تحسين خصائص التربة الطينية الانتفاخية باستخدام مخلفات النورة

ابراهيم محمود احمد الكيكي
مدرس مساعد
قسم هندسة الموارد المائية-جامعة الموصل

الخلاصة

يهدف هذا البحث دراسة الاستفادة من المخلفات الصناعية (مخلفات صلبة / نورة) في تثبيت وتحسين الخصائص الهندسية للتربةالطينية الانتفاخية.تعتبر التربة التي تم دراستها والمأخوذة من منطقة حي النهروان في مدينة الموصل بأنها غير صالحة للاستعمال كطبقة أساس أو تحت الأساس في المنشآت والطرق والمطارات بسبب ضعف قوة تحملها ولدونتها العالية حيث صنفت (CH) حسب نظام التصنيف الموحد وكانت نسبة المواد الناعمة فيها (91%).

تمت معاملة هذه التربة بأربع نسب من مخلفات النورة الصناعية (2% , 4% , 6% , 8%) وزناً من التربة والتي تم أخذها من معمل السكر والخميرة في مدينة الموصل. أظهرت الدراسة ان المخلفات الصناعية ومع زيادة تركيزها في التربة تقلل من دليل اللدونة (P I) بشكل كبير بحيث أصبحت التربة غير لدنة (N.P) عند النسبة الأخيرة. كما لوحظ بان المخلفات الصناعية بتراكيزها المختلفة تعمل على تقليل سعة التبادل الأيوني ونسبة وضغط الانتفاخ في التربة بحيث أصبحت التربة غير انتفاخية عند النسبة(6%) في حين لوحظ بان هذه المخلفات تعمل على رفع قاعدية التربة إلى الدرجة المطلوبة للتثبيت.

أظهرت نتائج فحص الرص إن معاملة التربة بالمخلفات الصناعية تؤدي إلى زيادة في المحتوى الرطوبي الأمثل وانخفاض في قيمة الكثافة الجافة العظمى للتربة، كما أدت هذه المخلفات الى زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة إضافة إلى زيادة معاملات قص التربة الفعالة.

بصورة عامة يمكن اعتبار المخلفات الصناعية (مخلفات النورة) ذات تأثيرات إيجابية على الخواص الهندسية للتربة الناعمة وبالإمكان استخدام تلك المخلفات في

الأعمال الترابية للطرق وبشكل خاص الطرق الرخيصة التكاليف والطرق المؤقتة مع إمكانية استخدامها في الاملائيات الترابية للمباني .

المقدمة

تعد مشكلة انتفاخ التربة الطينية من المشاكل الهندسية المنتشرة في العالم وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، وذلك لما تحدثه من أضرار إنشائية للمنشات المقامة عليها حيث إن من أهم صفات هذه التربة هو التغير ألحجمي لها عند تغير محتواها الرطوبي (AL-Ashou (1993) [1]). ومن جهة أخرى أخذت مخلفات المعامل الصناعية تشكل في الوقت الحاضر أحدى المشكلات التي تواجه العالم فهي المصدر الرئيسي لتلوث البيئة، ففي مدينة الموصل وفي مناطق أخرى من العراق توجد العديد من المعامل والتي تقوم اغلبها بطرح مخلفات صناعية في التربة وهذه المخلفات سواء كانت على شكل مياه أو مواد صلبة تحوي على مواد كيمياوية على شكل حوامض أو قواعد وأملاح مختلفة وان تعرض التربة لمثل هذه المركبات تؤثر على خواصها الهندسية سواءً كان ذلك سلباً أم إيجابا30

ً

(الكيكي (2002) [2]).

وعليه قام العديد من الباحثين بدراسة خواص هذه التربة وكيفية معالجتها بالطرق المتاحة ومنها إمكانية استخدام المخلفات الصناعية في تثبيت وتحسين الخصائص الهندسية للتربة، وخاصة عندما ظهرت الحاجة إلى تثبيت هذه التربة وبأقل كلفة ممكنة.

إن تثبيت التربة بالنورة يعتبر واحد من الطرق المستخدمة في تحسين خواص التربة الطينية (Improvement) أو تثبيتها (Stabilization)، فعندما تضاف النورة إلى التربة وتمزج معها فان خواص التربة سوف تتحسن قبل أن تحدث فيها التفاعلات المعقدة والتي تقود إلى تثبيت التربة،وعليه تم في هذه الدراسة اخذ مخلفات احد المعامل الرئيسية المنتشرة في مدينة الموصل وهو معمل السكر والخميرة في منطقة الغزلاني الذي ينتج عدة أنواع من المخلفات ومنها مخلفات كيميائية صلبة(مخلفات

النورة)، حيث تم أخذها وتحليلها من الناحية الكيماوية لتحديد مركباتها بغية دراسة تأثيرها على التربة وإمكانية استخدامها في تثبيت وتحسين الخصائص الهندسية للتربة. ومن هذا المنطلق تكتسب هذه الدراسة أهميتها العلمية والعملية باعتبار البحث يمثل الخطوة الأولى لحل عدة مشاكل منها مشكلة كيفية التخلص من النفايات الصناعية بأفضل الطرق من دون الأضرار بالبيئة المحيطة والهدف الآخر هو في استخدام هذه المخلفات (كمثبتات كيميائية) في معالجة مشاكل الترب الرخوة وبأقل كلفة ممكنة دون اللجوء إلى البدائل الأخرى.

تم اختيار أحد أنواع الترب المنتشرة في مدينة الموصل وهي تربة طينية لها خصائص انتفاخية متوسطة وغير مطابقة لمواصفات التربة المستخدمة كطبقة أساس أو تحت الأساس بسبب قوتها القليلة وحجمها غير المستقر نتيجة الانتفاخ.

وعليه تم معاملة التربة بالمخلفات الصناعية بنسب مختلفة (2، 4، 6، 8)% بغية تحديد تأثير هذه المخلفات على الخواص الهندسية لهذه التربة اذ تم دراسة تأثير هذه المخلفات على الخواص الدليلية للتربة وكذلك على خواص الرص وقوة مقاومة القص لها، فضلاً عن ذلك تم دراسة تأثير المخلفات الصناعية على بعض الخواص الكيمياوية للتربة كسعة التبادل الأيوني والرقم الهيدروجيني.

الدراسات السابقة

إن البحوث والدراسات التي أجريت لمعرفة تأثير المخلفات الصناعية على الخواص الهندسية للتربة أو أمكانية استخدام هذه المخلفات في تثبيت وتحسين خواص التربة محدودة جدا، إذا لم تكن معدومة في بعض المناطق فهي قليلة جداً وبعض هذه الدراسات يمكن إدراجها كما يلي:

درس (AL-Shalhomi (2000) [3]) تأثير مخلفات صناعية حامض الفسفوريك في منطقة عكاشات (مخلفات صلبة من مادة الفوسفوجبسم ($CaSO_4.2H_2O$)) على الخصائص الهندسية للتربة الطينية والمأخوذة من منطقة الحدباء في الموصل. واستنتج إن هذه المخلفات تعمل على تحسين جميع الخواص الهندسية للتربة المعاملة بها.

بينما درس (الصفار (2000) [4]) تأثير مخلفات الشركة العامة لصناعة الأسمدة – المنطقة الشمالية – على الخواص الهندسية للتربة الجبسية واستنتج بان هذه المخلفات عند وصولها إلى التربة تعمل على تحسين جميع خواصها الهندسية عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيمياوية في التربة والمياه الصناعية ينتج عنها عدة أنواع من الأملاح التي بدورها تعمل على زيادة الكثافة الجافة العظمى وقوة الضغط غير المحصور ومعاملات قص التربة الفعالة.

كما درس (الكيكي (2002) [2]) تأثير مخلفات المياه الصناعية والناتجة عن العديد من المعامل في مدينة الموصل على الخواص الهندسية للتربة الطينية والمأخوذة من منطقة اليرموك غرب الموصل واستنتج بان لهذه المخلفات تأثيرات ايجابية على الخواص الهندسية للتربة فقد حسنت خواص الرص للتربة بالإضافة إلى تحسين قوة تحملها كما استنتج أن لهذه المخلفات تأثيرات سلبية أيضا حيث أدت إلى زيادة نسبة وضغط الانتفاخ في التربة فضلاً عن زيادة دليل الانضغاط.

تثبيت التربة

تثبيت التربة هي العملية التي يتم بواسطتها تحسين الخصائص الميكانيكية او الكيميائية أو كليهما لغرض تحقيق متطلبات هندسية معينة .ان نمط التثبيت يعتمد بصورة رئيسية على نوعية التربة والخصائص المطلوبة كان يراد تحسين القوة (strength) أو استقرارية الحجم (volume stability)، الديمومة (durability) والنفاذية (permeability) ((Ingles and Metcalf (1972) [5]).

إذ من الطرائق الشائعة الاستعمال في تثبيت التربة هي استخدام النورة (Lime) ، الاسمنت (Cement) ، الإسفلت (Bitumen) فضلاً عن استخدام المضافات الكيميائية (Chemical Additive)(Ingles and Metcalf (1972)[5]).

- **التثبيت بالنورة**

النورة هي اوكسيد الكاليسيوم لكن المصطلح الشائع لها هو اما النورة الحارة او السريعة (Quick lime) او النورة المطفأة (Hydrated lime) ($Ca(OH)_2$) وهي الأكثر استخداما في التثبيت، وذلك لان النورة الحارة تكون خطرة على الأيدي والجهاز التنفسي وكذلك لصعوبة خزنها. ان الهدف من إضافة النورة هو اما تحسين (Improving) خواص التربة او تثبيتها (Stabilization).

A . تحسين خواص التربة

عندما تضاف النورة إلى التربة وتمزج معها فان خواص التربة سوف تتحسن قبل أن تحدث التفاعلات الكميائية المعقدة والتي تقود إلى تثبيت التربة، ويمكن القول بان التربة المتماسكة لا تثبت كلها بالنورة لكن يحصل تحسين لخواصها عند إضافة النورة حيث سيؤدي ذلك إلى حصول تميؤ للنورة المضافة وحصول تفاعل حراري ينتج عنه حرارة تؤدي إلى تحرير كمية من الرطوبة في التربة بواسطة التبخير وهذا ما يؤدي إلى نقص في المحتوى الرطوبي، كما إن التأثير الثاني لإضافة النورة هو التبادل الأيوني الذي ينتج عنه تقليل في لدونة جزيئات الطين ((Berry et al (1966) [6]).

B. تثبيت التربة بالنورة

بعد حصول عملية تحسين التربة فان النورة سوف تتفاعل مع جزيئات الطين خلال مدى طويل مما ينتج عنه مواد رابطة (Cementation) تربط جزيئات التربة مع بعضها.

إن عمليتي تحسين التربة وتثبيتها تحصل نتيجة لعدة تفاعلات التي تحدث بين النورة والتربة والماء وهذه التفاعلات ليست معزولة عن بعضها فضلاً عن إن استجابة التربة للنورة تكون معقدة وليست سهلة. واهم هذه التفاعلات هي: تجمع الحبيبات (Particle Aggregation)، التفاعل البوزلوني (Pozzolanic Reaction) والتكربن (Carbonation) (Ingles and Metcalf (1972) [5])، (O'Floherty (1988) [7]) وهنالك

العديد من العوامل التي تلعب دوراً مهماً ومؤثراً في هذه التفاعلات ومن هذه العوامل (Thompson (1966) [8]):

1- محتوى الطين ونوع المعادن الطينية.
2- محتوى المواد العضوية.
3- قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة.
4- محتوى الأملاح الذائبة الكلية في التربة.
5- ظروف المعالجة والإنضاج.

أما في هذه الدراسة، فان المخلفات الصناعية الصلبة الناتجة عن معامل السكر والخميرة في الموصل تحوي على نسبة عالية من مخلفات النورة بالإضافة إلى مواد كيميائية بتراكيز وأنواع مختلفة، لذا فأن طرح هذه المخلفات إلى التربة أو معاملة التربة بها يؤدي إلى أحداث تغيرات في الخصائص الهندسية للتربة (الكيكي (2002) [2]) (الفقرة –2–) .

وقد جريت دراسات عديدة (لا حصر لها) حول استخدام النورة والمضافات الكيميائية في عملية تثبيت التربة ، وخرجت اغلب هذه البحوث بنتائج مفيدة وجيدة خاصة إذا كانت التربة المعاملة هي تربة طينية (Ingles and Metcalf (1972) [5]).

المواد المستخدمة وطرائق العمل

تم إجراء جميع الفحوصات التي سيتم التطرق إليها لاحقاً والتي تناولها البحث سواء التربة الطبيعية أو المعاملة في مختبرات جامعة الموصل وحسب الطرق المعتمدة من قبل الجمعية الأمريكية لفحص المواد ASTM (1983)) [9]) والجمعية الأمريكية للطرق والمواصلات (AASHTO(1978) [10]) والطرق المدونة في المواصفات البريطانية (B. S. (1975) [11]) إضافة إلى مصادر كيمياء التربة.

وقد استخدمت في هذا البحث المواد التالية:

1- الماء

استخدم في هذه الدراسة ولكافة التجارب الماء المقطر (Distilled Water) باستثناء تجربة الرص فقد تم استخدام ماء الشرب الاعتيادي (Drinking Water).

2- التربة

تغطي التربة الطينية مساحات واسعة من الاقسام الشمالية في العراق،فقد اختيرت التربة المستخدمة في هذه الدراسة من منطقة النهروان التي تقع في الجزء الغربي من مدينة الموصل ومن عمق (1.0) متر، تعرف هذه التربة بان لها خصائص انتفاخية متوسطة (AL-Ashou (1993) [1]) ، وصنفت حسب نظام التصنيف الموحد على انها تربة طينية غير عضوية ذات لدونة عالية (CH) تحتوي على قطع صغيرة من كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ، والجدول (1) يبن الخصائص الدليلية للتربة الطبيعية المستخدمة في البحث.

3- المخلفات الصناعية

في هذه الدراسة استخدمت مخلفات الشركة العامة لصناعة السكر – معمل السكر والخميرة في الموصل ، حيث يقوم هذا المصنع بطرح عدة أنواع من المخلفات منها الغازية والصلبة والسائلة وقد تم التطرق في هذه الدراسة إلى مخلفات النورة فقط والتي هي عبارة عن مخلفات صلبة وناتجة عن حجر الكلس ($CaCO_3$) والتي يقوم المصنع باستخدامه في تحضير النورة ($Ca(OH)_2$) والتي يستفاد منها في معاملة وصناعة السكر بالاضافة الى مواد عديدة اخرى وخاصة المواد الكيمياوية ويقوم هذا المصنع بطرح مايقارب (500–1000) طن من هذه المخلفات سنوياً في حالات التشغيل الاعتيادية للمصنع وعليه فان هذا المصنع يقوم بتكديس هذه المخلفات والتي في اغلب الاحيان تشكل عبئا على الشركة بسبب كمياتها الكبيرة وفي حالات نادرة تقوم الشركة ببيعها الى محلات الدباغة بأسعار زهيدة جدا والجدول (2) يبين خواص هذه المخلفات.

النتائج والمناقشة

1. خصائص التربة الطبيعية

يوضح الجدول (1) الخصائص الدليلية (Index Properties) للتربة الطبيعية والتي من خلالها تم تصنيف هذه التربة على إنها تربة طينية غير عضوية ذات لدونة عالية (CH) حسب نظام التصنيف الموحد. كما يوضح الجدول بقية الفحوصات التي اجريت كالتحليل الحبيبي للتربة الذي يبن أن نسبة المواد الطينية في التربة($C\leq0.002mm$) هي بحدود(38%). ويوضح الجدول أيضا بعض الخصائص الكيميائية لهذه التربة ،أما الجدول(2) فيبين خصائص المخلفات المستخدمة في البحث.

2. تأثير اضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة على حدود اتربرك

الجدول (3) يبين انخفاض كل من حد السيولة ودليل اللدونة للتربة مع زيادة نسبة الاضافة من مخلفات النورة ويعود السبب في ذلك إلى تفاعل النورة (التي تعتبر أحد العناصر الرئيسية في المخلفات) مع التربة وهذا التفاعل ينتج عنه اندماج وتكتل جزيئات التربة وعليه سوف يحصل نقصان في سمك الطبقة المائية المعروفة(الطبقة الكهربائية المزدوجة) وعليه تقل قابلية الطين للتأثر بإضافة الماء (Diamond and Kinter (1965) [12]) ، (Rogers and Glendining [13] (1996)).

3. تأثير المخلفات على سعة التبادل الآيوني للتربة

يبين الجدول (4) أن مع زيادة نسبة المخلفات الصناعية في التربة تقلل سعة التبادل الآيوني للتربة وتعليل ذلك يعود إلى التفاعل (التبادل الايوني) بين النورة والتربة والذي يحصل باستبدال الأيونات الموجبة أحادية التكافؤ بأيونات موجبة متعددة التكافؤ وبعبارة أخرى استبدال ايون الصوديوم أو المغنيسيوم أو البوتاسيوم الموجود في التربة بايون الكالسيوم الموجود في النورة ((1976) Mitchel [14]). وعليه فان هذا التفاعل يؤدي إلى تغيير في خواص التربة.

4. تأثير المخلفات على الرقم الهيدروجيني للتربة

يبين الجدول (5) أن المخلفات الصناعية ومع زيادة نسبتها في التربة أدت إلى الزيادة في قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة (زيادة قاعديتها) وذلك لكون هذه المخلفات هي قاعدية. إن ارتفاع الرقم الهيدروجيني للتربة يعطي انطباعا ومؤشرا جيدا على قابلية التربة للتفاعل مع النورة (زيادة في عملية انفصال السيليكا عن التربة) ([8] Thompson (1966)). ومن الجدير بالذكر أن نسبة (6%) من مخلفات النورة تعطي(pH) مقاربة إلى (12.4) لذلك تعتبر هذه النسبة هي نسبة التثبيت المثلى باستخدام طريقة (Eades and Grim (1966) [15]).

5 تأثير المخلفات الصناعية علىخصائص الرص للتربة

الشكل (1) يمثل منحنيات الرص للتربة الطبيعية والمعاملة بالنورة كما ان الجدول (6) يبين مقدار الكثافة الجافة العظمى والمحتوى الرطوبي الامثل لكل نسبة من المخلفات المضافة حيث يلاحظ نقصان في قيمة الكثافة الجافة العظمى وهذا يمكن ارجاعه إلى حصول تكتل وتجمع لجزيئات التربة (flocculation) مما يؤدي إلى صعوبة الرص كما يلاحظ زيادة في المحتوى الرطوبي الأمثل بزيادة نسبة المخلفات المضافة وهذا راجع إلى ان المخلفات (النورة) تحتاج إلى ماء إضافي لعملية التميؤ (hydration) (حمد (2004) [16]).

6. تأثير مخلفات النورة على مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة

لقد تمت إضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة (2، 4، 6، 8)% ، ثم رصها بالاعتماد على خصائص الرص(O.M.C. & $Max.\gamma_d$) لكل نسبة إضافة، ثم وضعت هذه النماذج تحت ظروف إنضاج (49^oC, 2days) ثم تم فحصها، وقد بينت النتائج بان زيادة نسب الاضافة تعمل على زيادة مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة وكما موضح بالجدول(7) والشكل (2). ويعود السبب في ذلك إلى زيادة كل من التماسك والاحتكاك الداخلي للتربة.

7. تأثير إضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة على معاملات القص للتربة

تم تحضير نماذج الفحص بطريقة القص المباشر تحت الظروف المذكورة في الفقرة (5-6) وقد بينت النتائج بان زيادة نسب الاضافة تؤدي الى زيادة كل من التماسك الفعال (ć) وزاوية الاحتكاك الداخلي الفعالة (ǿ) كما مبين في الجدول (8) والشكل(3) . ان السبب في زيادة قوة تحمل التربة المعاملة بالمخلفات ناتج عن التفاعل الذي يحدث بين النورة وجزيئات الطين الموجودة في التربة خلال مدى طويل مما ينتج عنه مواد رابطة (Cementation) تربط جزيئات التربة مع بعضها وهذا التفاعل هو الذي يعطي التماسك والمقاومة للتربة المعاملة (Ingles and Metcalf (1972)[5]).

8. تأثير المخلفات الصناعية علىخصائص الانتفاخ للتربة

تم تحضير نماذج الفحص تحت نفس الظروف السابقة المذكورة في الفقرة (5-6) ويبن الجدول (9) بان نسبة وضغط الانتفاخ تقل مع زيادة نسبة المخلفات في التربة وتنعدم تماما عند النسبة (4 %) وسبب ذلك يعود إلى انخفاض في سعة التبادل الايوني (تميؤ الأيونات) وبالتالي سمك الطبقة الايونية المزدوجة نتيجة لتليد وتكتل جزيئات التربة وهذا بدوره يؤدي إلى التقليل من خصائص الانتفاخ (السلطان (2001) [17])، (الكيكي (2004) [2]).

الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى أن المخلفات (النورة) مع زيادة نسبتها في التربة تعمل على :-

1- خفض قيمة حد السيولة وزيادة في قيمة حد اللدونة وبالتالي خفض دليل اللدونة بشكل كبير جدا.

2- انخفاض في قيمة سعة التبادل الآيوني في حين أدت إلى زيادة في قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة.

3- نقصان في قيمة الكثافة الجافة العظمى للتربة وزيادة في نسبة المحتوى الرطوبي الأمثل.

4- خفض نسبة الانتفاخ في التربة بشكل كبير جدا بحيث أصبحت التربة غير إنتفاخية مع زيادة تركيز المخلفات في التربة.

5- زيادة قوة التربة، وذلك بزيادة مقاومة الانضغاط غير المحصور (U.C.S) ومعاملات قص التربة الفعالة (ć ، ǿ).

المصادر

1. Al – Ashou, M. O., "Expansive properties of the clay in Mosul area ", Al-Rafidain Engineering Journal , Mosul University , Vol.1,No.2,pp.17-31,1993**.**

2. الكيكي، إبراهيم محمود أحمد، "دراسة تأثير المخلفات الصناعية (المياه الصناعية) على الخواص الهندسية للتربة الطينية الانتفاخية "، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل، 2002.

3. Al – Shalhomi , A. Y. A.," Effect of Phospho-Gypsum on the engineering Characteristics of the Clayey Soil " ,M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department ,University of Mosul, 2000 .

4. الصفار، قتيبة نزار قاسم، "دراسة تأثير مخلفات ومنتوج الشركة العامة لصناعة الأسمدة – المنطقة الشمالية – على الخواص الهندسية للتربة الجبسية "، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل، 2000.

5. Ingles, O. G. and Metcalf, j.B., "Soil Stabilization Principles and Practice", Butterworth pty limited, Australia,1972.

6. Berry,J.; Macneil,D.J.and Wilson,P.E., " The use of lime in Ground Engineering" ,a review of recent work undertaken East Midlande Geotechnical Group, Lime Stabilization a Laugh brough University,1966.

7. O'Floherty, C.A. "High Way Engineering", Vol.2,3rd ed., Edward Arnold, London, 1988.

8. Thompson,R.M.,"Shear Strength and Elastic Properties of Soil– Bine Mistures", Highway Research Record , HRR, No.139,pp.1-15,1966.

9. Annual ASTM Standards , Book of American Society for Testing and Material ,Section 4,Vol.04.08 and Vol. 04.03,1983.

10. AASHTO, " American Association State of HighWay and Transportation Official Standard ",Part I Specification ,part II Tests ,12th ed .,1978.

11. British Standard Institution," Methods of Testing Soil for Civil Engineering Purposes" 1377:1975.

12. Diamond, S. and Kinter, E.B.," Mechanism of Soil-lime stabilization", Highway Research Record, No.92,pp.83-96, 1965.

13. Rogers, C.D.F. and Glendining, S. , " Modification of Clay soils using lime" , proceeding of East Midlands Geotechnical Group . Line Stabilization Lough borough University, pp.27-64,1996.

14. Mitchel , J.K., " Fundamentals of Soil Behavior " ,John Wiley and Sons, Inc. , New York, 1976.

15. Eades, J.B. and Grim, R.E.," A Quick test to determine lime requirements for lime stabilization",Highway Research Board,NO.139,1966.

16. حمد، علاء حسين جاسم، "تثبيت طبقات ما تحت الأساس ذات المحتوى الجبسي العالي باستعمال النورة"،رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل، 2004.

17. السلطان، فراس مهند احمد محمد، "مميزات التربة الانتفاخية الحاوية على أملاح ذائبة مختلفة باستخدام بيانات أقيام المص"،رسالة ماجستير،قسم الهندسة المدنية،جامعة الموصل،2001 .

جدول (1)الخصائص الدليلية للتربة الطبيعية المستخدمة في البحث*

حدود أتربرك	حد السيولة (LL) %	52

	حد اللدونة (PL) %	24
	دليل اللدونة (PI) %	28
الانكماش الخطي (L.S) %		14.5
الوزن النوعي (G_s)		2.72
تصنيف التربة	حسب نظام التصنيف الموحد (U.C.S)	CH
	حسب نظام التصنيف الجمعية الأمريكية للطرق (AASHTO C.S)	A-7-6
التحليل الحبيبي	الحصى % > 4.76 ملم	0
	0.074 ملم < الرمل % ≥ 4.76 ملم	9
	0.002 ملم < الغرين % ≥ 0.074 ملم	53
	الطين (C) % ≥ 0.002 ملم	38
الفعالية (Activity)		0.71
بعض الفحوصات الكيميائية	نسبة الجبس %	1.3
	نسبة المواد العضوية %	1.46
	أملاح الكبريتات (SO_3) %	0.3
	الأملاح الذائبة الكلية (T.S.S) %	2.25
	الرقم الهيدروجيني (pH- Value)	8.54
	سعة التبادل الأيوني (C.E.C) (meq. / 100 mg of soil)	28

- **كل نتيجة تمثل معدل لثلاث تجارب أو أكثر وهكذا لبقية الجداول**

جدول (2)خواص المخلفات (النورة) المستخدمة في البحث ومقارنتها بالصفات العراقية رقم (807) لسنة (1988)

الخاصية		القيمة والوحدة	م.ق.ع.* صنف (د.) مطفأ
الفحوصات الفيزيائية والدليلية	النعومة	7%	لا يزيد المتبقي على منخل رقم(40) مايكرون على (10%)
	زمن التماسك	1.75 ساعة	------
	زمن الإطفاء	10 دقائق	15-5 دقيقة
	دليل اللدونة (PI) (%)	3 %	لا يزيد على 4 %
	الوزن النوعي (G_s)	2.981	------
الفحوصات الكيميائية	مجموعة أكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم بالكتلة	87 %	85 % كحد أدنى
	مجموعة أكاسيد السليكا والألومينا والحديد بالكتلة	4.2 %	5 % كحد أعلى
	ثاني أوكسيد الكربون بالكتلة	4.1 %	5 % كحد أعلى
	أوكسيد المغنيسيوم بالكتلة	2.8 %	5 % كحد أعلى
	الرقم الهيدروجيني (pH-Value)	14	------
الكمية المطروحة (طن/سنة)		1000-500	------
لسعر: (دينار/طن)		1000-500	------

جدول (3)تأثير المخلفات (النورة) على الخواص الدليلية للتربة

نسبة	حدود اتربرك (%)	التصنيف

(U.C.S)	(LS)	(PI)	(PL)	(LL)	المخلفات (%)
CH	14.5	28	24	52	0
ML	13.8	8	36	44	2
ML	11	5	37	42	4
ML	9	1	39	40	6
-	-	N.P.	-	35	8

جدول (4)تأثير المخلفات (النورة) على سعة التبادل الايوني للتربة

8	6	4	2	0	نسبة المخلفات (%)
-	17	22	26	30	C.E.C (meq./100 gm of dry soil)

جدول (5)تأثير المخلفات (النورة) على قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة

8	6	4	2	0	نسبة المخلفات المضافة(%)
12.4	12.3	11.4	9.75	8.54	pH-value

جدول (6)تأثير المخلفات (النورة) على خواص الرص للتربة

8	6	4	2	0	نسبة المخلفات (%)	
20.5	20	19.5	19	18	O.M.C (%)	خواص الرص
1.61	1.64	1.66	1.68	1.73	M.D.D.(gm/cc)	

- O.M.C = Optimum Moisture Content المحتوى الرطوبي الأمثل
- M.D.D = Maximum Dry Density الكثافة الجافة العظمى

جدول (7) تأثير مخلفات النورة على مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة

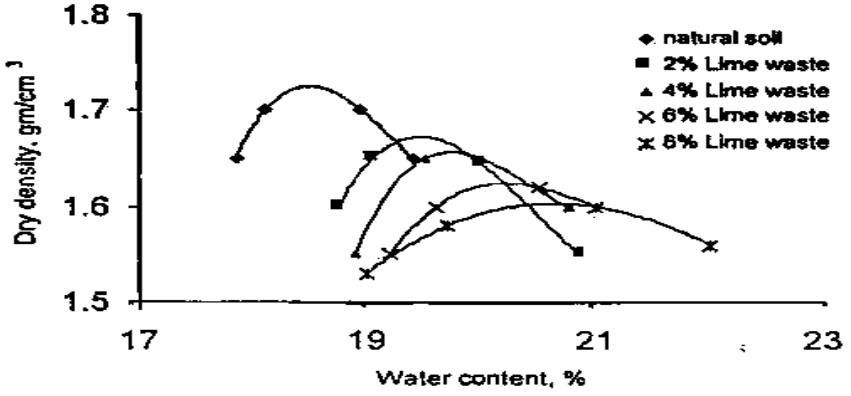
مخلفات النورة(%)	0	2	4	6	8
مقاومة الانضغاط غير المحصور (kg/cm^2)	9	11	27	33	43

جدول (8) تأثير مخلفات النورة على معاملات قص التربة

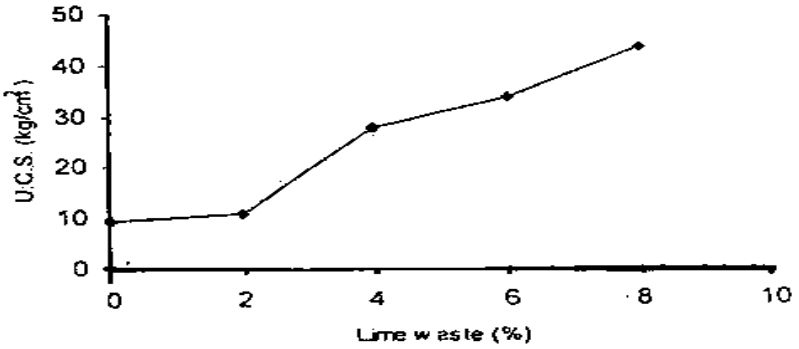
مخلفات النورة(%)	0	2	4	6	8
التماسك الفعال(kg/cm^2)	0.5	1.1	1.35	1.55	1.7
زاوية الاحتكاك الداخلي الفعالة(degree)	30	31	33	36	40

جدول (9) تأثير مخلفات النورة على خصائص الانتفاخ للتربة

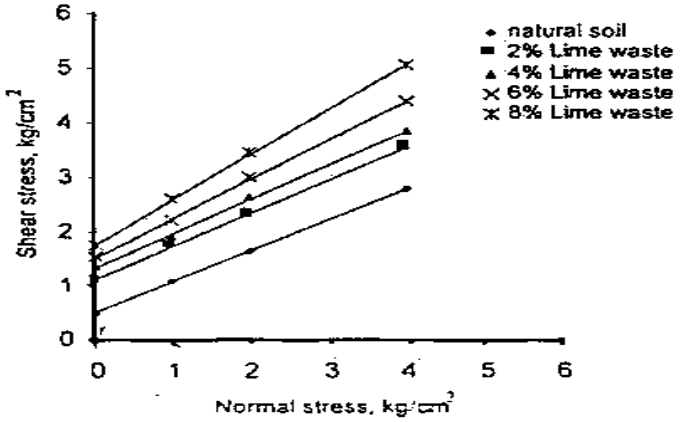
مخلفات النورة(%)	0	2	4	6	8
نسبة الانتفاخ(%)	3.2	0.8	0	–	–
ضغط الانتفاخ(kg/cm^2)	1.8	0.08	0	–	–



الشكل (1) تأثير إضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة على خصائص الرص للتربة



الشكل (2) تأثير إضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة على مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة



الشكل (3) تأثير إضافة نسب مختلفة من مخلفات النورة على معاملات قص التربة التربة

IMPROVEMENT OF EXPANSIVE CLAYEY SOIL WITH LIME WASTE

Ibrahim M. Al-kiki
College of Engg. Mosul Univ.

ABSTRACT

This research aims the study of utilizing the industrial wastes (solid wastes /lime) for the improvement and stabilization of engineering properties of expansive clayey soil. The soil under study is taken from the location of Al-Nahrawan district-Mosul-city and is described as an appropriate for foundation layer or layers under foundations of roads and facilities because its weakness and its high swelling. It was classified as type (CH) according to The Unified Classification System, the percentage of fine particles was (91%) .

This type of soil was treated by using four percentages of industrial wastes of soil weight (2%, 4%, 6%, and 8%), the wastes were obtained from the factory of sugar and ferment in Mosul . The study shows that increase of wastes in the soil decreases the plasticity index of soil (PI) and the soil became Non –Plastic (N.P) at (6%) of wastes.

It was shown that the different concentrations of industrial weight in the soil lower the rate of ion exchange and the percentage of upheaval in the soil which was stabilized at 6%. Besides, it was shown that the industrial wastes increase the alkalinity of soil to its maximum. The results of the compaction

tests showed that treating soil with industrial wastes led to the increase in the optimum moister content and decrease in the maximum dry density, as far as the lime waste increase the unconfined compressive strength and the shear strength parameters (angle of internal friction (ǿ) and cohesion (ć)).

Accordingly, the industrial wastes (lime wastes) may be considered advantageous in effect to the engineering characteristics of finer soil and these wastes can be utilized in groundwork for roads especially for cheap and temporary ways, and it can be used in refilling ground works for buildings .