النماذج ربما نتيجة لاستهلاك الرطوبة أثناء التفاعلات بين النورة والتربة علماً انه تم وزن النماذج قبل وبعد فترة الإنضاج للتأكد من عدم حصول أي فقدان في الرطوبة في أثناء الإنضاج لغرض دراسة تأثير الرطوبة وفصلها عن تأثير بنية التربة على النفاذية التي كانت متداخلة عند إتباع طريقة الإنضاج السابقة. تمت تهيئة نماذج بكثافة

تأثير الغسل على التربة الطبيعية والمعاملة

أظهرت النتائج في الشكل (10a) انخفاضاً تدريجياً في النفاذية مع استمرار الغسل بالنسبة للتربة المثبتة بالنورة وهذا يتفق مع ما توصل إليه آخرون [7]، [8]. وجد أن معدل انخفاض النفاذية للنموذج المعرض إلى 25°C ثابت تقريباً، حيث انخفضت النفاذية من (8×10^{-7}) إلى (2×10^{-7}) cm/sec بعد فترة غسل مقدارها 6 أيام ليستمر في الانخفاض ويستقر في اليوم الثامن عشر من فترة الغسل. بينما معدل انخفاض النفاذية كان أسرع بالنسبة للنموذج المعرض إلى درجة حرارة 40°C حيث انخفضت النفاذية من (4×10^{-7}) إلى (1×10^{-8}) cm/sec خلال فترة الغسل ذاتها (6) أيام لتستقر في اليوم العاشر من فترة الغسل بنفاذية مقاربة للنموذج المعامل والذي تم إنضاجه بدرجة (25°C) . فيما يتعلق بتأثير الغسل على نفاذية نموذج التربة الطبيعية تشير النتائج إلى حصول انخفاض بسيط خلال فترة غسل مقدارها 16 يوماً حيث تستقر بعدها وترافق ذلك مع تغير في قيم (pH) وتركيز الكالسيوم في الماء المرشح (الغسل). في بداية الغسل سجل النموذج المعامل والمعرض إلى 25°C pH مقدارها (12.38) وهو مقارب لمقدار pH الملائم في التثبيت، وهذا يعني انه حدث استهلاك بسيط للنورة خلال فترة (7) أيام إنضاج. ثم تناقص pH مع استمرار الغسل، ليثبت في اليوم العاشر من فترة الغسل الشكل (10b). بينت نتائج النموذج المعرض لدرجة حرارة (25°C) زيادة تركيز الكالسيوم المغسول في بداية الغسل عن النموذج المعرض إلى 40°C وهذا يعود إلى تأثير رفع درجة الحرارة في أثناء الإنضاج على تعجيل التفاعلات واستنفاد كمية أكبر من الكالسيوم خلال فترة اقصر [9]. كما وجد أن المقدار التراكمي للكالسيوم المغسول تركيز الكالسيوم المغسول في بداية الغسل عن النموذج المعرض إلى 40°C والزيادة الأقل حصلت

خلال فترة الغسل ما يعادل 1% جبر المطفأ ، وذلك للنموذج المعرض في أثناء الغسل إلى 25°C ، بينما كان مقداره 0.2% للنموذج المعرض إلى 40°C في أثناء الغسل. الفرق في مقدار النورة المغسولة بين النموذجين يعود إلى التعليل الذي اشرنا اليه في الفقرة السابقة.. كما وجد أن المقدار التراكمي للكالسيوم المغسول خلال فترة الغسل ما يعادل 1% جبر مطفأ ، وذلك للنموذج المعرض في أثناء الغسل إلى 25°C ، بينما كان مقداره 0.2% للنموذج المعرض إلى 40°C في أثناء الغسل. الفرق في مقدار النورة المغسولة بين النموذجين يعود إلى التعليل الذي اشرنا اليه في الفقرة السابقة.

الاستنتاجات

- سجلت زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة المعاملة بالجبر المطفأ مع زيادة درجة الحرارة وفترة الإنضاج. وقد كان تأثير فترة الإنضاج جلياً على زيادة مقاومة الانضغاط غير المحصور عند النسب الأكبر للجبر المطفأ المضاف.
- وجدت علاقة طردية بين حرارة الإنضاج والنفاذية بغض النظر عن نسبة الإضافة وذلك مقارنة بالتربة الطبيعية. كما إن تزايد فترة الإنضاج تسبب في انخفاض الزيادة التي حصلت في النفاذية عند إضافة النورة للنماذج المعاملة بنسبة نورة اعلى من نسبة النورة المثلى.
- حصلت زيادة في نفاذية التربة الطينية المعاملة بالجبر المطفأ عن نفاذية التربة الطبيعية بغض النظر عن نسبة النورة المضافة حيث كانت بين (1.5-17) مرة. الزيادة الأعلى في النفاذية وجدت عند النورة 7% للمعاملة بنسبة 2% نورة، في النفاذية عند النسبة 6% نورة وذلك لنماذج مسبوكة عند الرطوبة المثلى.

- Hydraulic Conductivity of Chemically Treated Expansive Clay", Published on the NCR, Canada Geotechnical Journal, No.38,pp 154-
- 5- Burmister, D.M. (1954), " Principles of permeability Testing of Soils ", Symposium on Permeability of Soils, ASTM Special Technical Publication No. 163, pp 3-19.
- 6- George, S.Z, Ponniah, D.A. & Little, J.A. (1992), "Effect of Temperature on Lime-Soil Stabilization ", Construction & Building Material , Vol. 6, No. 4 , pp. 247 – 252 .
- 7- Khattab, S.A.A. (2002), "Eude Multi-echelles d'un Sol Plastique Traite' a'la Chaux", These Docteur De L' Universitie d' Orleans, France.
- 8- McCallister, L.D. & Petry, T.M. (1992), “ Leach Tests on Lime-Treated Clays ,” ASTM Geotechnical Testing Journal, Vol. 15 , No. 2 ,pp 106- 114 .
- 9- Rojas, M.F. & Cabrera, J. (2002) , " The Effect of Temperature on The Hydration Rate and Stability of The Hydration Phases of Met-kaolin-Lime-water system", Cement and Concrete Research 32, pp 133-138
- تبين إن النفاذية الأعلى كانت للنماذج المسبوكة في الجانب الجاف من منحنى الرص سواء للتربة المعاملة والطبيعية بينما سجلت اقل نفاذية في النماذج المسبوكة عند الجانب الرطب من منحنى الرص للتربة المعاملة.
- أحدث الغسل انخفاضاً في النفاذية حيث أصبحت نفاذية التربة المعاملة مع استمرار الغسل اقل من الطبيعية بغض النظر عن درجات الحرارة التي تعرضت لها في أثناء الغسل. كما لوحظت زيادة في معدل انخفاض النفاذية ومقدار pH في أثناء الغسل للنماذج المثبتة بالجير المطفاً عند تعرضها إلى حرارة 40°C.
- ### REFERENCES
- 1- Ingles, O.G. & Metcalf I.G. (1972), "Soil Stabilization Principle and Practice", Butterworth's Pty Limited , Australia .
- 2- Little, D.N. (1995), "Handbook for Stabilization of Pavement Sub-grades & Base Courses With Lime", Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA, by National Lime Association .
- 3- EL-Rawi , N.M. & Awad , A.A.A, (1981) “ Permeability of Lime Stabilized Soils .” Journal of Transportation Engineering (ASCE) Vol. 12 ,pp 19- 39.
- 4- Nalbontoglue, Z. & Tuncer, E.R (2001), " Compressibility and الجدول(1-4): الخصائص الهندسية والدليلية للتربة الطبيعية قيد الدرس.

القيمة (value)	الخاصية (property)	
50	حد السيولة (L.L.% (Liquid Limit)	حدود اتربرك (Atterberg limit)
27	حد اللدونة (P.L.% (Plastic Limit)	
23	دليل اللدونة (P.I.% (Plasticity Index)	
0.57	Normal	الفعالية (P.I/C=(Activity)
1.02		نسبة الأملاح الذائبة الكلية (%)
1.5		نسبة الجبس (% Gypsum Content)
2.3		محتوى المواد العضوية (%)
2.7		الوزن النوعي (G _s (Specific Gravity)
10	الرمل (Sand) %	التحليل المنخلي (Grain Size Analysis)
50	الغرين (Silt) %	
40	الطين (Clay) %	
16.85	الكثافة الجافة العظمى (kN/m ³)	الرص القياسي Standard Compaction
18	محتوى الرطوبة الامثل (%)	
CL-CH	نظام التصنيف الموحد	تصنيف التربة Soil Classification
A-7-6 G.I.=24	نظام الجمعية الأمريكية للطرق AASHTO	
متوسط	بطريقة Snethen 1980 ^[57]	تصنيف التربة حسب قابلية الانتفاخ (Swelling Potential)
قليلة النفاذية	بطريقة ترزاكي وبيك (1969) ^[62]	تصنيف التربة من ناحية النفاذية Hydraulic Conductivity

الجدول: (2) التركيب الكيميائي للنورة المستخدمة للتثبيت

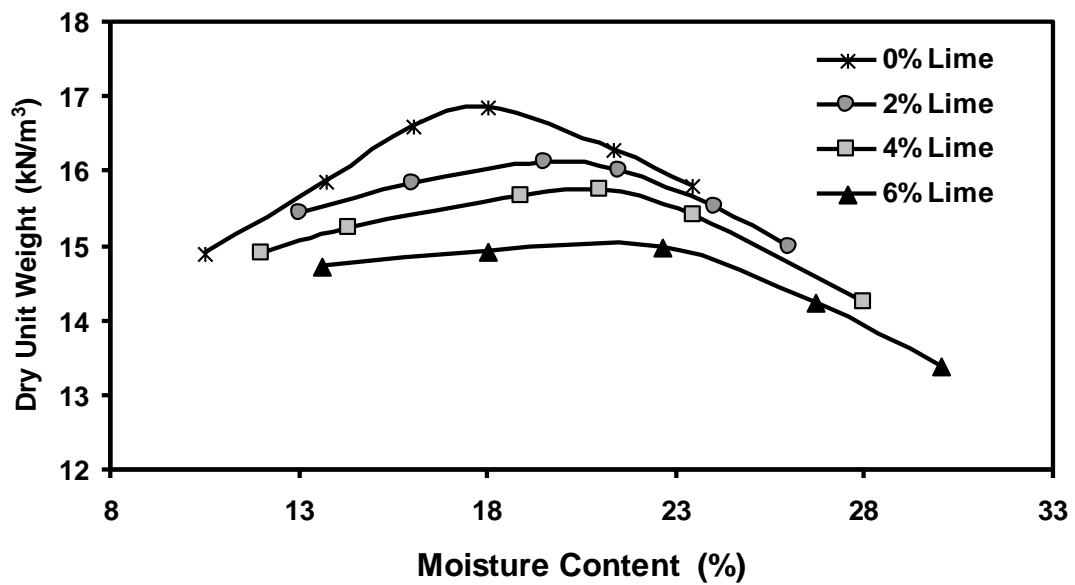
H ₂ O	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	AL ₂ O ₃	CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	المكونات
0.09	4.19	11.10	0.04	0.17	6.1	6.1	71.3	النسبة

الجدول(3) : نتائج طريقة الأس الهيدروجيني

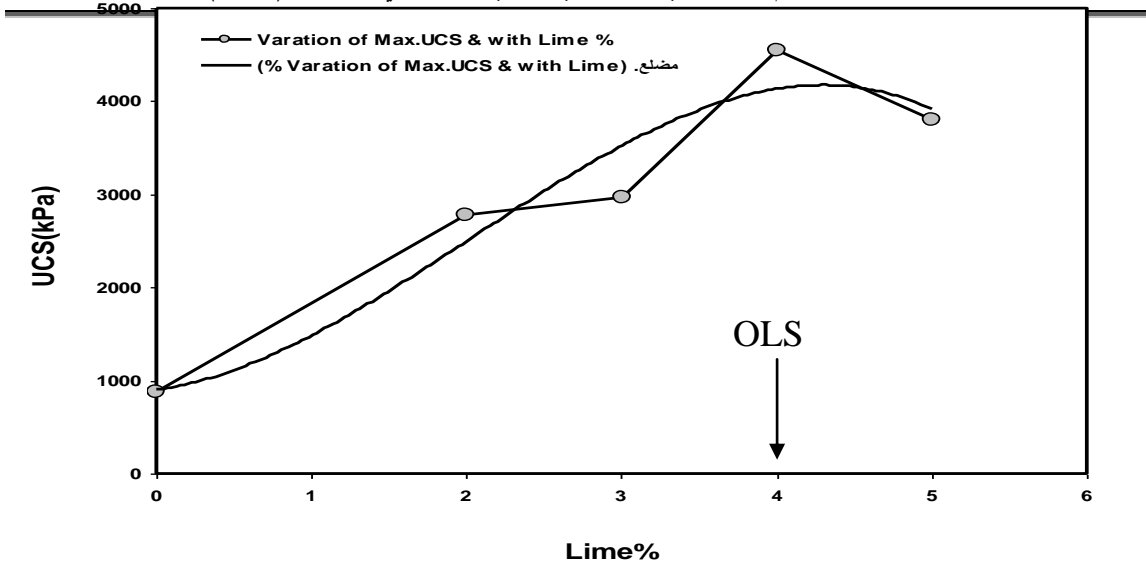
6	5	4	3	2	نورة %
12.56	12.56	12.54	12.38	12.16	pH

9

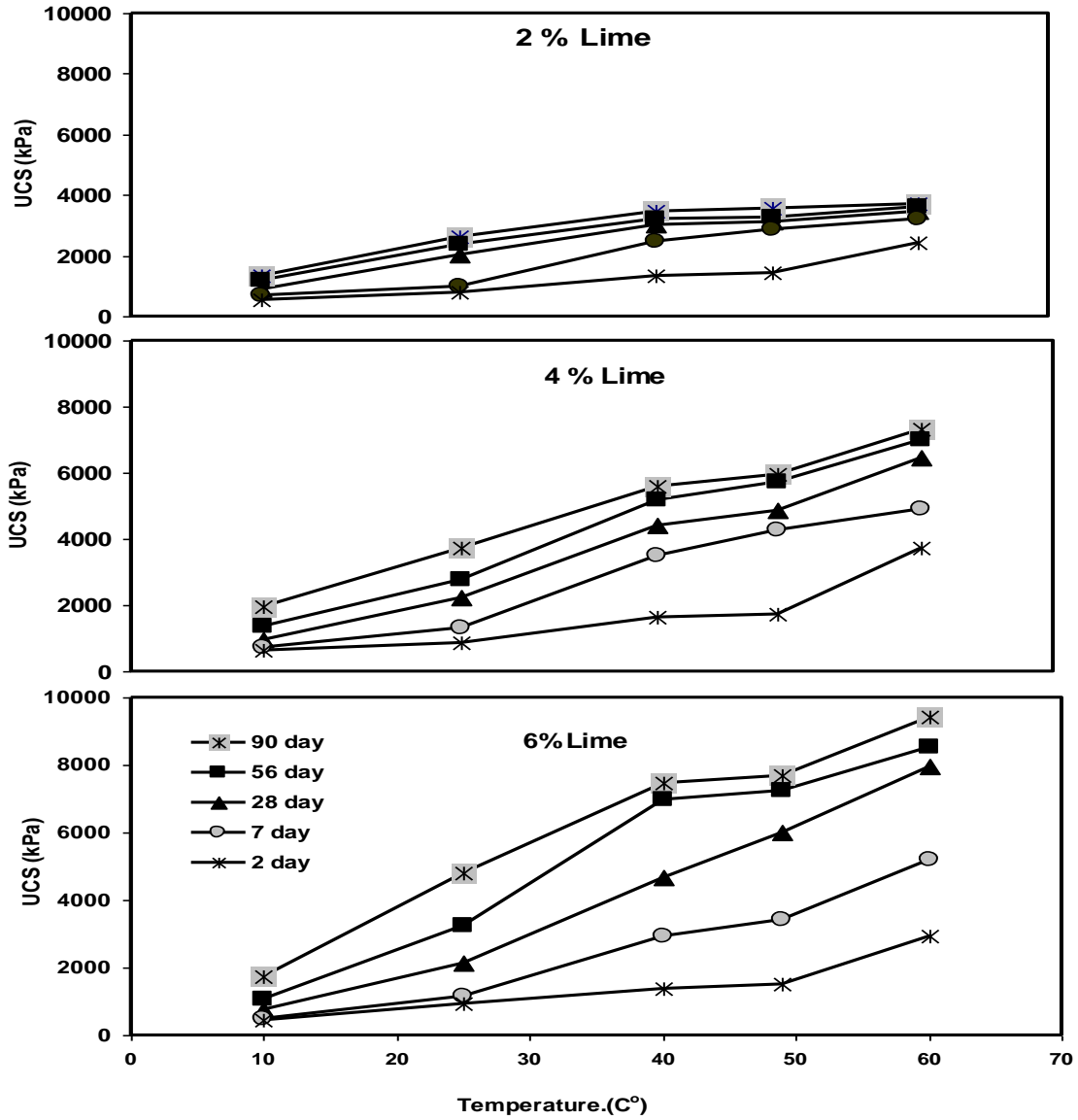




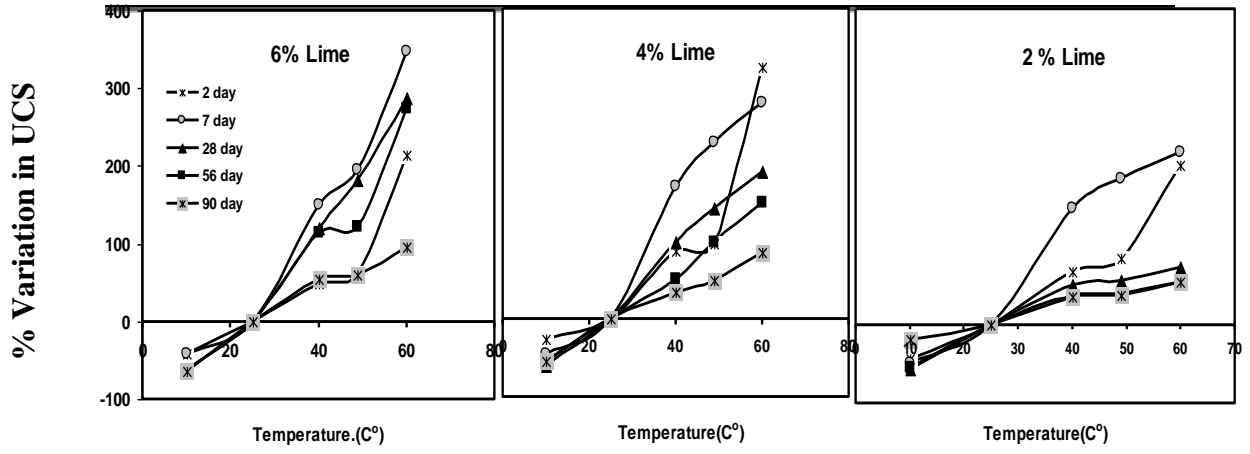
الشكل (2) : منحني الرص القياسي للتربة الطبيعية والمعاملة بنسب مختلفة من النورة .



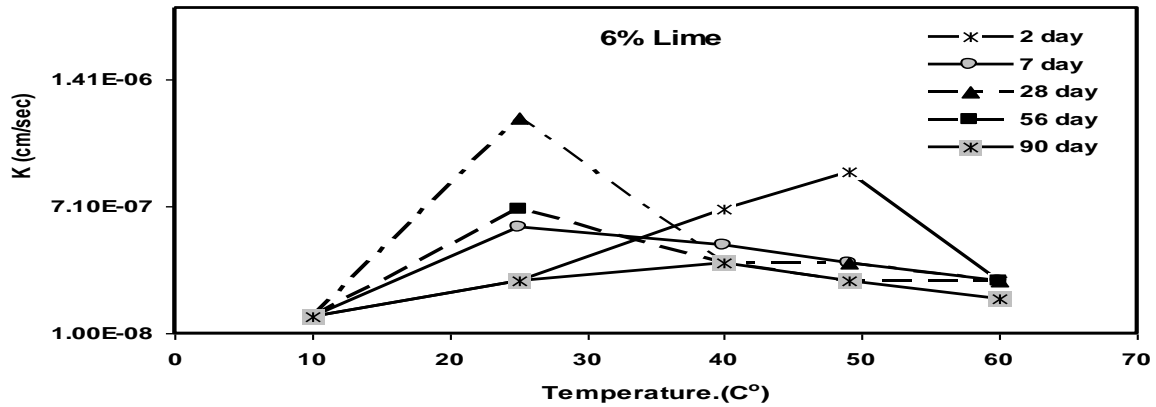
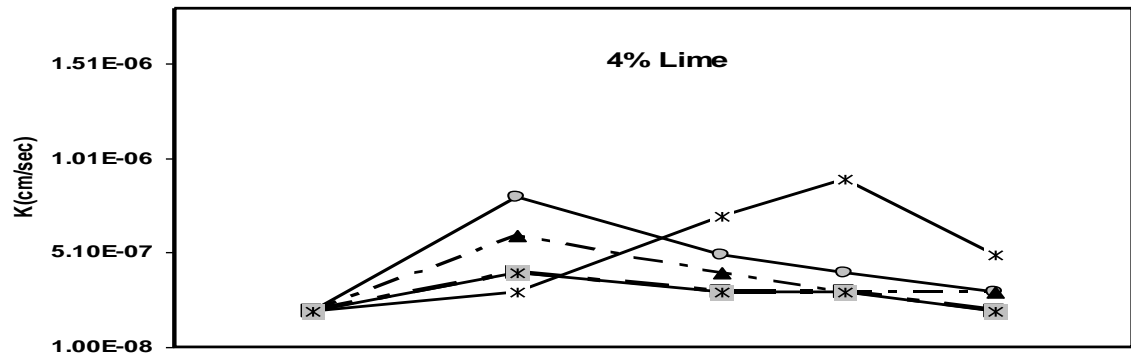
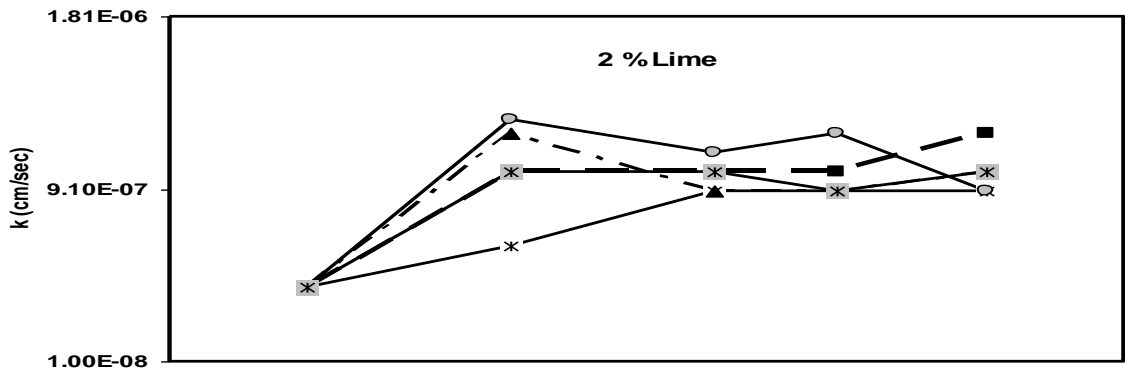
الشكل (3) : العلاقة بين مقاومة الانضغاط غير المحصور ونسبة النورة. المضافة .



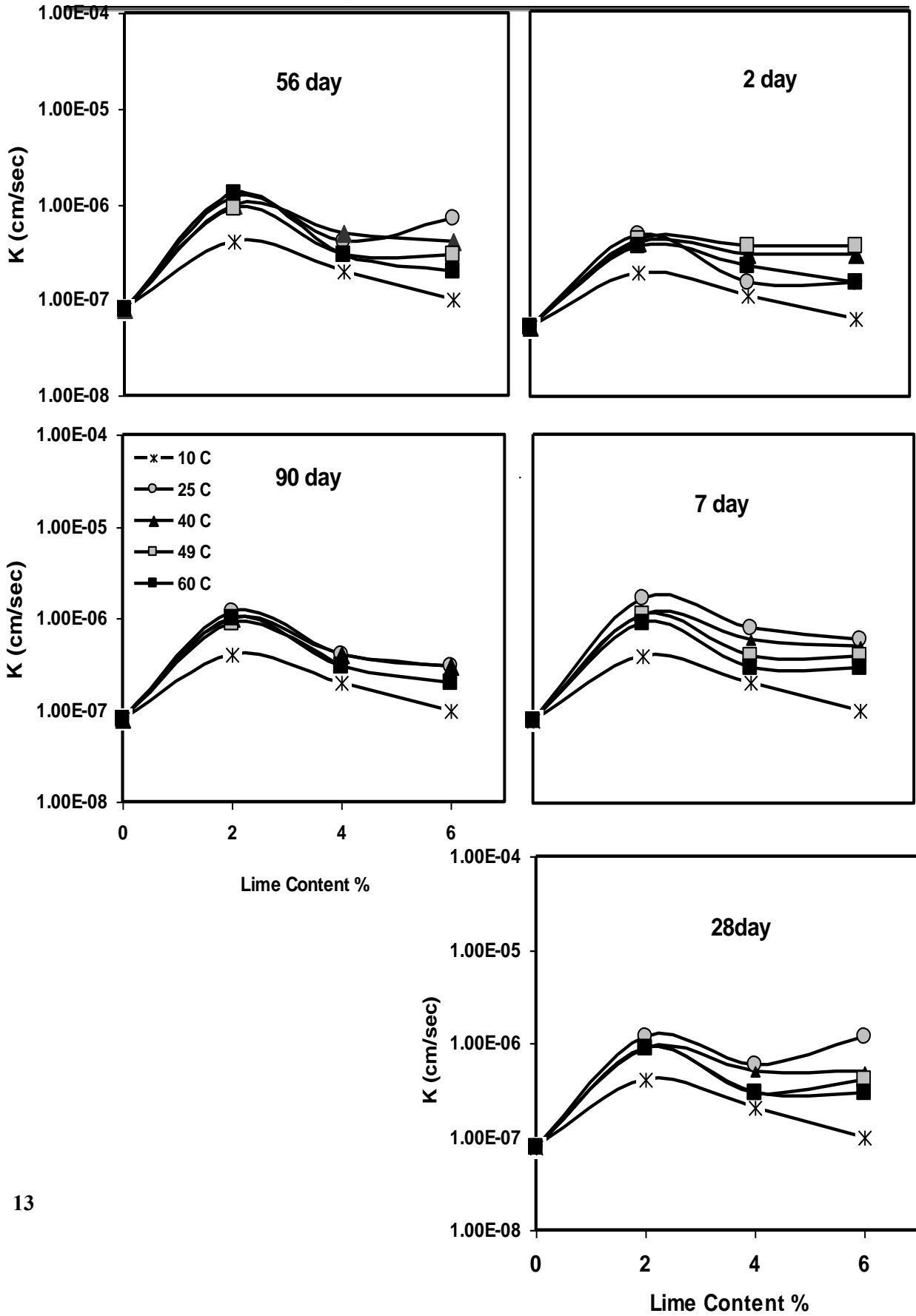
الشكل (4) : تأثير درجة حرارة الإنضاج على مقاومة الانضغاط غير المحصور لنماذج معاملة بنسب مختلفة من النورة .



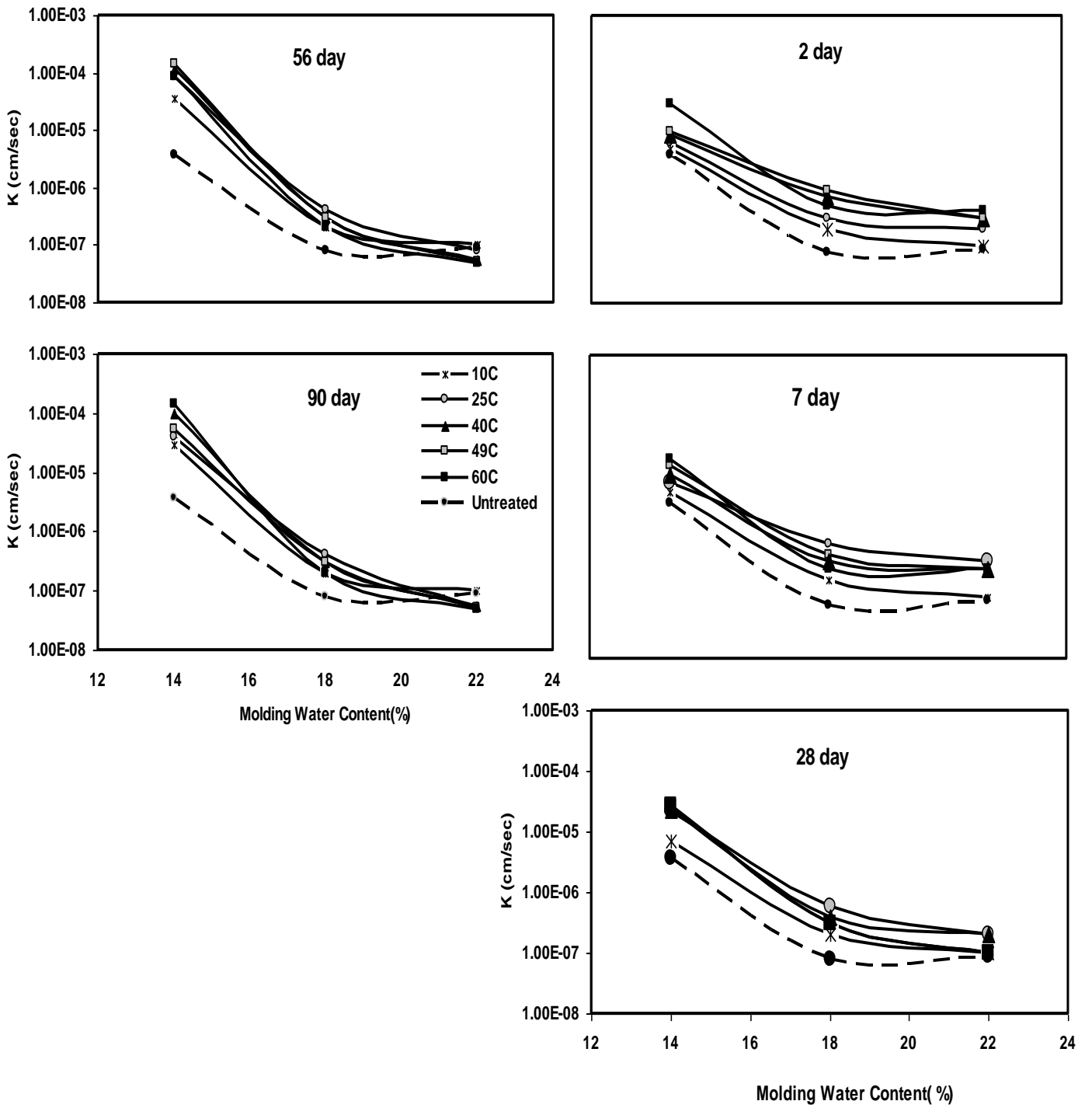
الشكل (5): العلاقة بين نسبة التغير في مقاومة الانضغاط غير المحصور ودرجة حرارة الإنضاج لنسب مختلفة من النورة المضافة.



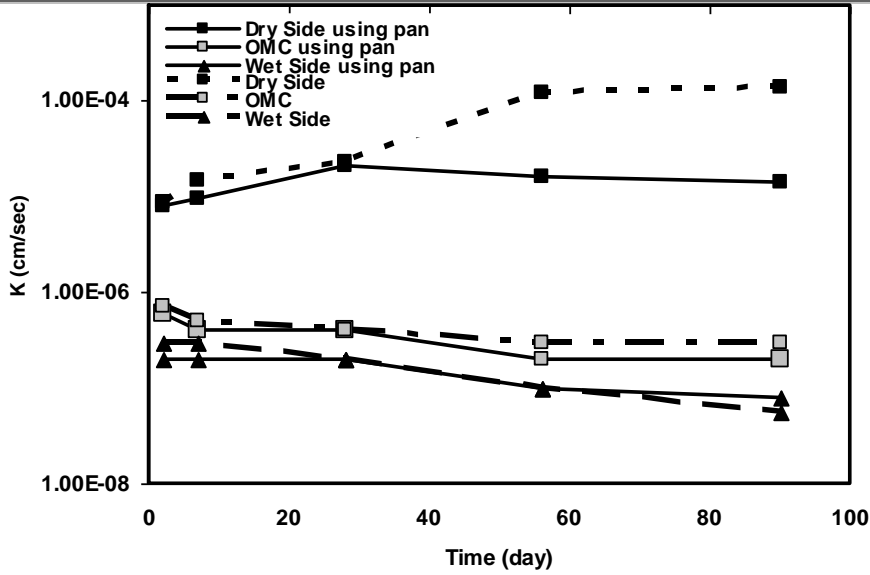
الشكل (6) تأثير درجة الحرارة على معامل النفاذية عند فترات إنضاج ونسب نورة مختلفة. الشكل (6) تأثير درجة الحرارة على معامل النفاذية عند فترات إنضاج ونسب نورة مختلفة.



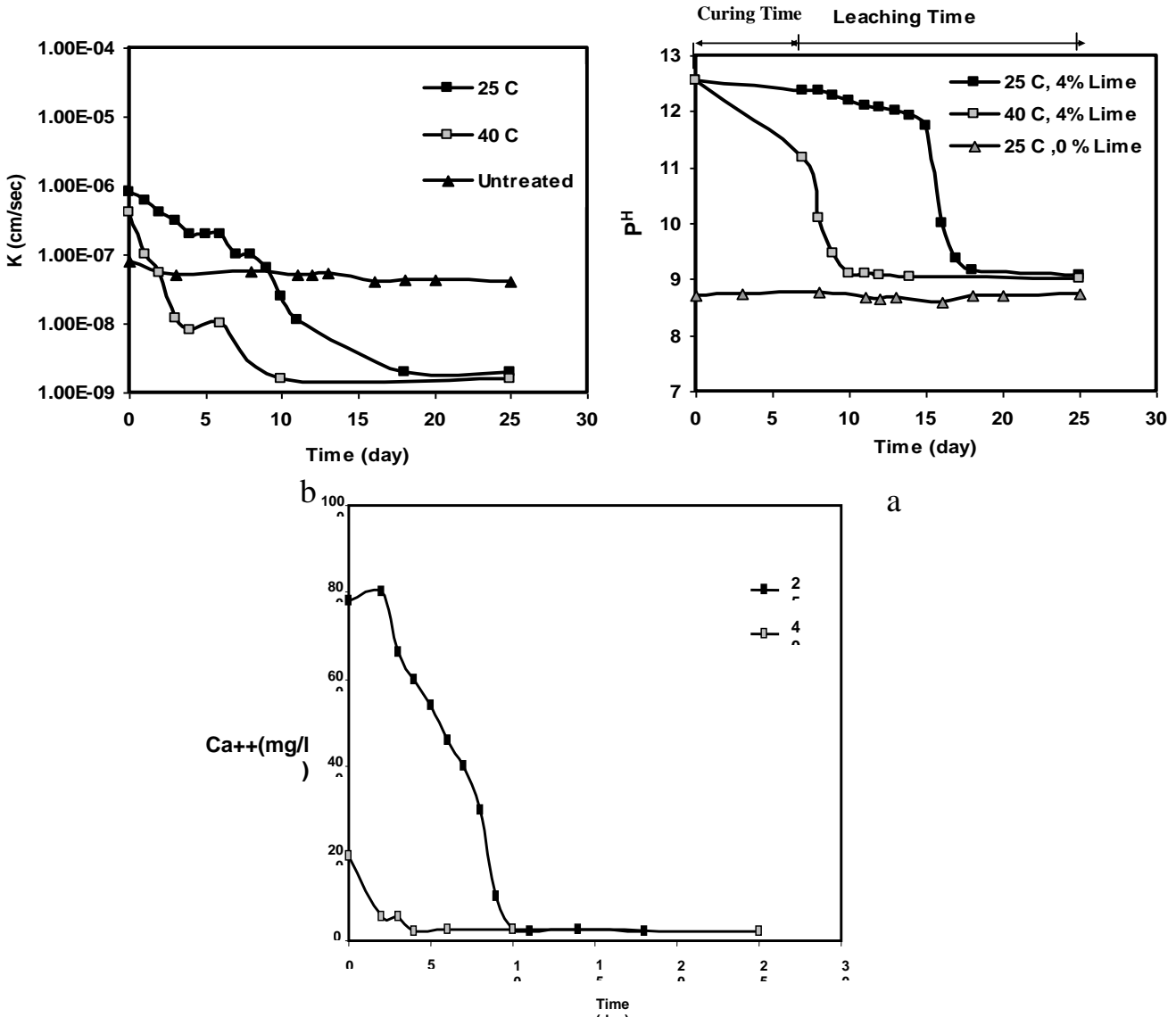
الشكل (7) : العلاقة بين معامل النفاذية ونسبة النورة المضافة في ظروف إنضاج مختلفة لنماذج مهياة عند المحتوى الرطوبي الامثل.



(8) - تأثير المحتوى الرطوبي على معامل النفاذية لظروف إنضاج مختلفة (درجة الحرارة، وقت) بنسبة 4% نورة



الشكل (9) تأثير الوقت على معامل النفاذية لنماذج محدولة بنسبة 4% نورة ومحتوى رطوبة مختلفة ومعرضة لدرجة حرارة إنضاج 40° .



الشكل (10) : تأثير الغسل على نفاذية وتركيز الكالسيوم ومقدار الأس الهيدروجيني التربة الطبيعية والمعاملة بنسبة 4% نورة .

CURING CONDITIONS INFLUENCE ON SOME ENGINEERING PROPERTIES OF LIME-TREATED EXPANSIVE CLAYEY SOIL FROM MOSUL AREA

Dr. Suhail Adrees A. KHATTAB

**Assistant Professor
College of Engineering
University of Mosul**

Asmaa Ahmad A. ALDAOOD

**Assistant Lecturer
Technical Institute of Mosul**

ABSTRACT

This aim of the present work is to study the effect of varying curing conditions namely temperature that was studied within rang from 10^o to 60^odegrees Celsius. Curing period between two to ninety days was also studied for the unconfined compressive strength (UCS) & hydraulic conductivity of lime treated clayey soil selected for Mosul city. The soil was treated with (2,4 and 6)% hydrated lime. Test Results showed that the UCS was increased with curing temperature increase especially at lower curing period. On the other hand, hydraulic conductivity of treated soil has increased with temperature compared with that of untreated soil but not with constant trend. Finally, leaching of treated soil has led to a decline in hydraulic conductivity with time, while the rate of decreasing was found to be more with samples exposed to higher temperature effect.

KEYWORDS : clayey soil, lime, curing condition ,Hydraulic conductivity