

معالجة خصائص الانتفاخية و التداعي للتربة بإضافة مخلفات هدم الأبنية

محمد عمر إبراهيم¹، رزكار علي حمادي²

¹قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

²قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة صلاح الدين، اربيل، العراق.

¹mohammed.o.ibrahim@live.com, ²rizgar.hummadi@su.edu.krd

الملخص

تحدث تغيرات حجمية للتربة نتيجة لتعرضها للماء فاذا كانت تربة انتفاخية يزداد حجمها و بذلك تسلط ضغط على محيطها، اما اذا كانت تربة انهيارية فتسبب بمقدار هطول عالي للتربة تحت الاحمال المسلطة عليها، ويمكن تقدير مقدار نسبة الانتفاخية وضغط الانتفاخ بالاعتماد على بعض الخواص الفيزيائية و الهندسية للتربة، ولإعادة استخدام مخلفات مواد هدم الأبنية وتثبيت التربة تم دراسة إضافة مخلفات مواد الأبنية إلى التربة بنسب مختلفة (2.5, 5, 10, 15, 20) من وزن التربة وبينت النتائج ان زيادة 2.5% من مخلفات مواد البناء إلى التربة تقل قابلية الانتفاخية بنسبة 24% حيث تتغير التربة من متوسط الانتفاخية إلى منخفضة الانتفاخية، وان زيادة 20% من مخلفات مواد هدم الأبنية تقل قابلية الانتفاخية بنسبة 55% من قابلية الانتفاخية وبهذا تتغير التربة من عالية الانتفاخية إلى متوسطة الانتفاخية، أما جهد الانتفاخ فنقل جهد الانتفاخ بنسبة 16% بإضافة 2.5% من مخلفات مواد البناء وتقل بالنسبة 50% بإضافة 20% من مخلفات مواد البناء، أما بالنسبة إلى الانهيارية التربة فبينت نماذج التربة ذات محتوى جسي أن إضافة 2.5% من مخلفات مواد البناء تقل قابلية الانهيارية للتربة الجبسية بنسبة أكثر من 15% إذ تتغير درجة الانهيار من متوسط إلى خفيفة الانهيار، و تقل قابلية الانهيارية بنسبة 40% وذلك بزيادة 15% من مخلفات مواد البناء.

الكلمات الدالة: ميكانيك التربة، انتفاخية التربة، تداعي التربة، مخلفات هدم الأبنية.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2018.13.4.11>

Treatment of Swelling and Collapsible Characteristics of Soils By Waste Building Materials

Mohammed O. Ibrahim¹, Rizgar A. Humadi²

¹Department of Civil Engineering Mosul University, Mosul, Iraq.

²Department of Civil Engineering Salahaldin University, Erbil, Iraq.

¹mohammed.o.ibrahim@live.com, ²rizgar.hummadi@su.edu.krd

Abstract

Volume changes occur when soil exposed to water, for expansive soil the size of soil increases and produce pressure on surrounding area, but for collapsible soil it cause large amount of settlement under a certain load, the amount of swelling and swelling pressure can be predicted by depending on some physical properties. In order to recycling the materials of waste building demolition and stabilization soil, this research studied, the effect of adding waste building material in different percentages (2.5, 5, 10, 15, 20)% by the weight to the soil. The results showed that by adding 2.5% of waste building material the swell potential will decrease by 24% and the soil changes from medium to low expansive, and by adding 20% of waste building material the swell potential will decrease by 55% and soil changes from high to middle expansive. In addition, for swell pressure by adding 2.5% of waste building material, the swell pressure will decrease by 16% and for 20% of waste building material the swell pressure will decrease by 50%. On the other hand the Collapsible soil that contain gypsum showed that the potential of collapse will decrease by adding 2.5% of waste building materials by amount more than 15% and the soil changed from middle to low collapsible, the collapse potential will decrease 40% by adding 15% of waste building materials.

Keywords: Soil Mechanic; Soil Swellability; Soil Collapsibility; Waste Building Materials.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2018.13.4.11>

1. المقدمة:

بسبب ازدياد نسبة السكان ازدادت نسبة الأبنية المستخدمة وإن لكل تلك الأبنية عمر محدد وبعد ذلك العمر تنتهي صلاحية استخدامها لذلك تهدم لبنائها من جديد أو لاستخدامات أخرى، وإنّ نتاج الاعمال الهدم لتلك الأبنية تكون مخلفات صلبة من كتل كونكريتية وطابوق ومواد أخرى، وعادة التخلص من تلك المواد تكون باهظة الثمن ولكن اذا استخدمت تلك المخلفات في مجال جيوتكنيك يمكن استفادة منها لأجل تقوية وتثبيت التربة.

وإنّ هذه البحث تتناول مدى تأثير هذه المواد على تحسين مشاكل التربة من الانتفاخ والتداعي ، وتعدّ تلك المشاكل من المشاكل العالمية التي تكون السبب الرئيسي لتصدعات وانهيار في معظم انواع المنشآت الهندسية من الطرق والابنية ومنشآت مدنية أخرى، وتكون الخسائر ملايين دولارات سنويا [1]. وطبقاً لبعض الإحصاءات فإنّ الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على تربة انتفاخية وترب قابلة للانهايار تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة [2].

والسبب في تلك المشاكل ان تربة الانهيارية في حالة وجود نسبة رطوبة طبيعية منخفضة وكثافة جافة منخفضة نسبياً تكون قوية ومتماسكة وتحمل قيمة عالية من الجهد نسبياً مع قيمة هبوط منخفضة ولكن تفقد تلك الخواص عند تعرضها للماء وتتسبب بانهايار مفاجئ في أغلب الأحيان [1]، و مصادر الماء يمكن ان تكون الفيضانات ارتفاع منسوب مياه جوفية كسر في خطوط المياه او مصاريف جوفية. اما التربة الانتفاخية فهي التي تتغير حجمها نتيجة لتغير محتوى المائي يزداد حجمها حينما تمتص الماء اذ يتمكن الماء من الدخول بينها و يتسبب في تباعدها وبالتالي زيادة حجمها وانتفاخها ويتقلص عند فقدانها وذلك لاحتوائها على معادن المونومورلينايت وهالوسايت والسيولايت [3] والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف جهد تحت المنشأ من مكان واخر وهذا بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة في التربة الحاملة للأساسات، وتزداد تأثير الانتفاخ في المباني الصغيرة، والطرق، وأبراج الاتصالات وخزانات...

لأنها تسلط أحمال صغيرة على التربة وبذلك تتغلب الضغط الانتفاخ عليها وان التغيرات المحتوى الرطوبي الموسمية بسبب الأمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ ولكنها سوف تستمر في الحدوث حول أطراف ومحيط المنشأ. وهذا يؤدي إلى هبوط أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت

المنشأ وعلى العكس من ذلك في المواسم الأمطار، فإنَّ أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه ويحدث ما يسمى تقعر التربة. ويسمى هذا التمدد للتربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود آبي تسرب من المصادر المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ [4].

وفي حالة إقامة منشآت على مساحات كبيرة نسبيا مثل مجمعات سكنية، طرق بين المدن أو خطوط سكك حديد تحتاج إلى كميات كبيرة من المواد مثل السمنت، النورة، الاسفلت، مواد بولي برلين و جيوتنثتيك لغرض معالجة التربة وان هذه المواد ذات كلفة عالية نسبيا وخاصة اذا قرنت بمخلفات المواد البناء او بسبب وجود مخلفات البناء بكميات كبيرة يمكن ان يغطي مساحات واسعة لغرض تثبيت التربة و استخدام مخلفات الابنية لتثبيت التربة ذات غاية مزدوجة تخلص من تلك المواد و حل مشاكل التربة من الانتفاخ والتداعي.

2. البرنامج العملي:

في هذه الدراسة تم إجراء سلسلتين من التجارب على نوعين مختلفين من الترب، الأول على تربة طينية ذات لدونة عالية وذلك لتمثيل التربة الانتفاخية وثانيا على تربة حاوية على مكونات جسيبه وذلك لتمثيل التربة الانهيارية.

2.1 اخذ النماذج لتربة الانتفاخية:

تم اخذ نماذج لتمثيل تربة انتفاخيه في منطقة قريبة من سد شيرين في محافظة كركوك والتي تحتوي على مساحات واسعة من التربة الطينية التي تسببت بأضرار في بعض ابنية و مزارع في المنطقة تم اخذ النماذج مشوهة وغير مشوهة بعمق 1 م تحت مستوى الأرض الطبيعية وتم حفظ النماذج غير مشوهة في حافظات بلاستيكية لحفاظ على نسبة الرطوبة الحقلية.

2.2 الخصائص نماذج التربة الانتفاخية:

إنَّ معرفة تلك الخصائص وبمقارنته مع أبحاث سابقة نحصل على مؤشرات جيدة لتعرف على نوع التربة، وتجرى هذه التجارب على عينات من التربة سواء كانت مشوشة أو سليمة وتدرس خصائص التربة من خلال تجارب عده مثل التدرج الحبيبي لتربة بواسطة المناخل القياسية وتوزيع حبيبات التربة عليها و التدرج الحجمي للحبيبات الناعمة من التجربة

الهيدروميتر، وتحديد قوام التربة من خلال تجارب حدود اتريرك لتحديد حد اللدونة وحد السيولة وإيجاد دليل اللدونة جدول 1 يبين خصائص لنموذج التربة الانتفاخية.

جدول 1: خصائص الفيزيائية لتربة الانتفاخية.

القيم	حسب المواصفات	الخصائص والمؤشرات
53%	ASTM 2010 D4318 [5]	حد السيولة (L.L)
21%	ASTM 2010 D4318 [5]	حد اللدونة (P.L)
32%	ASTM 2010 D4318 [5]	مؤشر اللدونة (P.I)
12.4%	IS-2720-PART-20 [6]	نسبة الانكماش الطولي (S.L)
2.72	ASTM 2014 D854 [7]	الوزن النوعي (G.S)
8%	ASTM 2010 D2216 [8]	محتوى الرطوبة الطبيعية
88%	ASTM 2008 D4254 [9]	نسبة الرص R.C
19%	ASTM 2012 D698 [10]	نسبة الرطوبة المثلى (O.M.C)
16 kN/m ³	ASTM 2012 D698 [10]	الكثافة الجافة العظمى
% 11	ASTM 2014 D4546 [11]	نسبة الانتفاخ
210kPa	ASTM 2014 D4546 [11]	جهد الانتفاخ

2.3 قياس نسبة الانتفاخ وقوة الانتفاخ لنماذج التربة المأخوذة:

هناك عدة طرق لحساب او تتبأ بنسبة الانتفاخ وضغط الانتفاخ منها طرق وضعية تعتمد على بعض الخصائص لتربة مثل حدود اتريرك من دليل الدونة ونسب المواد المارة على المناخل من مواد طينية ومكونات كيميائية من المعادن لتربة وخصائص أخرى وتعطي هذه طرائق نتائج قريبة ومقبولة، ولحساب خصائص الانتفاخية في المختبر أيضا يوجد طرق عده من خلال استخدام أجهزة وحدود مختلفة يمكن إيجاد دليل الانتفاخ الحر من خلال تجربة الانتفاخ الحر او إيجاد نسبة الانتفاخ وضغط الانتفاخ من جهاز فحص الانضمام والتي تستخدم في تجربة الانضمام ومن أهمها تلك الطريقة التي تعتمد عليها المعهد الأمريكي للمواد والفحوصات، وقامت هذه المعهد بسلسلة تغيرات بمرور الزمن على هذه التجارب وذلك لغرض تطوير وتسهيل وإعطاء نتائج دقيقة، ومن هذه التغيرات قامت المعهد بدمج تجربتي الانتفاخ والانهيال في اصدار D4546-14 وذلك بسبب التشابه الكثير بين التجريبتين وباستخدامهما نفس الجهاز والعملية ولكن باختلاف في النتائج وبعض الحسابات.

2.4 إضافة المواد لنماذج التربة:

تم اخذ مواد مخلفات البناء وهدم الأبنية حيث كانت تحتوي على قطع كونكريتية مكسرة وسمنت مستهلك ونسبة قليلة من الرمل الناعم ومواد أخرى ناتجة من طحن القطع الكبيرة وتم مرور المواد من منخل 40 والتخلص من مواد العضوية ان وجد فيها وتم خلطها مع التربة بالنسب المطلوبة وتم تعويض نسب الرطوبة بسبب التبخر.

2.5 تحضير النماذج:

تم تحضير نماذج عدد (6) في المختبر ليحتوي كل منها على محتوى (0 ، 2.5 ، 5 ، 10 ، 15، 20)% من الوزن بمخلفات مواد هدم الابنية، تم تثبيت المحتوى الرطوبي والكثافة لجميع النماذج بحيث تكون متشابهة وقريبة للموقع وتم إيجاد نسبة الانتفاخ تحت جهد 1 كيلو باسكال وأضيفت الماء بشكل مستمر وذلك لتغلب على فقاعات.

2.6 اخذ النماذج لتربة الانهيارية

في هذه الدراسة تم استخدام نماذج مشوشة (مخلخلة) ونماذج سليمة (غير مشوشة) أخذت في كلية الطب-جامعة كركوك ويعمق 1 م وذلك لتخلص من المواد العضوية من النباتات والترسبات الجديدة، ان اختيار هذه المنطقة كانت بسبب وجود ابنية متضررة، ويسب وجود شروخ افقية وأيضاً مائلة في اطراف الشبائيك والابواب، التي يدل على هبوط الأسس وفشلها وذلك بسبب الهبوط الجزئي لتربة في المناطق التي تعرضت الى المياه وان تشخيص الخاطئ كمحاولة تصليح الاضرار واخفائها تؤديان الى صرف مبالغ اكثر وبدون تقديم أي معالجة وظهور التشققات والشروخ من جديد وتبعات أخرى اذا أهملت.

2.7 الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

ان معرفة الخصائص الكيميائية للتربة تساعد على تحديد نوع المواد والمعالجات المستخدمة لتثبيت التربة وقد شملت هذه الدراسة دراسة بعض الخصائص الكيميائية للتربة وكما مبين في جدول 2 اما خواص الفيزيائية للتربة فتم اجراء الفحوصات القوام للتربة، بينت أن نموذج التربة تمتلك دليل الدونة منخفضة مقارنة بتربة الانتفاخية وهذا يدل على أن نموذج الثاني يستوعب نسبة رطوبة اقل من النموذج التربة الانتفاخية، واستخدمت فرن لتجفيف بدرجة حرارة 60 درجة مئوية بدلا من 110 درجة مئوية وذلك لمنع تغير مكونات الجبسية الداخلة في تربة بسبب درجة الحرارة العالية.

جدول 2: يبين اهم خصائص لنموذج التربة الانهيارية.

القيم	حسب المواصفات	خصائص والمؤشرات
28%	ASTM 2010 D4318 [5]	حد السيولة (L.L)
16%	ASTM 2010 D4318 [5]	حد اللدونة (P.L)
12%	ASTM 2010 D4318 [5]	مؤشر اللدونة (P.I)
7%	ASTM 2010 D2216 [8]	محتوى الرطوبة الطبيعية
80%	ASTM 2008 D4254 [9]	نسبة الرص R.C
16.5%	ASTM 2012 D698 [10]	نسبة الرطوبة المثلى (O.M.C)
kN/m ³ 17	ASTM 2012 D698 [10]	الكثافة الجافة العظمى
34%	[12] Al-Mufty [13] BS, (BS1377).	نسبة المحتوى الجبسي G.C
1%		نسبة المواد العضوية
8.5		الاس الهيدروجيني pH
11%		نسبة الاملاح الكبريتات So ₃

2.8 تحضير النماذج واجراء اختبار قابلية لانهيار:

اعتمد هذه التجربة على الطريقة فحص الانضمام الأحادي بواسطة جهاز فحص الانضمام و كما مقترح من قبل المعهد الأمريكي للفحوصات والمواد وتم تحضير النماذج ليمثل الحالة الطبيعية لتربة في الموقع وسلط جهد اولي بمقدار 5 kPa قبل إضافة الماء للعينة ولمدة 5 دقائق وذلك لتخلص من النتوءات والفجوات بين نموذج والحجر المسامي ولحصول تماس تام بينهما وتم اخذ القراءة لحين توقف الهبوط للنموذج ولمدة ساعة وتم اضافة الاحمال بشكل مدرج ولغاية 200 kPa وتم حساب قابلية الانهيار من اختلاف قراءه الجهاز قبل وبعد إضافة الماء تحت حمل 200 kPa لكل وحدة سمك لنموذج في الجهاز وحسب مواصفات المعهد الأمريكي لمواد والفحوصات D5333-03 و D4546-14.

3. النتائج والمناقشة:

3.1 مقارنة حدود القوام لتربة الانتفاخية بإضافة مخلفات مواد البناء:

من الواضح أنّ دراسات لانتفاخية التربة تبدأ من خلال إيجاد حدود اتريك للتربة، وان وجود علاقة بين حدود اتريك وانتفاخية التربة تساعد على معرفة نوع التربة من قابلية الانتفاخ ولذلك أجريت دراسات عديدة لتحديد قوانين وضعية و منحنيات وجداول لتمثل هذه العلاقة، وتبقى هذه القوانين علاقات وضعية و مؤشرات قريبة لمعرفة نسبة الانتفاخ او إمكانية

الانتفاخ، جدول 3 يبين نتائج حدود الاتريك مع إضافة نسب مختلفة من المخلفات البناء، ومن خلال هذه التجارب تبين ان حد السيولة لنموذج من التربة بدون إضافة مواد يساوي 53% وبمقارنته في جدول 3 حسب تصنيف (Neil and Poormaayed) [14] يبين لنا ان تربة متوسطة الانتفاخية اما في جدول 5 حسب (Chen) [15]، والمقياس الهندي [16] فان التربة عالية اللدونة، واذا اخذنا تصنيف (Neil and Poormaayed) باعتبار فان إضافة 10 % او اكثر من مخلفات مواد البناء تتغير التربة من انتفاخية متوسطة الى انتفاخية منخفضة اما في مواصفات الهندية ومقارنته مع النتائج فان إضافة 10% يغير التربة من تربة عالية الانتفاخية الى تربة متوسطة الانتفاخية و استمرار إضافة المواد البناء لحد 20% لا تعبر التربة من متوسطة الانتفاخ الى منخفضة الانتفاخ، وبالنسبة للدليل اللدونة فمن المعروف ان الدليل اللدونة هي فرق النسبي بين حدي اللدونة والسيولة أي تعتمد على الحدين معا لذلك تفضل معظم الدراسات اعتماد على دليل اللدونة، ومن خلال ذلك يتضح لنا ان تقليل في حد اللدونة يزداد الانتفاخية ويمكن ملاحظة انخفاض حد اللدونة بشكل متفاوت بزيادة مخلفات البناء، وان إضافة 15 % او اكثر من المخلفات البناء تتغير التربة من انتفاخية متوسطة الى انتفاخية منخفضة باعتماد على دليل اللدونة و حسب (Neil and Poormaayed) في جدول 4. وان تصنيف التربة من قبل، (Holtz and Gibbs) [17] و (Chen) فان نموذج التربة (بدون إضافة أي مواد تكون متوسطة او عالية الانتفاخية اما في مواصفات الهندية فان التربة عالية الانتفاخية وذلك حسب دليل اللدونة وان إضافة 20% من مخلفات مواد البناء يغير التربة الى متوسطة اللدونة، جدول 6 يبين تصنيف التربة من خلال دليل اللدونة.

جدول 3: يبين تأثير مواد المضافة على حد السيولة وحد اللدونة ودليل اللدونة.

6	5	4	3	2	1	النماذج
20	15	10	5	2.5	0	نسبة المواد المضافة %
41.3	44.7	46.1	50.7	51.0	53.1	L.L
18.8	20.0	20.9	21.6	22.5	21.0	P.L
22.5	24.6	25.1	29.1	28.9	32.1	P.I

جدول 4: تصنيف التربة الانتفاخية على أساس حد السيولة ودليل اللدونة مع نسبة الانتفاخ حسب محددات

(Neil and Poormaayed)

تصنيف التربة الانتفاخية	S.P (%)	P.I	L.L
منخفض	<0.5	<25	<50
متوسط	1.5-0.5	25-35	50-60
عالي	>1.5	>35	>60

• نسبة الانتفاخ (S.P %) تحت جهد ضغط طبقات التربة (Overburden pressure) في جهاز فحص الانضمام

جدول 5: تصنيف التربة الانتفاخية على أساس حد السيولة في محددات (Chen,1975)،

(Indian Standard 2013)

L.L %		درجة الانتفاخ
IS 1498	Chen	
20-35	<30	منخفض
35-50	30-40	متوسط
50-70	40-60	عالي
70-90	>60	عالي جدا

جدول 6: تصنيف التربة الانتفاخية على أساس دليل اللدونة في محددات (Holtz,and,Gibbs ،Chen,1975)،

(Indian Standard 2013)

P.I %			درجة الانتفاخ
IS 1498	Holtz and Gibbs	Chen	
<12	<20	0-15	منخفض
12-23	12-34	10-35	متوسط
23-32	23-45	20-55	عالي
>32	>32	>35	عالي جدا

3.2 تأثير إضافة مخلفات مواد البناء على نسبة الانتفاخ من خلال جهاز فحص الانضمام :

لغرض إيجاد نسبة الانتفاخ بشكل مباشر تم إجراء تجربة الانتفاخ أحادي المحور في جهاز اوديوميتر ولنماذج التربة باختلاف إضافة نسبة المواد من مخلفات هدم الأبنية ويمكن ملاحظة النتائج في **جدول 8** و**شكل 1** حيث يبين نتائج تأثير إضافة مخلفات مواد البناء على نسبة الانتفاخ، وبمقارنة النتائج مع الجداول والمواصفات وكما موجود في **جدول 7** يبين وجود تباين بين هذه المواصفات ويرجع بعض الأسباب الى اختلاف تأثير نسبة الانتفاخ على أنواع مختلفة من المنشآت، تكون تأثير نسبة الانتفاخ كبيرا على منشآت ذات أسس ضحل مثل طرق و سكك حديد واسس خزانات مياه وأبراج اتصالات وبلاطات أرضية.

جدول 7: يبين مقارنة النتائج نسبة الانتفاخ بمواصفات تصنيف (Holtz and Gibbs, Seed H. B.)

نسبة المواد المضافة %	(Holtz and Gibbs)	(Seed et al)
0	متوسط	عالي
2.5	منخفض	عالي
5	منخفض	عالي
10	منخفض	عالي
15	منخفض	عالي
20	منخفض	متوسط

جدول 8: يبين تأثير المواد المضافة على نسبة الانتفاخ تحت جهد اولي 1 kPa في جهاز اوديوميتر وتم تثبيت نسبة

الرطوبة والرص ليمثل ما موجود في الحقل ولجميع النماذج.

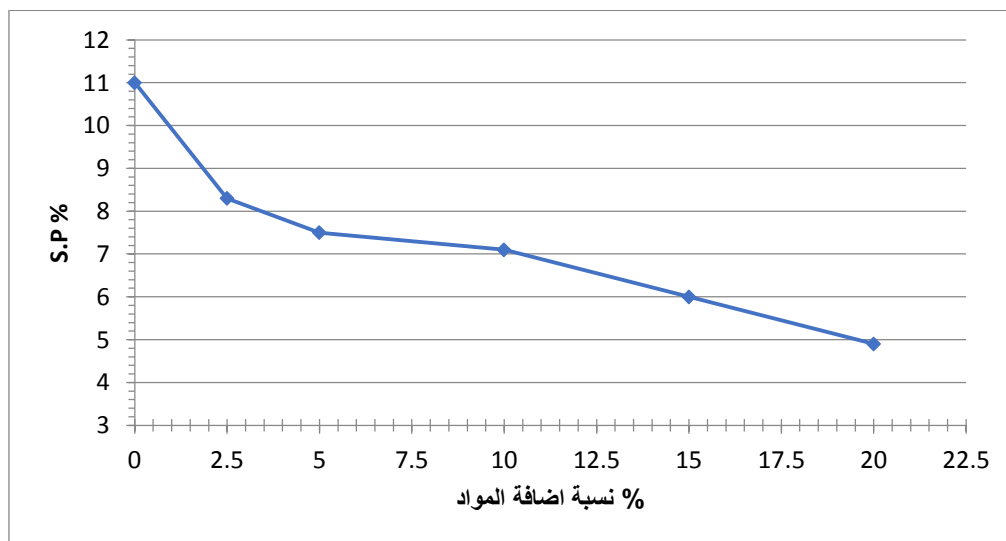
النموذج	نسبة المواد المضافة %	S.P%
1	0	11.0
2	2.5	8.3
3	5	7.5
4	10	7.1
5	15	6.0
6	20	4.9

جدول 9: تصنيف التربة الانتفاخية على أساس بعض الخصائص التربة (Holtz and Gibbs, 1956; Seed H. B.

and Woodward R.J, 1962) [18]

S.L % حد الانكماش	S.P % (Seed et al)	S.P % (Holtz and Gibbs)	F.S.I	درجة الانتفاخ
<13	0-1.5	<10	<50	منخفض
8-18	1.5-5	10-20	50-100	متوسط
6-12	5-25	20-30	100-200	عالي
>10	>25	>30	>200	عالي جدا

- نسبة الانتفاخ (S.P %) تحت جهد (6.9 kPa) في جهاز اوديوميتر ونسبة الرطوبة الأولية مجففة بالفرن.
- تستخدم تصنيف (Holtz and Gibbs 1956) من قبل مكتب الإصلاح الأمريكي U.S Bureau of Reclamation 2017.



شكل 1: يبين تأثير المواد المضافة على نسبة الانتفاخ في جهاز فحص الانضمام.

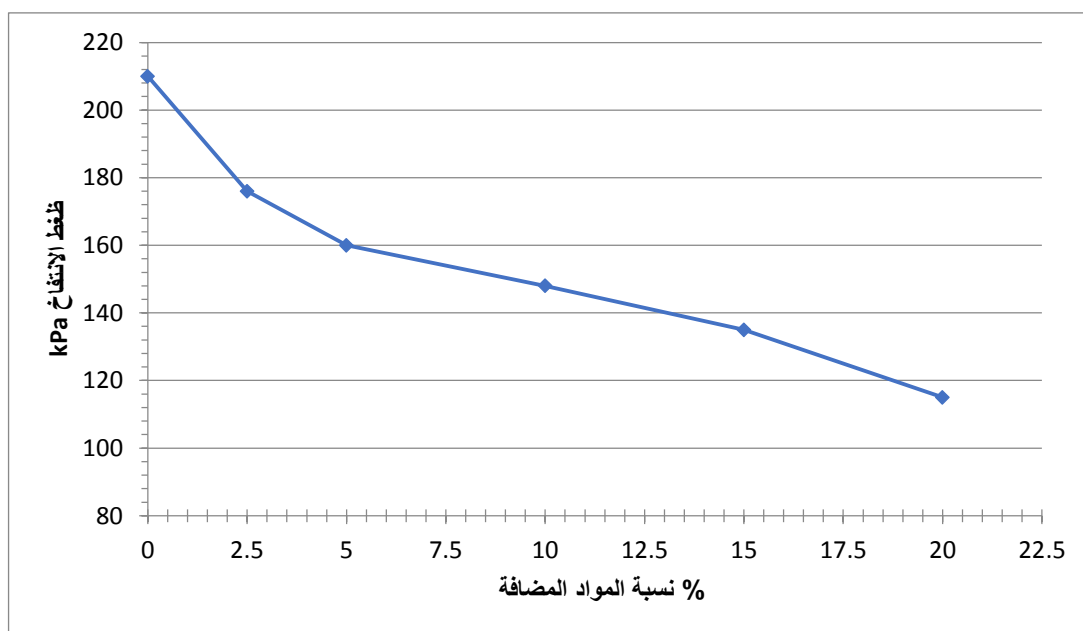
3.3 تأثير إضافة مخلفات مواد البناء على جهد الانتفاخ:

يعتبر حساب جهد الانتفاخ لتربة ضرورية وذلك لمقارنته مع احمال المنشآت وطبقات التربة فمن الضروري تغلب الاحمال المسلطة على التربة على ضغط الناتج من انتفاخ التربة فبعكسه تحدث انتفاخ للتربة، وكانت نتائج تأثير إضافة

مخلفات المواد على جهد الانتفاخ في المختبر إيجابية وكما مبين في جدول 10 و بيين في شكل 2 أن زيادة 20% من مخلفات مواد البناء تقل جهد الانتفاخ بحدود 50 % من جهد الانتفاخ قبل إضافة المواد، أي زيادة مخلفات تقل جهد الانتفاخ.

جدول 10: بيين تأثير المواد المضافة على جهد الانتفاخ تحت جهد اولي 1 kPa في جهاز اوديوميتر وتم تثبيت نسبة الرطوبة والرص ليمثل ما موجود في الحقل ولجميع النماذج.

النموذج	نسبة المواد المضافة %	ضغط الانتفاخ (kPa)
1	0	210
2	2.5	176
3	5	160
4	10	148
5	15	135
6	20	115



شكل 2: بيين تأثير المواد المضافة على جهد الانتفاخ في جهاز فحص الانضمام.

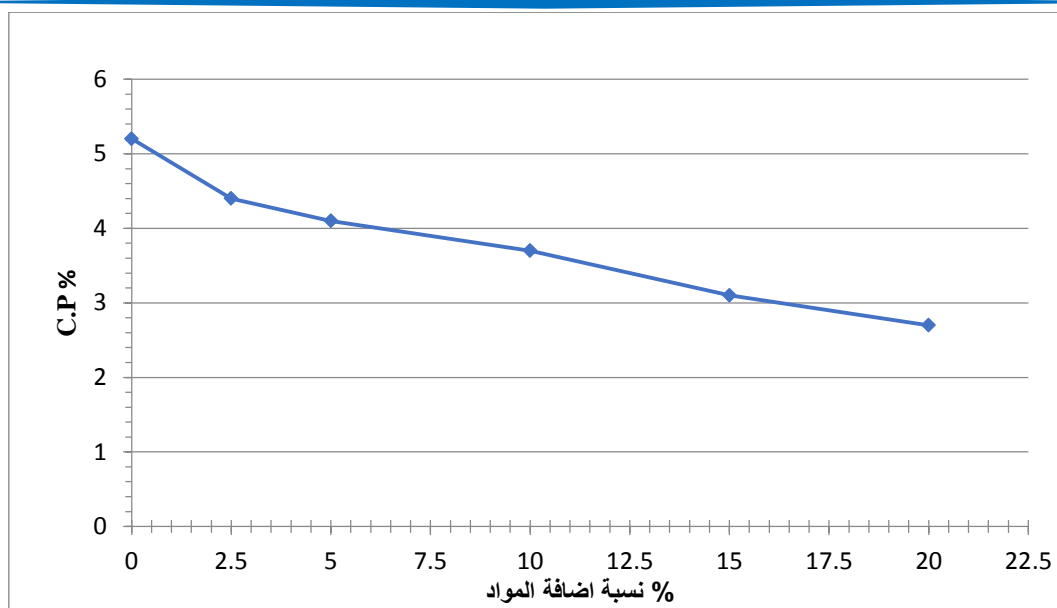
3.4 تأثير إضافة مخلفات على قابلية التربة للانهييار

من خلال التجارب الكيميائية لنموذج من التربة الانهييارية تبين أن نسبة المواد الجبسية في التربة 34% فهذا يدل أن التربة عالية الجبسية حسب تصنيف البرزنجي [19] للترب الجبسية و ان سبب مشاكل التربة في هذه المنطقة تكمن في وجود محتوى جبسي عالي داخل التربة والتي تسبب انهيار التربة و فجوات جوفية بسبب غسل التربة، وعند إشباع التربة الجبسية بالماء فإن مقاومتها تقل بشكل حاد وذلك حسب نسبة وطبيعة الاملاح الموجودة إضافة إلى خواص التربة ورطوبتها وكثافتها، حيث يحدث انحلال لهذه الاملاح وتتحطم الروابط بين جزيئات التربة بالإضافة إلى أن الماء يقلل صلابة حبيبات الجبس ومقاومتها بشكل كبير. وبينت فحص قابلية الانهييارية الأحادية (SCP) لنموذج من التربة أن دليل قابلية الانهييار (نسبة قابلية الانهييار) تساوي 5.2% وكما بيّن في شكل 3 وهذا يدل ان نوع التربة متوسط الى عالي الانهييارية ضمن تصنيف التربة من خلال ASTM في جدول 11، اما من خلال محددات خطورة انهيارية التربة (Jennings and Knight) في جدول 11 فيعتبر التربة ذات مشاكل (Problem). وبينت أيضا ان إضافة المواد على نماذج من تربة يسبب تغيرا ملحوظا لهبوط التربة تحت احمال معينة في حالة مشبعة وغير مشبعة بالماء وكما يبين في شكل 4.

جدول 11: نتائج تأثير إضافة مخلفات مواد البناء بنسب مختلفة على قابلية الانهييارية لتربة حسب المعهد الأمريكي

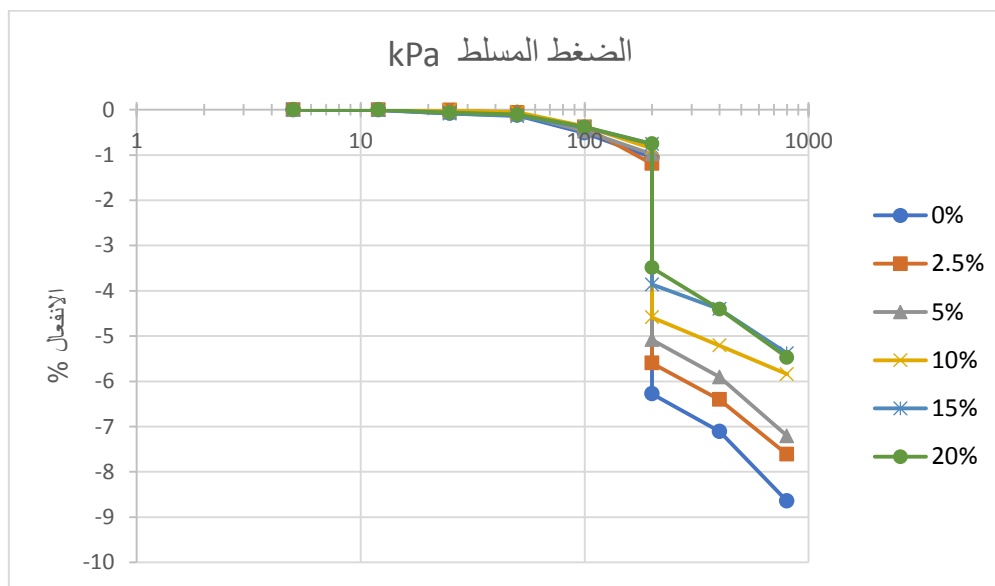
للفحوصات والمواد و (Jennings and Knight 1975).

Jennings and Knight [21,22]	ASTM [20]	نسبة المواد المضافة %
ذات مشكلة	متوسط عالي	0
متوسط المشكلة	متوسط	2.5
متوسط المشكلة	متوسط	5
متوسط المشكلة	متوسط	10
متوسط المشكلة	متوسط	15
متوسط المشكلة	متوسط	20



C.P = Collapse potential ❖

شكل 3: تأثير إضافة مخلفات مواد البناء على قابلية الانهيار.



شكل 4: يبين نتائج نسبة قابلية الانهيار بالغمر بالماء لنماذج من التربة حسب كمية إضافة المواد اليها.

4. الاستنتاجات:

وفقاً لأهداف البحث، فقد تم التوصل إلى أهم الاستنتاجات الآتية:

يمكن تقدير نسبة وجهد الانتفاخ من خلال طرق غير مباشرة تعتمد على خواص الفيزيائية للتربة، ولكن لحصول على نتائج دقيقة لابد من اجراء تجارب عملية لحصول على نسبة وجهد الانتفاخ. من خلال التجارب الكيميائية تبين أن نموذج التربة الانهيارية هي تربة جسيمة، وان التربة الجسيمة تتعرض للانهايار بشكل سريع حين وصول الماء اليها. يمكن ملاحظة تحسين نسبة قابلية الانتفاخية لتربة من خلال إضافة المواد مخلفات هدم الأبنية بنسب مختلفة حيث بينت النتائج في هذه الدراسة ان زيادة 2.5% من مخلفات مواد البناء الى التربة تقل قابلية الانتفاخية بنسبة 24% من قابلية الانتفاخية للتربة حيث يتغير التربة من متوسط الانتفاخية الى منخفضة الانتفاخية حسب (Holtz and Gibbs)، وان زيادة 20% من مخلفات مواد هدم الأبنية تقل قابلية الانتفاخية بنسبة 55% من قابلية الانتفاخية وبهذا تتغير التربة من عالية الانتفاخية الى متوسطة الانتفاخية حسب (Seed et al).

يتأثر جهد الانتفاخ لتربة الانتفاخية بشكل إيجابي من خلال إضافة مخلفات هدم الأبنية حيث بينت النتائج العملية أن زيادة 2.5% من مخلفات هدم الأبنية تقل جهد الانتفاخ بنسبة 16% من جهد الانتفاخ لنموذج التربة بدون إضافة المواد، وبإضافة 20% من مخلفات هدم الأبنية تقل جهد الانتفاخ بنسبة 50% من جهد الانتفاخ لنموذج التربة الانتفاخية بدون إضافة المواد.

يمكن تحسين مقدار قابلية الانهيارية للتربة بزيادة مخلفات هدم الأبنية الى التربة الجسيمة، حيث اظهرت النتائج في هذه الدراسة ان بإضافة 2.5% من مخلفات هدم الأبنية تقل قابلية الانهيارية للتربة الجسيمة بنسبة أكثر من 15% حيث يتغير درجة الانهيار من متوسط الى خفيفة الانهيار بحسب مواصفات المعهد الأمريكي للفحوصات والمواد، وبزيادة 15% من مخلفات هدم الأبنية تقل قابلية الانهيارية بنسبة 40% من قابلية الانهيارية لنموذج التربة بدون إضافة المواد.

5. الاقتراحات و التوصيات للأعمال المستقبلية:

يمكن تلخيص التوصيات لأعمال والبحوث المستقبلية كالآتي:

لحصول على درجات احسن لتحسين التربة يمكن إضافة مكونات أخرى مع مخلفات هدم الأبنية مثل بوليمرات، الاسفلت و نورة ومواد أخرى بنسب مختلفة.

في هذه الدراسة تم تركيز على قابلية الانهيارية لتربة الانهيارية ذات محتوى جبسي وتختلف نتائج التحسين التربة بإضافة مخلفات مواد هدم الأبنية الى ترب الانهيارية ذات أنواع أخرى.

تختلف مكونات الناتج من مخلفات هدم الأبنية حسب نوع المواد المستخدمة سابقا للبناء تلك الأبنية فمثلا مواد مثل الطابوق ، ثرمستون و احجار تعطي نتائج مختلفة عن هذه الدراسة

يمكن تحسين تدرج التربة من خلال إضافة مخلفات هدم الأبنية وذلك من خلال سيطرة على أحجام حبيبات مخلفات هدم الأبنية

المصادر

- [1] B. M, Das, "*Principles of Foundation Engineering*", CRC Press, New York, (2012).
- [2] T. W. Lambe, and R. V Whiteman, "*Soil Mechanics*", John Wily and Sons, Inc, New York, (1979).
- [3] L. D.Johnson, "*Review of Literature on Expansive Clay Soil* ", United States Army Engineer Waterways, Experiment Station Vicksburg, (1969).
- [4] John Nelson, and Debora J. Miller, "*Expansive Soils Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*", New York, (1992).
- [5] ASTM (D4318), "*Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*", (2010).
- [6] Indian Standard, 2720-PART-20, "*Determination of linear shrinkage*", (2003).
- [7] ASTM, (D854), "*Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*", (2014).
- [8] ASTM (D2216), "*Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*", (2016)

- [9] ASTM (D7382), "*Standard Test Methods for Determination of Maximum Dry Unit Weight and Water Content Range for Effective Compaction of Granular Soils Using a Vibrating Hammer*", (2008).
- [10] ASTM , (D968), "*Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort*", (2012).
- [11] ASTM, (D4546), "*Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils*", (2014).
- [12] A.A. Al-Muftly and I. H Nashat, "*Gypsum Content Determination in Gypseous Soils and Rocks*", The 3rd Jordanian International Mining Conference, Jordan Engineers Association, 485, Amman, Jordan (2000)
- [13] British Standard, (BS1377). "*Methods of Test for Civil Engineering Purposes Classification Tests*", British Standard Institution. ,(2010).
- [14] O'Neill and Nader Poormoayed, "*Methodology for Foundations on Expansive Clays*", Journal of the Geotechnical Engineering Division, 106, 1345 (1980).
- [15] H .Chen Henf. "*Foundations on Expansive Soils*", 1, 443 Elsevier, Amsterdam, (1975).
- [16] Indian Standard, IS1498, "*Classification and Identification of Soils for General Engineering Purposes*", (2003) .
- [17] W.G. Holts and Gibbs, J. H., "*Engineering Properties of Expansive Clay*", ASCE Transactions 334,(1956).
- [18] H. B. Seed, R. J. Wood Ward, and R. Lundgren, , "*Prediction of Swelling, Potential for Compacted Clays*", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, 88, 53 (1962).



-
- [19] A.F Barazanji, "*Infiltration Rate Characteristics of Gypsiferous Soil in Northern Iraq*" M.Sc. thesis, Irrigation and Drainage Engineering Department College of Engineering, University of Mosul, Iraq (1984).
- [20] ASTM (D 5333-03), "*Standards Test Method for Measurement of Collapse Potential of Soils*", Annual Book of ASTM Standards,(2003-2012).
- [21] J. E. Jennings, and K.Knight, "*The Addition Settlement of Foundations Sandy Subsoil on Wetting*", Proceeding of 4th International Conference on Soil, (1957).
- [22] J.E Jennings, and K,Knight, "*A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure*". In Proceedings 6th Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, (1975).