دراسة تأثير المخلفات الصناعية(المياه الصناعية)على الخصائص الهندسية للتربة الطينية الانتفاخية

د.محمد طيب حسين الليلة
أستاذ
قسم الهندسة المدنية

إبراهيم محمود احمد الكيكي
مدرس مساعد
قسم هندسة الموارد المائية

كلية الهندسة –جامعة الموصل

الخلاصة

تتضمن هذه الدراسة تأثير المخلفات الصناعية (المياه الصناعية) على الخواص الهندسية للتربة الطينية الانتفاخية التي تم أخذها من منطقة حي اليرموك بالموصل ومن عمق (1) متر. توصف هذه التربة بأنها تربة طينية ذات لدونة عالية (CH) ونسبة المواد التي حجمها (≤ 0.002 mm) هي (38%) . تمت معاملة هذه التربة بأربعة أنواع من المياه الصناعية التي تم أخذها من المعامل المنتشرة في مدينة الموصل وكذلك من معمل الأسمدة في منطقة بيجي .

أظهرت الدراسة إن المياه الصناعية تقلل بشكل بسيط حد السيولة وتؤدي إلى زيادة دليل اللدونة بشكل اكبر عدا المياه الصناعية لمعمل الأسمدة إذ أدت إلى انخفاض دليل اللدونة للتربة مع زيادة تعرضها لهذه المياه .كما أظهرت نتائج معاملة التربة بالمخلفات الصناعية إن هذه المياه تزيد من الكثافة الجافة العظمى وتقلل من قيمة المحتوى الرطوبي الأمثل للتربة . كذلك أدت إلى زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة ومعاملات قوة قص التربة الفعالة (زاوية الاحتكاك الفعالة والتماسك الفعال) (c', ϕ') ماعدا المياه الصناعية لمعمل السكر والخميرة فقد أدت إلى خفض زاوية الاحتكاك الفعالة للتربة.

أما بالنسبة لخصائص الانتفاخ فقد ازدادت نسبة وضغط الانتفاخ للتربة المعاملة بمياه الصناعية ماعدا مخلفات صناعة الأسمدة التي بزيادة تركيزها في

معاملة التربة بالمياه الصناعية تؤدي بشكل عام إلى زيادة في انضغاطية التربة حيث زاد كل من دليل الانضغاط (c_c) ومعامل الانضمام (c_v) للترب المعاملة بالمياه الصناعية .

أما الفحوصات الكيميائية للتربة فقد بينت بأن المياه الصناعية تعمل على زيادة نسبة المواد العضوية في التربة .كما تؤدي إلى زيادة سعة التبادل الأيوني للتربة وخفض الأس الهيدروجيني (pH- value) ، عدا المياه الصناعية لمعمل الأسمدة إذ أدت إلى زيادة الأس الهيدروجيني للتربة.

المقدمة

إن طرح مخلفات المعامل في التربة تؤثر وتسبب تغيرات في خواصها الهندسية والتي بدورها تنعكس على المنشآت المقامة عليها إذ تعاني قسم من المنشآت في المعامل الصناعية مشكلات هندسية في التربة. وهذه المخلفات سواء كانت على شكل مياه أو مواد صلبة تحوي على مواد كيمياوية على شكل حوامض وقواعد وأملاح مختلفة وان تعرض التربة لمثل هذه المركبات تؤثر على خواصها الهندسية سواء كان ذلك سلبا أو إيجابا .

في هذه الدراسة تم اختيار أربعة معامل رئيسة وأخذت مخلفاتها الصناعية والتي هي على شكل مياه ، وحللت من الناحية الكيميائية لتحديد مركباتها بغية دراسة تأثيراتها على التربة وهذه المخلفات تشمل مخلفات الشركة العامة لصناعة الأسمدة في بيجي ، مخلفات مصنع الألبان ، مصانع الغزل والنسيج ومعامل السكر والخميرة في الموصل . كما تم اختيار احد أنواع التربة المنتشرة في المنطقة الشمالية وهي تربة طينية ذات خواص انتفاخية متوسطة.

عوملت التربة بهذه المخلفات (المياه الصناعية) كل على حدة بطرائق وكيفيات (تراكيز) مختلفة بغية تحديد تأثير هذه المخلفات على الخواص الهندسية لهذه التربة اذ تم دراسة تأثير هذه المياه على الخواص الدليلية للتربة وكذلك تأثيرها على خواص الرص لها . كما تم إجراء فحص مقاومة الانضغاط غير المحصور على التربة المعاملة بالمياه الصناعية. أما زاوية الاحتكاك الفعالة وقوة التماسك الفعال فقد تم حسابها للتربة المعاملة من تجربة الحجم الثابت والانتفاخ الحر على التوالي ، إذ أن انتفاخ التربة وتأثيراتها على المنشآت الهندسية المختلفة من المشكلات التي تواجه المهندسين في المنطقة بصورة عامة.

كما تم أيضا دراسة تأثير المياه الصناعية على خواص الانضمام للتربة وذلك من خلال إجراء تجربة الانضمام . فضلا عن ذلك تم دراسة تأثير المياه الصناعية على بعض الخواص الكيميائية للتربة كسعة التبادل الأيوني والرقم الهيدروجيني. وقد أظهرت التجارب أن المياه الصناعية لها تأثيرات ايجابية وكذلك تأثيرات سلبية على الخواص الهندسية للتربة .

المواد المستخدمة

1 المـــاء: اســتخدم فــي هــذه الدراســة ولكافــة التجــارب المــاء المقطــر (Distilled Water) باستثناء تجربة الرص فقد تم استخدام ماء الشرب الاعتيادي (Drinking Water).

2التربة: تغطي التربة الطينية مساحات واسعة من الأقسام الشمالية في العراق ([1] Al-Layla, 1985). وقد اختيرت التربة المستخدمة في هذه الدراسة من منطقة اليرموك التي تقع في الجزء الغربي من مدينة الموصل ومن عمق (1.0) متر .تعرف هذه التربة بان لها خصائص انتفاخية متوسطة (Al-Ashou,1977 [2])، وصنفت حسب نظام التصنيف الموحد على إنها تربة طينية غير عضوية ذات لدونة عالية (CH) تحتوي على قطع من كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) ، والجدول (1) يبين الخصائص الدليلية للتربة الطبيعية المستخدمة في البحث .

3 المياه الصناعية: في هذه الدراسة تم استخدام أربعة أنواع من المياه الصناعية وهي:

1. نوعِ (A): مخلفات الشركة العامة لصناعة الأسمدة / بيجي- المنطقة الشمالية.
2. نوعِ (B): مخلفات الشركة العامة لمنتوجات الألبان / مصنع ألبان الموصل.
3. نوعِ (C): مخلفات الشركة العامة للصناعات القطنية / مصانع الغزل والنسيج في الموصل.

4. نـوعِ (D): مخلفـات الشـركة العامـة لصـناعة السـكر / معامـل السـكر والخميـرة بالموصل.

وللسـهولة والاختصـار فقـد تـم الإشـارة إلـى التربـة المعاملـة بهـا بـالرموز (Sd,Sc,Sb,Sa) حسب التسلسل المذكور أعلاه وعلى التوالي أما التربة المعاملة بالمياه الاعتيادية فقد تم الإشارة إليها بالأحرف (So)،والجدول (2) يبين الفحوصات الكيميائية والفيزيائية والبايو كيميائية لهذه المياه.

وان أهم الملوثات الموجودة في هذه المياه هي :الأملاح غير العضوية،الحوامض والقواعد المختلفة ،المواد العضوية،المواد العالقة ،المواد والسوائل الطافية ،المياه الحارة ،المياه الملونة بالأصباغ ،الكيمياويات السامة، الكائنات الحية المجهرية،المواد المشعة،المواد الرغوية (Nemerow,1978 [3]).

التفاعلات الكيمياوية

يتضح مما سبق بان المياه الصناعية المطروحة من المعامل الأنفة الذكر تحتوي على حوامض وقواعد بتراكيز وأنواع مختلفة ، إن وجود هذه المكونات يسبب سلسلة من التفاعلات الكيمياوية واغلب هذه التفاعلات ينتج عنها أملاح كأملاح الكبريتات مثل(كبريتات الصوديوم والامونيوم والكالسيوم)، أملاح الكلوريدات مثل (كلوريد الصوديوم والامونيوم) وأملاح الكاربونات مثل (كاربونات الكالسيوم ، كاربونات و بيكاربونات الامونيوم) فضلا عن أملاح النترات مثل (نترات الكالسيوم و الامونيوم و الصوديوم) وأن لهذه الأملاح، الحوامض ، القواعد وغيرها سواء كانت عضوية أم غير عضوية تأثير كبير على الخصائص الهندسية للتربة وخاصة التربة الطينية (الكيكي ،2002 [4]) .

النتائج والمناقشة

1- المياه الصناعية

يبين الجدول (2) إن المياه الصناعية نوع (A) هي مياه قاعدية غير عضوية ، تحتوي على نسبة عالية من الأيونات الموجبة والسالبة التي تؤدي إلى

تكوين عدة أنواع من الأملاح. بينما المياه (D)هي مياه حامضية ذات محتوى عضوي عالي كما أنها تحتوي على نسبة عالية من الأيونات السالبة عدا النترات والفوسفات . بينما كانت المياه (C) مياه متعادلة تحوي على مخلفات نفطية وأصباغ . وأخيرا فان المياه (B) كانت ذات طبيعة مشتركة بين مخلفات المعامل ولكنها تتميز باحتوائها على مواد دهنية بنسبة عالية .

2- تأثير المياه الصناعية على حدود اتربيرك للتربة

ان المياه الصناعية بتراكيزها الثلاثة أدت الى انخفاض حد السيولة (W_L) في حين أدت الى زيادة دليل اللدونة (I_p) عدا المياه (A) بتراكيز (2) و (4) ادت الى خفض كل من حد السيولة ودليل اللدونة. علماً أن هذا التغير كان بشكل عام قليل نسبيا ولعل السبب يعود إلى تداخل عدة عوامل مثل الأيونات المختلفة و تميؤ الأملاح ووجود المواد العضوية والنفط والأصباغ أدت إلى النتائج المبينة في الجدول (3).

3- تأثير المياه الصناعية على نسبة المواد العضوية في التربة

يتضح من الجدول (4) أن كلاً من المياه (B) ، (C) و (D) أدت إلى زيادة نسبة المواد العضوية في التربة وذلك لطبيعة هذه المياه ذات المحتوى العضوي العالي نسبياً ، في حين لم تتأثر نسبة المواد العضوية في التربة كثيرا بالمياه (A) وذلك لطبيعة هذه المياه التي تحوي الأمونيا (NH_3) وتقلل من تكون المواد العضوية(عباوى ،2002 [5]).

4- تأثير المياه الصناعية على قيمة ألآس الهيدروجيني للتربة

يتضح من الجدول (5) ان كل من المياه (B) ، (C) و (D) عملت وبشكل عام على تقليل قاعدية التربة بينما المياه (A) التي أدت إلى زيادة قاعدية التربة وذلك لكون المياه الصناعية (B) ، (C) و (D) حامضية إلى متعادلة بينما المياه (A) هي قاعدية .

5- تأثير المياه الصناعية على سعة التبادل الأيوني:

إن تأثير المياه الصناعية على سعة التبادل الأيوني مبينة في الجدول (6) حيث نلاحظ زيادة في قيمة (Cat ion Exchange Capacity) (C.E.C) للتربة المعاملة بالمياه الصناعية بمختلف أنواعها.

6- تأثير المياه الصناعية على خواص الرص للتربة:

الجدول (7) والشكل (1) يوضح تأثير المياه الصناعية على مقدار كل من الكثافة الجافة العظمى والمحتوى الرطوبي الأمثل ، ويتضح من هذا الجدول زيادة في الكثافة الجافة العظمى مع انخفاض في نسبة الرطوبي المثلى في كل من الترب المعاملة بالمياه (A)، (B) و (D) وتفسير ذلك يعود إلى حصول ظاهرة التشتيت أو انزلاق حبيبات التربة والتي تسهل من عملية الرص وكذلك ترسب بعض الاملاح في الفراغات بين جزيئات التربة مما يزيد من كثافتها.أما التربة المعاملة بالمياه نوع (D) فقد لوحظ ان التركيز (1) و (2) عمل على زيادة الكثافة الجافة العظمى وانخفاض في قيمة المحتوى الرطوبي الأمثل في حين أدى التركيز (4) إلى انخفاض في الكثافة الجافة العظمى وتفسير ذلك يعود إلى تلبد جزيئات التربة فضلا عن زيادة المواد العضوية فيها(الكيكي ،2002 [4]).

7- تأثير المياه الصناعية على قوة قص التربة:

أولا : مقاومة الانضغاط غير المحصور:أجريت هذه التجربة على نماذج مرصوصة بطاقة رص معدلة. والجدول (7) يبين نتائج هذه التجربة لنماذج حضرت في الكثافة الجافة العظمى والمحتوى الرطوبي الأمثل .

إن قيمة مقاومة الضغط غير المحصور للتربة وبشكل عام تزداد زيادة طفيفة عند معاملتها بالمياه الصناعية وتستمر الزيادة مع زيادة تركيز المياه الصناعية، والسبب في زيادة المقاومة ناتج عن الزيادة في كثافة التربة ، إضافة إلى تكوين بعض الأواصر بين الجزيئات نتيجة لتكوين الأملاح (Thompson,1981 [6]).

ثانيا : القص المباشر:أجريت تجربة القص المباشر وذلك لحساب قيمة زاوية الاحتكاك الفعالة وكذلك قوة التماسك الفعالة على التربة الطبيعية وكذلك على التربة المعاملة بالمياه الصناعية ، والنتائج موضحة في الجدول (8) .

ان معاملة التربة بالمياه الصناعية أدت إلى زيادة في قيمة التماسك والسبب هو تكون الأملاح والتي تعمل كمادة رابطة بين جزيئات التربة (الكيكي ،2002 [4]). أما زاوية الاحتكاك فهي الأخرى ازدادت مع تذبذب في قيمتها ولكن بشكل عام كانت قيمتها أعلى مما هي في التربة غير المعاملة والسبب في ذلك يعود إلى تكون الأملاح التي تؤدي الى تقليل الفراغات بين الجزيئات وبالتالي يؤدي إلى زيادة الاحتكاك في التربة إلا انه عنده زيادة تركيز الأملاح والملوثات الاخرى كالمواد العضوية نتيجة لزيادة تركيز المياه الصناعية فان ترسب هذه المواد يحدث بين جزيئات التربة وبذلك تقلل من زاوية الاحتكاك للتربة. أما التربة المعاملة بالمياه (D) فقد انخفضت زاوية الاحتكاك الداخلي لها والسبب يرجع إلى وجود المواد العضوية بشكل أكثر من بقية المياه والتي تقلل من قوة الاحتكاك بين الجزيئات.

8 –تأثير المياه الصناعية على خصائص الانتفاخ للتربة

تم حساب خواص الانتفاخ (نسبة وضغط الانتفاخ) للتربة الطبيعية وكذلك للتربة المعاملة بالمياه الصناعية لنماذج رصت بطاقة رص معدلة عند المحتوى الرطوبي الأمثل والنتائج مبينة في الجدول (9).

إن خصائص الانتفاخ تزداد عموما عند معاملة التربة بالمياه الصناعية ، في حين ان المياه الصناعية (A) بتركيز (2) و (4) أدت إلى خفض خصائص الانتفاخ للتربة. إن سبب زيادة خصائص الانتفاخ للتربة المعاملة بالمياه الصناعية (B) ، (C) و (D) بتراكيزها الثلاثة و (A) بتركيز (1) يعود إلى عملية التبادل الأيوني والمسبب لزيادة سمك الطبقة المزدوجة ، إذ إن سعة التبادل الأيوني (C.E.C.) للتربة المعاملة بالمياه الصناعية ازدادت . كما إن تميؤ بعض الأيونات عند وصول الماء إليها تعمل على تباعد جزيئات التربة وبالتالي زيادة حجمها فضلا عن أن زيادة

الكثافة ونقصان المحتوى الرطوبي من العوامل التي تؤدي الى زيادة خصائص الانتفاخ للتربة (Gromko,1974 [7])، (السنجرى ،1997[8]). اما سبب انخفاض خصائص الانتفاخ للتربة المعاملة بالمياه الصناعية (A) بتركيز (2) و(4) فقد يعود إلى انخفاض سمك الطبقة المزدوجة والتي تؤدي إلى التقليل من خصائص الانتفاخ .

9- تأثير المياه الصناعية على خصائص الانضمام للتربة

أجريت هذه التجربة على نماذج حضرت بالمحتوى الرطوبي الأمثل وبطريقة الرص القياسية . ونتائج هذه التجربة مبينة في الجدول (10) والشكل(2) للتربة الطبيعية وكذلك التربة المعاملة بالمياه الصناعية .

يلاحظ من النتائج إن تأثير المياه الصناعية على خصائص الانضمام للتربة قليلة نسبياً ، لكن عموما نلاحظ انخفاض في نسبة الفراغات الأولية (Initial Void ratio) وزيادة في ضغط الانضمام المسبق (Pre-consolidation pressure "Pc") للتربة المعاملة بالمياه الصناعية ، أما بالنسبة إلى قيم دليل الانضغاط (c_c) فقد كانت الزيادة طفيفة بينما كانت الزيادة ملحوظة في معامل الانضمام (c_v) وسبب ذلك يعود إلى تكوين الأملاح نتيجة لإضافة المياه الصناعية والتي لها قابلية انضغاط أعلى من جزيئات التربة ، لذلك عند تعرضها للماء (نتيجة الغمر) وبتأثير أحمال الانضمام فان هذه المواد تضعف وقسم منها يذوب وبذلك تزداد انضغاطية التربة (الصفار ،2000 [9]) فضلا عن الانضغاطية العالية للمواد العضوية التي تزداد نسبتها في التربة المعاملة بالمياه الصناعية .

الاستنتاجات

من خلال هذا البحث تبين بأن المياه الصناعية المدروسة تعمل بشكل عام على:

1. خفض قيمة حد السيولة بشكل بسيط حيث انخفض من (51%) إلى (47%) كما ازداد دليل اللدونة من (27%) إلى (31%) ماعدا المياه الصناعية من معمل الأسمدة التي بزيادة تركيزها في التربة أدت الى خفض دليل اللدونة إلى (23%).

2. زيادة نسبة المواد العضوية في التربة مع زيادة في سعة التبادل الأيوني (C.E.C).

3. تسهل من عملية الرص فقد ازدادت قيمة الكثافة العظمى وقلت نسبة المحتوى الرطوبي الأمثل.

4. زيادة قوة تماسك التربة وزيادة زاوية الاحتكاك ماعدا المياه الصناعية من معمل السكر فقد أدت إلى تقليل زاوية الاحتكاك. كذلك أدت المياه الصناعية إلى زيادة مقاومة الانضغاط غير المحصور .

5. زيادة في قيمة معامل الانضمام (c_v) للتربة .

6. زيادة في نسبة وضغط الانتفاخ ماعدا المياه الصناعية من معمل الأسمدة التي بزيادة تركيزها تؤدي إلى خفض خصائص الانتفاخ للتربة.

وعلية يمكن اعتبار المياه الصناعية لها تأثيرات ايجابية وسلبية على الخصائص الهندسية للتربة الطينية إلا أن هذه التأثيرات في بعض الخصائص كانت طفيفة نوعا ما.

المصادر REFERNCES

1. Al- Layla, M. T. and Al – Ashou, M. O., "Swelling Properties of Mosul Clay ", Iraqi Conference on Engineering . ICE, Baghdad University , Engineering College , Baghdad – IRAQ, 1985.

2. Al – Ashou, M. O., "Expansive Properties of the Clay in Mosul Area ", M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department , University of Mosul , 1977.

3. Nemerow, N. L., "Industrial Water Pollution, Origins, Characteristics, and Treatment ", Addison-Wesley Publishing Company Inc. New York , 1978.

4. الكيكـي ، ابـراهيم محمـود أحمـد، " دراسـة تـأثير المخلفـات الصـناعية (الميـاه الصناعية) على الخواص الهندسية للتربة الطينية الانتفاخية"، رسالة ماجستير ،قسم الهندسة المدنية، جامعة الموصل، 2001.

5. عباوي ، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان، " الهندسة العلمية للبناء (فحوصات الماء)"، دار الحكمة للطباعة والنشر ، الموصل ، 1990.

6. Thompson, E.V. and Ceckler, H.W., "Introduction to Chemical Engineering ", Mc Graw-Hill, Inc., Ch. 6, pp. 378-388, 1981.

7. Gromko, M. and Gerald, J. " Review of Expansive Soil ", Proceeding Journal of the Geo technical engineering Division, ASCE, Vol. 100, GT. 6, pp. 667 – 685, Jan., 1974.

8. السنجري ، عثمان عبد الكريم ناصر ، " دراسة بعض الخصائص الانتفاخية لتربة مدينة الموصل (حي الكفاءات الثانية) " ، رسالة ماجستير ، قسم الهندسة المدنية ، جامعة الموصل ، 1997.

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

جدول (1) الخصائص الدليلية للتربة الطبيعية المستخدمة في البحث

حدود اتربرك:	حد السيولة (W_L)%	51
	حد اللدونة (Wp)%	24
	دليل اللدونة (Ip)%	27
الانكماش الخطي (LS)%		14.6
الوزن النوعي (Gs)		2.72
تصنيف التربة	حسب نظام التصنيف الموحد (U.C.S.)	CH
	حسب نظام تصنيف الجمعية الأمريكية للطرق (AASHTO C.S.)	Group= A-7 Sub Group= A-7-6
التحليل الحبيبي:	الرمل % > 0.074 ملم	9
	0.002 ملم <الغرين % ≥ 0.074 ملم	53
	الطين % ≥ 0.002 ملم	38
الفعالية (Activity)		0.71
بعض الفحوصات الكيميائية:	نسبة الجبس%	1.3
	نسبة المواد العضوية%	1.46
	املاح الكبريتات (SO_3) %	0.3
	الاملاح الذائبة الكلية (T.S.S)%	2.25
	الاس الهيدروجيني(pH -value)	8.54
	سعة التبادل الايوني (C.E.C) (meq/100mg of soil)	28

* كل نتيجة تمثل معدل لثلاث تجارب أو أكثر وهكذا لبقية الفحوصات

جدول(2) فحوصات المياه الصناعية المستخدمة في البحث

ت	نوع الفحص	الوحدة	A	B	C	D
1	تركيز الهايدروجين (pH)		9.4	6.8	7.2	6
2	التوصيلية الكهربائية (E.C.)	μ Mhos/cm	21000	755	858	1250
3	الكاربونات $(CO_3^{=})$	Mg/1	5575	200	90	660
4	البيكاربونات (HCO_3^{-})	=	13125	260	110	1000

تابع-جدول(2) فحوصات المياه الصناعية المستخدمة في البحث

ت	نوع الفحص	الوحدة	A	B	C	D
5	القاعدة الكلية (T.A.)	=	18700	460	200	1660
6	العسرة الكلية (T.H.)	=	640	400	200	680
7	المغنيسيوم (Mg^{++})	=	99	50	30	25
8	الكالسيوم (Ca^{++})	=	80.16	88	90	110
9	الفوسفات $\left(PO_4^{3-}\right)$	=	2.6	1.6	3	2
10	الكلوريدات $\left(cl^-\right)$	=	1920	80	43	200
11	الكبريتات $\left(SO_4^{2-}\right)$	=	395	260	123	300
12	النترات $\left(NO_3^-\right)$	=	10.2	6	4	5.6
13	المتطلب البايوكيمياوي للأوكسجين (BOD)	=	50	246	290	2625
14	المتطلب الكيمياوي للأوكسجين (COD)	=	75	372	1250	6825
15	مواد خاصة		الامونيا والكبريتيد	النفط والدهون	السيانيد، المروم، الحديد، النفط والاصباغ	الامونيا، المعادن الثقيلة والدهون
16	مواد عامة		الصوديوم (Na^+)، البوتاسيوم (K^+)، مواد صلبة / عالقة/ ذائبة/ متطايرة			

جدول (3) تأثير المياه الصناعية على الخواص الدليلية للتربة

نوع المعاملة	التركيز (%)	حدود اتربرك(%)				التصنيف U.C.S
		W_L	Wp	Ip	LS	
So	0	51	24	27	14.6	CH
Sa	1	50	22	28	14.9	CL- CH
	2	48	23	25	14.3	CL
	4	47	24	23	14.2	CL
Sb	1	49	21	28	15.3	CL
	2	49	21	28	16.0	CL
	4	50	19	31	16.4	CL- CH
Sc	1	50	20	30	15.5	CL- CH
	2	48	20	28	15.8	CL
	4	50	20	30	16.0	CL- CH
Sd	1	48	20	28	15.5	CL
	2	48	20	29	16.1	CL
	4	49	19	30	16.2	CL

جدول (4) نتائج فحص نسبة المواد العضوية في الترب المعاملة بتراكيز مختلفة من المياه الصناعية

نوع المعاملة / التركيز(%)	So	Sa	Sb	Sc	Sb
0	1.46				
1		1.2	1.8	1.65	2.1
2		1.5	2.2	2.0	2.7
4		1.75	3.3	3.15	4.0

جدول (5) نتائج فحص الاس الهيدروجيني (pH-value) للترب المعاملة بتراكيز مختلفة من المياه الصناعية

نوع المعاملة / التركيز(%)	So	Sa	Sb	Sc	Sb
0	8.54				
1		8.64	8.5	8.5	8.51
2		8.8	8.35	8.25	8.35
4		9.2	8.03	8.08	7.9

جدول (6) تأثير المياه الصناعية على سعة التبادل الايوني للتربة.

نوع التربة المعاملة	So	Sa	Sb	Sc	Sd
C.E.C. (meq/100gm of soil)	28	31-30	33	36	39

جدول (7) تأثير تركيز المياه الصناعية على خواص الرص ومقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة

نوع المعاملة	التركيز (%)	خواص الرص		مقاومة الانضغاط غير المحصور (U.C.S) (kN/m^2)
		O.M.C. (%)	M.D.D(kN/m^3)	
So	0	18.0	16.97	950
Sa	1	17.75	17.07	965
	2	17.0	17.17	1000
	4	16.0	17.27	1137
Sb	1	17.25	17.17	1040
	2	17.0	17.51	1060
	4	15.0	17.66	1118
Sc	1	16.75	17.17	1000
	2	16.75	17.42	1040
	4	16.0	17.47	1070
Sd	1	16.6	17.32	1000
	2	16.3	17.52	1050
	4	16.0	17.37	1080

جدول (8) تأثير المياه الصناعية على معاملات قص التربة

نوع المعاملة	التركيز (%)	معاملات قص التربة	
		التماسك الفعال (c') (kN/m^2)	زاوية الاحتكاك الفعالة (ϕ') (degree)
So	0	49	30
Sa	1	60	33
	2	68	34
	4	75	32
Sb	1	54	37
	2	62	36
	4	78	34
Sc	1	74	32
	2	83	31
	4	84	31
Sd	1	78	26
	2	84	24
	4	88	21

جدول (9) قيم خصائص الانتفاخ للتربة الطبيعية والمعاملة بالمياه الصناعية

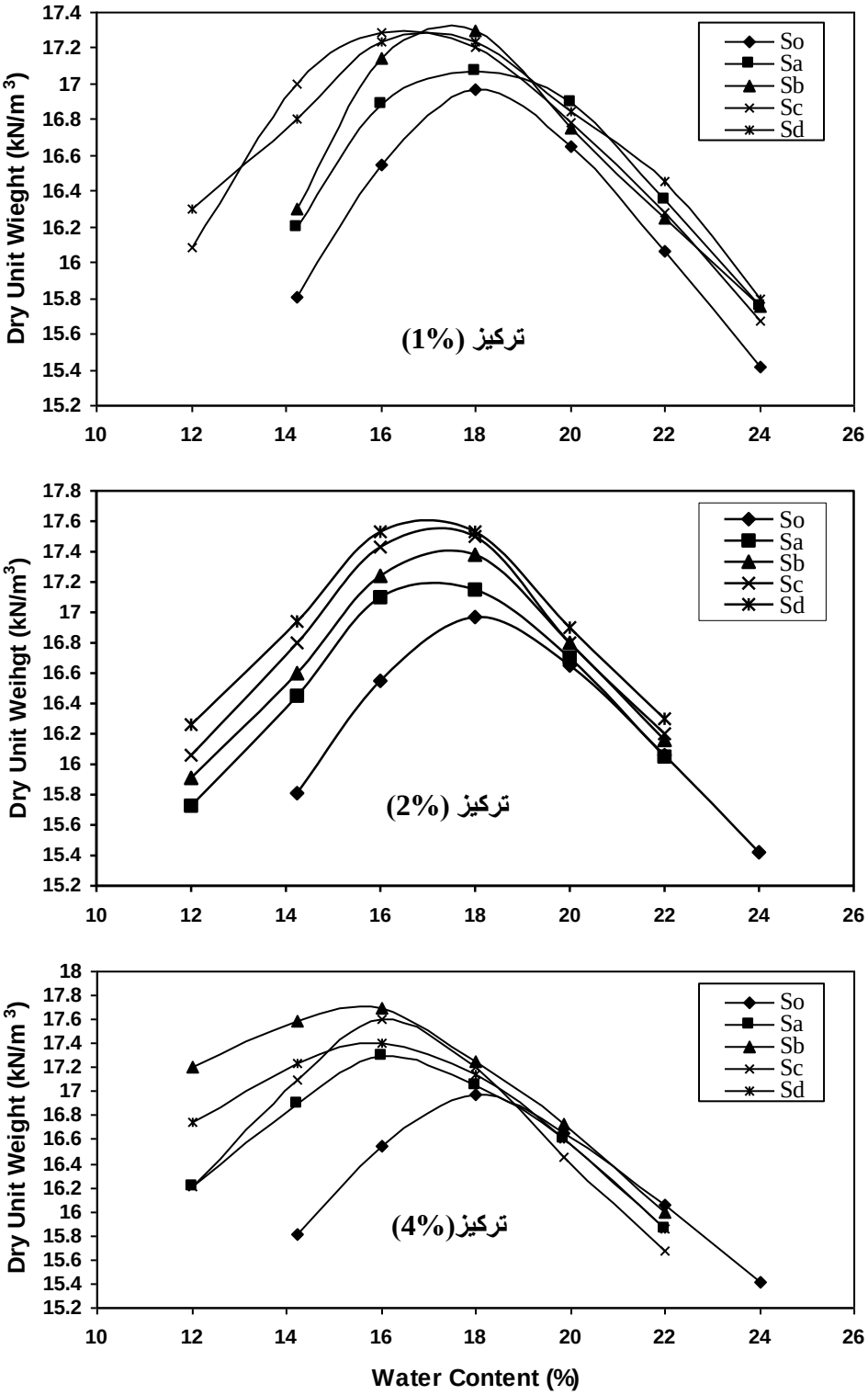
التركيز (%)	الخصائص	نوع المعاملة				
		So	Sa	Sb	Sc	Sd
1	نسبة الانتفاخ (%)	3.2	30.8	4.4	4.5	4.15
	ضغط الانتفاخ (kN/m^2)	176	210	243	215	210
2	نسبة الانتفاخ (%)		2.7	4.5	4.6	4.15
	ضغط الانتفاخ (kN/m^2)		147	294	265	318
3	نسبة الانتفاخ (%)		2.5	4.3	5.2	4.43
	ضغط الانتفاخ (kN/m^2)		142	275	294	323

جدول (10) نتائج خصائص الانضمام للتربة الطبيعية والمعاملة بالمياه الصناعية

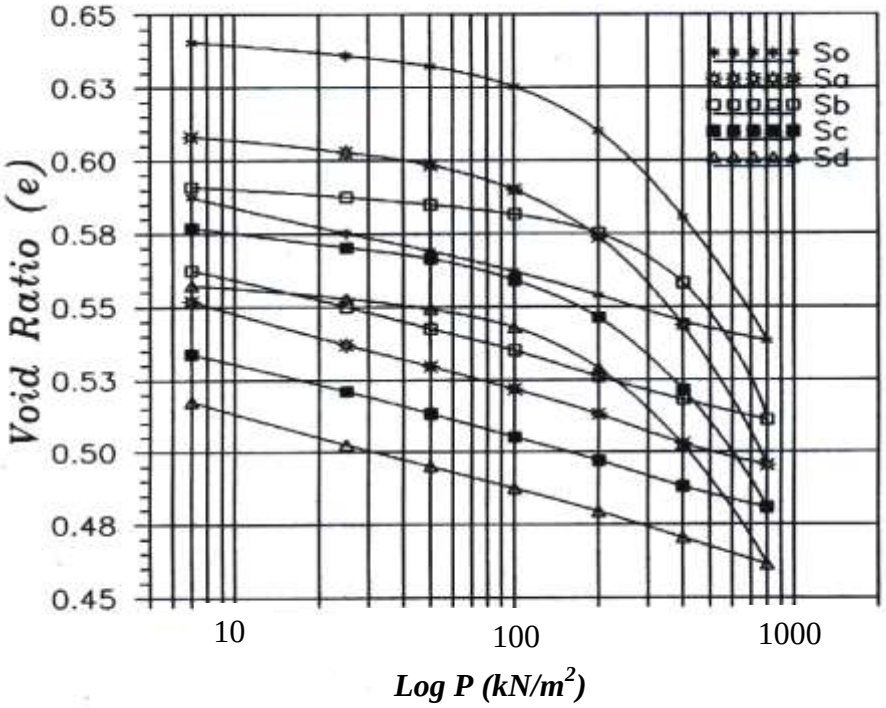
نوع المعاملة / خصائص الانضمام	So	Sa	Sb	Sc	Sd
e_o	0.645	0.62	0.60	0.58	0.563
c_c	0.115	0.125	0.12	0.116	0.119
c_s	0.0238	0.0268	0.0261	0.0253	0.0252
P_c (kN/m^2)	193	215	274	265	255
$c_v \times 10^{-4}$ (cm^2/ sec)	0.8	1.9	2.7	2.3	2.7
$k \times 10^{-9}$ (cm/ sec)	1.052	1.25	1.451	1.434	1.448

المحتوى الرطوبي الأمثل O.M.C = Optimum Moisture Content

الكثافة الجافة العظمى M.D.D= Max. Dry Density



شكل (1) تأثير المياه الصناعية بتراكيزها الثلاثة على منحني الرص للتربة الطبيعية



شكل (2) منحنيات الانضمام للتربة الطبيعية والمعاملة بالمياه

STUDY THE EFFECT OF INDUSTRIAL WASET (INDUSTRIAL WATERS) ON THE ENGINEERING PROPERTIES OF EXPANSIVE CLAYEY SOIL

Dr. Mohammed T. H. Al-layla
Professor
Civil Engineering Dept.

Ibrahim M. Ahmed Al-kiki
Ass. Lecturer
Water Resources Eng. Dept.

College of Eng. - Mosul University

ABSTRACT

This Research deals with the effect of industrial waste on the engineering properties of clayey soil .The investigated soil was obtained from (1.0) meter depth Al- Yarmook district in Mosul City. The soil can be described as light brown stiff clay, in organic clay with high plasticity (CH), and it contains (38%) clay size particles ($\leq$ 0.002 mm). The soil was treated with four types of industrial waters, taken from several factories located in Mosul city and from fertilizers factory in Baiji region.

The Results, show that the industrial waters caused a little reduction in the liquid limit and Increased the plasticity index, except the fertilizers factors Industrial waters where plasticity index of the soil decrease with increasing the addition of this type of industrial waters. As far as the effect of industrial waters on the compaction characteristics, the result showed that the maximum dry density of the soil increased with the addition of industrial waters and the optimum moisture content decreased.

The industrial waters increased the unconfined compressive strength and the shear strength parameters (angle of internal friction (ϕ') and cohesion (c')) , except the industrial

waters from sugar and yeast factories decreased the angle of internal friction .

The study, showed that the swelling percentage and swelling pressure increased with increasing the concentration of industrial waters, except the industrial waters of the fertilizers factory, where the swelling characteristics decreased.

The results of consolidation test showed that the compression Index (c_c) and coefficient of consolidation (c_v) increased when the soil was treated with industrial waters.

The results of chemical tests showed that the values of cat ion exchange capacity and organic matter content increased while the (pH- value) decreased for treated soil, except the Industrial waters of fertilizers factory, which caused an increase in the (pH-value) .

KEYWORDS

Industrial waste, clayey soil, properties