Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

دراسة تأثير تسرب المياه من أنابيب وخزانات الصرف الصحي على خصائص الترب الانتفاخية

احمد عبد الكريم حازم[1]، أمينة احمد خليل[2]
[2،1] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الموصل، موصل، العراق
[1]xiiiahmed@gmail.com, [2]Amina.alshumam@uomosul.edu.iq

الملخص

تعد الترب الانتفاخية من احد أهم المشاكل التي تجابه المهندس في مجال ميكانيك التربة وهندسة الأسس لما تحدثه من أضرار في المنشات الهندسية كالمباني الخفيفة والطرق وغيرها من المنشات الهندسية خفيفة الوزن.

يهدف البحث إلى دراسة التغير الحجمي لتربة انتفاخية نتيجة تسرب المياه من انابيب وخزانات الصرف الصحي باستخدام الحل غير مقترن بطريقة العناصر المحددة بالاعتماد على حزمتي Seep/W و Sigma/W من برنامج Geo-studio 2012. تم اختيار تربة انتفاخية من احدى مناطق مدينة الموصل في الجانب الايسر (منطقة الصديق) بسبب خواصها الانتفاخية وتأثيرها على الابنية المقامة عليها. درُس تأثير تغير كل من (عرض الأساس، الثقل المسلط، بعد مصدر التسرب عن حافة الأساس) على الانتفاخ ونوع العلاقة التي تربط الانتفاخ بهذه المتغيرات. اظهرت النتائج بانه هناك مسافة حرجة لخزان الصرف الصحي عن حافة الاساس يكون عندها الانتفاخ في اعظم قيمة له، ويقل الانتفاخ كلما ابتعدنا عن هذه المسافة. ايضا بينت دراسة تأثير تسرب المياه من انابيب الصرف الصحي بان هنالك عمق حرج لهذه الانابيب عن حافة الاساس يكون عنده الانتفاخ في اعلى قيمة له ويقل ايضا كلما ابتعدنا عن هذا العمق. لذا يراعى عند تصميم الابنية المقامة على الترب الانتفاخية مواقع انابيب وخزانات الصرف الصحي وبعدها عن كل من المسلفة الحرجة والعمق الحرج، الامر الذي يؤدي الى تقليل نسبة الانتفاخ وتحقيق سلامة المنشأ الهندسي. يلاحظ ان اعلى نسبة انتفاخ (0.96%) كانت للاساس بعرض (3m) وتحمل حمل مسلط مقداره (50kN) عندما يكون انبوب الصرف الصحي على بعد (2m) افقيا وعموديا عن حافة الاساس وسطح التربة على التوالي. بينما كان اقل نسبة للانتفاخ (−0.98%) للأساس

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

بعرض (0.5m) وتحت تأثير حمل مسلط مقداره (150kN) عندما تكون احداثيات الانبوب (1m) عن سطح الارض و(6m) عن حافة الاساس.

الكلمات الدالة: تربة انتفاخية، خزان الصرف الصحي، كسر الانبوب.

DOI: http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.3.11

Effect of Water Seepage from Pipe Leakage and Septic Tanks on Expansive soils properties

Ahmed A. Hazim[1], Amina A. Khalil[2]
[1,2]Department of Civil Engineering, College of Engineering, Mosul University, Mosul, Iraq
[1]xiiiahmed@gmail.com, [2]amina.alshumam@gmail.com

Abstract

The expansive soil is one of the most important problems faced by the engineer in the field of soil mechanics and foundation engineering because of the damage caused by engineering facilities such as light buildings, roads and other light engineering facilities.

The objective of the study is to study the volumetric variation of the soil as a result of the leakage of water from the pipes and septic tanks using the uncoupled solution with finite elements method based on the Seep / W and Sigma / W packages of the Geo-studio 2012 program. We chose (Siddiq district) from the left side of Mosul city Because of it swelling properties and effect on the buildings sited on it. The effect of the change of the base width, the load, distance the source of the leakage from the base edge, was studied on the swelling and the type of relationship that the inflation associated with these variables. The results showed that there is a critical distance to the drainage tank from the edge of the base where the swelling is at its greatest value, and the swelling decreases as we move away from this distance. A study of the effect of water leakage from sewage pipes revealed that there is a critical depth of these pipes on the base edge, which has a swelling at its highest value and also decreases as we move away from this depth. Therefore, when designing the buildings built on the soils, the sites of the pipes and reservoirs of sewage and then from both the

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

critical and critical depth, which leads to reduce the rate of swelling and achieve the integrity of engineering origin. It is noted that the highest swelling rate (0.96%) was at a width of 3m and carried a 50kN load when the sewage pipe was 2m horizontally and vertically from the edge of the foundation and the soil surface, respectively. (-0.98%) for the basis of width (0.5m) and under the influence of a load of 150kN when the coordinates of the tube (1m) from the surface of the earth and (6m) from the edge of the base.

Keywords: Expansive soil, sewage pipe, septic tank.

DOI: http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.3.11

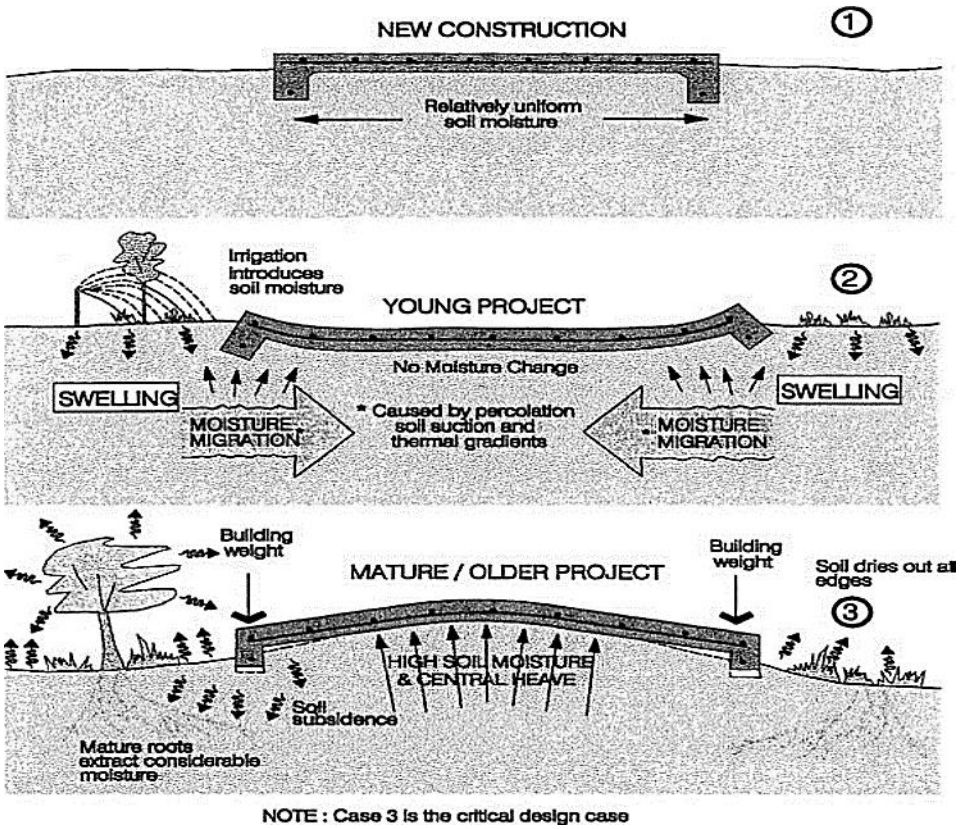
1. المقدمة:

تتأثر خصائص التربة الانتفاخية بشكل كبير نتيجة تغير محتواها الرطوبي حيث يقل حجمها أو تتكمش عند جفافها ويزداد الحجم بزيادة المحتوى الرطوبي لها بسبب احتوائها على المعادن الطينية ذات اللدونة العالية والتي تعطي للتربة الطينية خاصيتها الانتفاخية ومن هذه المعادن المونتمورلانايت والسميكتايت والبنتونايت. [2،1] وتكون هذه الترب ذات تحمل جيد وهبوط قليل تحت تأثير الأحمال المسلطة عندما تكون جافة ولكن تكمن المشكلة في أن هذه الترب يتغير حجمها إذا تغير محتواه الرطوبي حيث تنتفخ ويزداد حجمها مما يؤدي إلى دفع الأبنية خفيفة الوزن المقامة عليها، أما إذا قلت الرطوبة فيحدث انكماشا ويتقلص حجمها مما يؤدي إلى ظهور تشققات في تلك الأبنية في اغلب الأحيان، تسبب وجود الترب الانتفاخية أضرار لكثير من المشاءات والطرق المقامة عليها حيث يؤدي إلى ظهور التشققات في الجدران وانتفاخ في الأرصفة.

إن تغير المحتوى الرطوبي للتربة تحت أسس هذه الأبنية تكون غير متجانس فالتربة تحت الجدار الخارجي معرضة إلى التغير في محتواها الرطوبي أكثر من التربة الداخل وهذه الحالة تسبب حركة غير متجانسة في الجدار وبالتالي تظهر التشققات. يمكن ملاحظة أن هنالك أنواع من الحركات التي تؤثر على أسس الأبنية، الأولى حركة الانكماش والانتفاخ الدورية والتي تعتبر حركة فصلية قصيرة الأمد تحدث خلال السنة عند فصل الجفاف تتكمش التربة وتتشقق وفي فصل المطر سوف تنتفخ ويزداد حجمها, بتكرار هذه الدورة تولد حركة للأسفل وللأعلى والتي تؤثر على الأسس وتؤدي إلى التشققات وتضرر في المبنى، والحركة الثانية هي حركة الانتفاخ المتدرج تحت مركز الأساس وتعتبر حركة طويلة الأمد

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

واحد أسبابها هي الخاصية الشعرية حيث تتحرك الرطوبة إلى ألأعلى وتتبخر عند سطح التربة ولكن عند إنشاء الأساس سوف يعمل كحاجز صد يقلل و يمنع تبخر الماء مع مرور الوقت سوف يتجمع الماء مما يؤدي إلى انتفاخ التربة تحت منطقة الأساس. يمكن ملاحظة أن هنالك حركة ثالثة تحدث في السنوات الأولى من إنشاء المنشأ عند الزوايا والتي تؤدي إلى رفع حواف الأساس, والشكل 1 يوضح أنواع هذه الحركات تحت الأساس [3].



شكل 1: يوضح حركة المياه ومصادره وتأثيره على الأساس [3].

من الدراسات التي أجريت في هذا المجال دراسة للباحثان (Li and Cameron,2002) حول الضرر الذي تعرض له فناء منزل على شكل حرفU نتيجة حركة التربة الانتفاخية، أظهرت التحريات أن الضرر الناتج نتيجته الانتفاخ عند الزوايا نتيجة ماء البرك الموجود في فناء المنزل. كما اظهر التحليل العكسي عن طريق التحليل الثلاثي الأبعاد بطريقة العناصر المحددة للحركة الأرضية أن النتائج معقولة مع التي سجلت في الحقل والتي أظهرت انه من الممكن منع التشققات التي تحدث للأساس عن طريق إضافة عتب على طول منطقة الفناء [4]. كما درس الباحثون (R. T. Yoshida et al) توقع انتفاخ التربة الكلي لأساس مبنى مقام على تربة انتفاخية في منطقة شمال مركز رجينا، ساسكيتشوان في كندا بطريقة نظرية

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

بالاعتماد على نظرية التربة غير المشبعة لمبنى تجاري مكون من طابق واحد, حيث كان هناك تسرب للماء تحت الأساس. وجد إن قيمة الانتفاخ تعتمد على الظروف البيئية بالإضافة إلى ضغط الماء المسامي والثابت مع العمق[5]. أجرى الباحثان (M. Aytekin & A. Şenol) دراسة عن تمثيل ضغط الانتفاخ بواسطة طريقة العناصر المحددة (FEM) باستخدام العناصر المحددة لتمثيل عدم الاستمرارية في التربة مثل وجود الطبقات المختلفة والشقوق والتصدعات. النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام التحليل العددي والقيم التي تم الحصول عليها مختبريا متقاربة وهناك توافق جيد بين القيم التي تم الحصول عليها والقيم المحصلة بالطرق التحليلية [6].

في هذا البحث تم دراسة تأثير تسرب المياه من خزانات الصرف الصحي وتكسر أنابيب الصرف على أسس الأبنية الخفيفة المقامة على ترب انتفاخية وقياس الانتفاخ وتأثره بالعوامل المختلفة والتي مُثلت بـــ (عمق المصدر، البعد عن زاوية الأساس، الحمل المسلط على الأساس وعرض الأساس) باستخدام التحليل اللاخطي لنظرية العناصر المحددة (Finite Elements Method) وباستخدام الحل غير المقترن (uncoupled) في حزمتي Seep/W ، Sigma/W التابعتان لبرنامج Geo-studio 2012. إن الحل الدقيق (coupled) للمسائل الثنائية والثلاثية الأبعاد يتم الحصول عليه عن طريق حل مجموعة من المعادلات اللاخطية للانضمام حيث يتم حل معادلات الاستمرارية لجريان وانتقال الماء في التربة والذي يمكن وصفه بقانون دارسي للجريان (1856)، ومعادلات التوازن للإجهاد والتشوه معا [7]. أما في الحل التقريبي (uncoupled) يتم حل معادلات الاستمرارية (continuity equations) التي تتمثل بجريان الماء بشكل منفصل عن معادلات التوازن (equilibrium equation) التي تمثل الإجهاد والتشوه، حيث يتم اخذ التغيرات في الضغط المسامي للماء التي يحصل عليها من تحليل الجريان ويتم استخدامها في تحليل التشوه والإجهاد.

2. هنالك دراسات عديدة أجريت في هذا المجال منها دراسة الباحث (Biot) حيث قدم الباحث حل مقترن coupled لمعادلات ثلاثية الأبعاد لتحليل الانضمام في التربة مع فرض أن التربة مرنة ومتماثلة. تم استنتاج علاقتين لوصف تشوه التربة احدها للحبيبات الصلبة للتربة والأخرى للماء. تم استخدام متغيرين للإجهاد في الحل مع فرض أربع ثوابت للتشوه الحجمي لأجل ربطه مع متغيرات التشوه والإجهاد. في حين درس الباحثون (Wong et al.) التحليل الثنائي الأبعاد المقترن لكل من الانضمام والانتفاخ في التربة بالاعتماد على برنامجين Sigma/W و Seep/W. بينما اقترح الباحثان (Rees and Thomas) نموذجا غير مقترن لمحاكاة الحركة ذات البعد الواحد، على فرض إن التربة

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

متجانسة وان ضغط المسام الهوائي مساوي للضغط الجوي. اعتمد على حل معادلة الجريان غير المشبع لتمثيل ضغط ماء المسام وتأثير ربطه بالتشوه الحجمي. كما قدم الباحث (Hung) حلاً غير مقترن لمشكلة التغير الحجمي ذات البعد الواحد والبعدين للتربة الانتفاخية. حيث استخدم للحل طريقة العناصر المحددة (FEM) بالاعتماد على نظرية التغير الحجمي للتربة غير المشبعة في تحليل كل من الجريان، الإجهاد، والتشوه باستخدام برنامج (PDEase2D) [8].

3. برنامج العمل:

تم الاعتماد على حزمتي (Seep/W, Sigma/W) من برامج (Geo-Studio 2012) في تمثيل حركة المياه من مصادر التسرب إلى التربة و إيجاد الإنتفاخ باستخدام طريقة الحل غير مقترن (uncoupled).

2.1 خواص التربة:

اختيرت تربة البحث من حي الصديق في الجانب الايسر من مدينة الموصل التي توصف بأنها تربة شبه متصلبة بنية اللون وتم إيجاد الخواص الدليلية للتربة وقد كان حد السيولة (Liquid Limit, LL=84%) ومعامل اللدونة (Plasticity Index, PI=47%)، اما نسبة المواد الطينية فكانت (Clay Content, Clay %=47.5%) وعليه صنفت ذات قابلية انتفاخ عالية من نوع (CH, fat clay) حسب التصنيف الموحد للتربة (ASTM D2487-98) وقد وجد عند اجراء فحص الانتفاخ من قبل الباحث (B. M. Al-Khayat) **[9]** ان ضغط الانتفاخ للعينات الغير مشوشة هو (290kPa) ونسبة الانتفاخ (3.2%) خصائص التربة المستخدمة في البحث موضحة في جدول 1.

ملاحظة: هناك بعض الخصائص تم فرض قيمها في البرنامج لعدم توافر بيانات عنها بالاعتماد على البيانات الاحصائية للتجارب حول العالم لهكذا نوع من الترب مثل نسبة بوسوان ومعامل المرونة (E)ومعامل النفاذية كما موضح في جدول 1.

2.2 وصف المسألة وتحديد الشروط المحيطة بها:

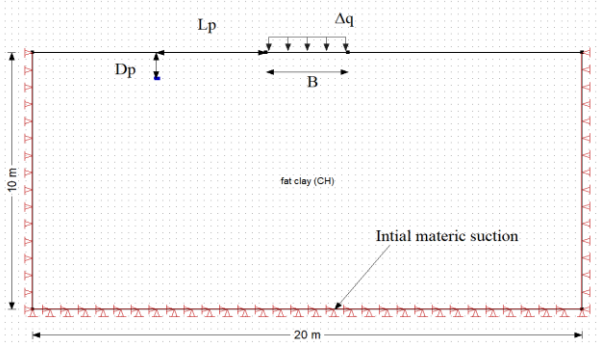
تم فرض كتلة التربة بسمك (10m) وامتداد (20m) افترض في الدراسة أربعة أبعاد للأسس (0.5, 1, 2, 3m) وبحمل مسلط مقداره (50, 100, 150kN) ولكل من حالات التسرب للأنبوب وخزان الصرف الصحي مُثلت الشروط الحدودية في جزء برنامج (Sigma/W) عند قاعدة كتلة التربة ممنوعة الحركة بالاتجاهين الأفقي والعمودي بينما تم فرضه ممنوع الحركة بالاتجاه الأفقي وحر بالاتجاه العمودي في الجوانب.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

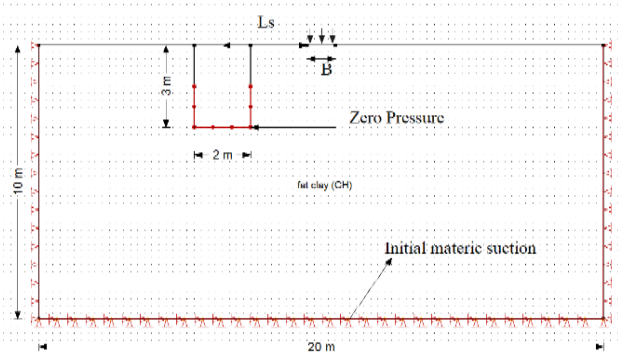
جدول 1: يوضح خصائص التربة المستخدمة.

الخاصية	القيمة
التصنيف الموحد للتربة (UCS)	CH [9]
حد السيولة (LL)	84% [9]
حد اللدونة (PL)	37% [9]
دليل اللدونة (PI)	47% [9]
E	15000 kPa[11]
المحتوى المائي (w_c)	28% [9]
معامل النفاذية (K)	$1*10^{-6}$ mm sec^{-1}[10]
γ_{dry}	16.55 kN m^{-3} [9]
Poisson's ratio μ	0.4[11]
الوزن النوعي Gs	2.76 [9]
ضغط الانتفاخ	290 kPa[9]
Free swell	3.2%[9]

أما في جزء برنامج (Seep/W) تم تمثيل التسرب على انه شحنة ضغط (Head)، واخذ تسرب الأنبوب على أعماق (Dp) تراوحت بمدى (1, 4, 6m) وبمسافات مركز الأنبوب عن حافة الأساس (Lp) وهي (2, 4, 6m) وكما موضح في الشكل 2، تم فرض قطر الأنبوب (15 cm). بينما فرض ابعاد خزان الصرف الصحي (Septic Tank) (3×2m) لكل من العرض والعمق على التوالي وبعد (Ls) عن حافة الأساس (1.5, 3, 5m) وكما موضح في الشكل 3.



شكل 2: الشروط الحدودية لحالة كسر الأنابيب.



شكل 3: الشروط الحدودية لحالة خزان الصرف الصحي.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

تم ايجاد نسبة الانتفاخ (Δh/h) الكلية عن طريق برنامج ال2012 sigma/w عن طريق قسمة قيمة الانتفاخ Δh(mm) المستحصلة من البرنامج على سمك كتلة التربة h(mm) وكانت (2.4%) كما مبين ادناه بينما كانت النسبة التي تم ايجادها عن طريق المعادلات الوضعية (empirical) [13] مثل معادلة (1) (O'Neil & Ghazzaly,1977) فكانت (2.8%) بينما معادلة (2) (Jonhson & Senthen,1978) فكانت النسبة (2.9%) وكما مبين ادناه (Sp = swelling potential):

$$\text{Free swell} = \frac{\Delta h}{h} = \frac{240}{10000} * 100$$

Free swell =2.4%

$$Sp = 2.77 + 0.131LL - 0.27W_N \quad (1)$$

$$\log_{10} sp = 0.036LL - 0.0833W_N + 0.458 \quad (2)$$

4. النتائج والمناقشة:

3.1 دراسة تأثير تسرب المياه من الأنابيب (Pipe leakage):

تم دراسة تأثير حركة المياه المتسربة نتيجة انكسار أنبوب صرف صحي بقطره (15cm) على قيم الانتفاخ لأبعاد الأساس، قيم الثقل، والمسافات عن حافة الأساس وللأعماق المختارة الموضحة تفاصيلها سابقا والمستندة على التربة الانتفاخية الموضحة خصائصها في الجدول1، ولأبعاد كتلة التربة المختارة. الجدول 2 يوضح قيم نسبة الانتفاخ عند حافة الأساس، يلاحظ إن أعلى نسبة انتفاخ تم إيجادها هي (0.96%) عند بعد (2m) للأنبوب عن حافة الأساس ولعرض أساس (3m) عند الحمل المسلط (50kN) وعند عمق (2m) للأنبوب عن سطح التربة، بينما اقل نسبة تم إيجادها هي (0.98%-) عند بعد (6m) للأنبوب عن حافة الأساس لعرض أساس (0.5m) عند الحمل المسلط (150kN) للعمق (1m) عن سطح التربة.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

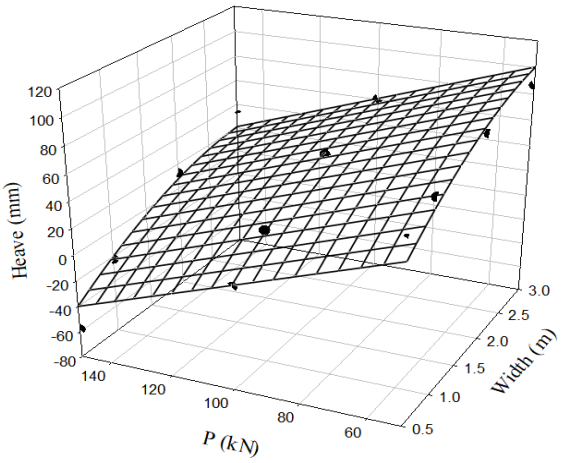
جدول 2: نسبة الانتفاخ (Δh/h) لكسر أنبوب.

Footing width (m)	0.5			1.00			2.00			3.00		
Lp (m) / P (kN)	2.00	4.00	6.00	2.00	4.00	6.00	2.00	4.00	6.00	2.00	4.00	6.00
Depth 1 m												
50	0.55	0.34	0.15	0.66	0.45	0.27	0.79	0.57	0.39	0.87	0.64	0.45
100	-0.01	-0.22	-0.41	0.22	0.01	-0.17	0.46	0.24	0.06	0.61	0.38	0.18
150	-0.58	-0.79	-0.98	-0.22	-0.44	-0.62	0.13	-0.08	-0.26	0.36	0.13	-0.06
Depth 2 m												
50	0.63	0.42	0.23	0.75	0.54	0.35	0.88	0.66	0.47	0.96	0.73	0.52
100	0.07	-0.14	-0.33	0.31	0.09	-0.10	0.55	0.33	0.14	0.70	0.47	0.26
150	-0.49	-0.70	-0.90	-0.13	-0.35	-0.54	0.22	0.00	-0.19	0.45	0.22	0.01
Depth 4 m												
50	0.61	0.44	0.27	0.73	0.56	0.39	0.85	0.69	0.51	0.95	0.76	0.57
100	0.05	-0.12	-0.29	0.28	0.11	-0.06	0.53	0.36	0.19	0.68	0.50	0.31
150	-0.52	-0.68	-0.86	-0.16	-0.33	-0.50	0.20	0.04	-0.14	0.44	0.25	0.06
Depth 6 m												
50	0.41	0.31	0.18	0.54	0.42	0.30	0.66	0.55	0.43	0.76	0.63	0.49
100	-0.15	-0.26	-0.38	0.09	-0.02	-0.15	0.34	0.23	0.10	0.50	0.37	0.23
150	-0.71	-0.82	-0.95	-0.35	-0.47	-0.59	0.01	-0.10	-0.22	0.25	0.12	-0.02

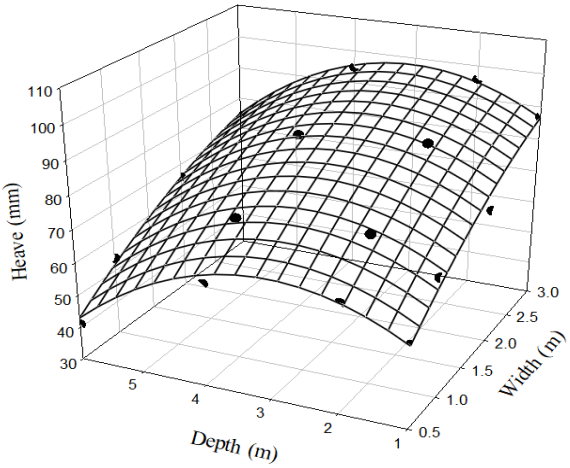
3.1.1 دراسة تأثير عرض الأساس على الانتفاخ:

يوضح الشكل 4 تأثير تغير عرض الأساس على قيم الانتفاخ الناتج عن حركة المياه المتسربة من أنبوب الصرف الصحي على عمق (1, 2, 4, 6m) عن سطح التربة وبعد (2, 4, 6m) عن حافة الأساس تحت الأحمال (50, 100, 150kN) وكما هو واضح زيادة عرض الاساس يزيد من الانتفاخ بشكل لا خطي ويلاحظ أيضا عدم تغير هذه العلاقة عند تغيير الحمل المسلط كما في الشكل 4-ب ولا عند تغير العمق كما في الشكل 4-ا ولا عند تغير البعد عن حافة الاساس كما في الشكل 4-ج.

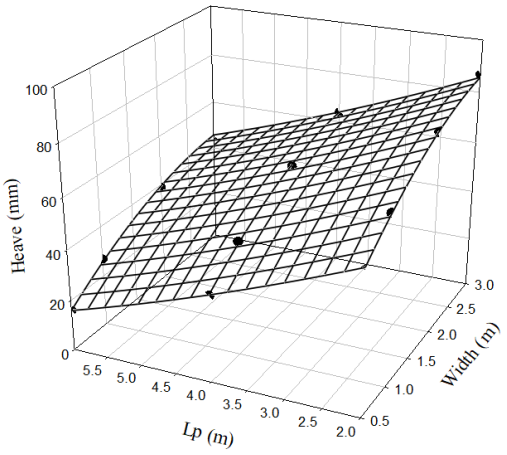
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)



(ب)



(أ)



(ج)

شكل 4: الانتفاخ نتيجة تسرب مياه انبوب الصرف الصحي.

(أ): تأثير عمق الانبوب (Dp).

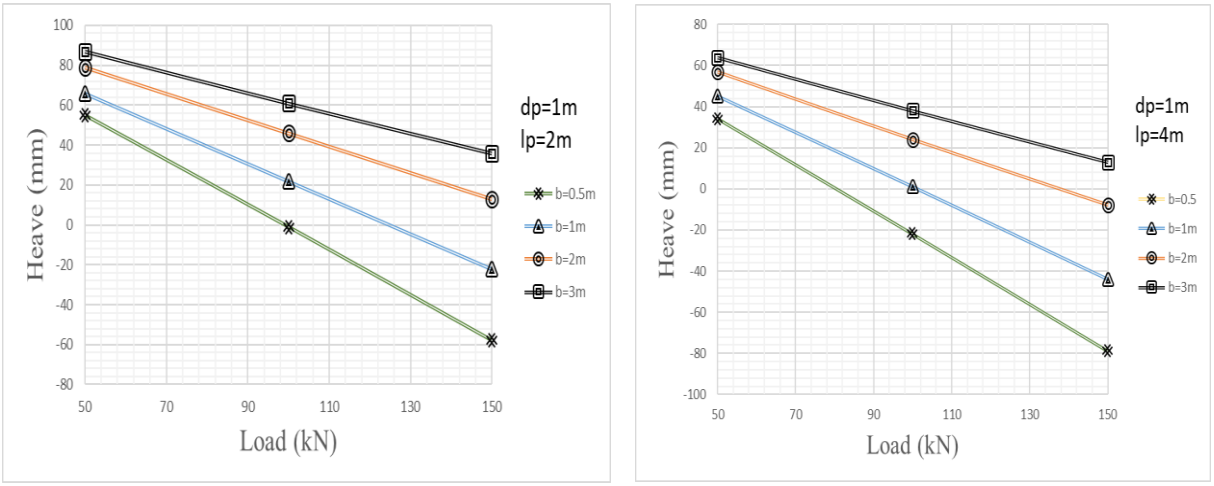
(ب): تأثير الحمل المسلط (P).

(ج): تأثير بعد الانبوب (Lp).

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

3.1.2 تأثير تغير الحمل المسلط على الأساس:

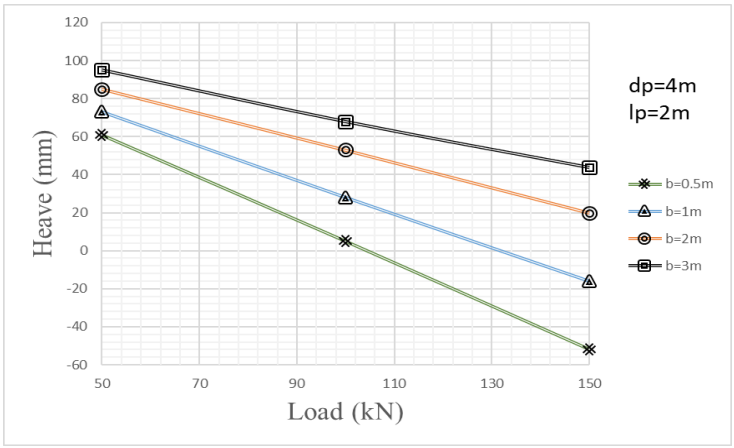
يوضح الشكل 5 تأثير الحمل المسلط على قيم الانتفاخ الناتج عن تسرب مياه انبوب الصرف الصحي على عمق (1m) عن سطح التربة ويبعد (2m) عن حافة الأساس ذو عرض (0.5, 1, 2, 3m) يلاحظ ان كلما زاد الحمل المسلط قل الانتفاخ بشكل خطي ولا تتأثر هذه العلاقة عند تغير بعد الانبوب كما في الشكل 5-ب وعمق الأنبوب كما في الشكل 6.



(ب) (أ)

شكل 5: العلاقة بين الانتفاخ والحمل المسلط على الأساس نتيجة تسرب الأنبوب على عمق (1m).

(ب): L_P=2m (أ): L_P=4m

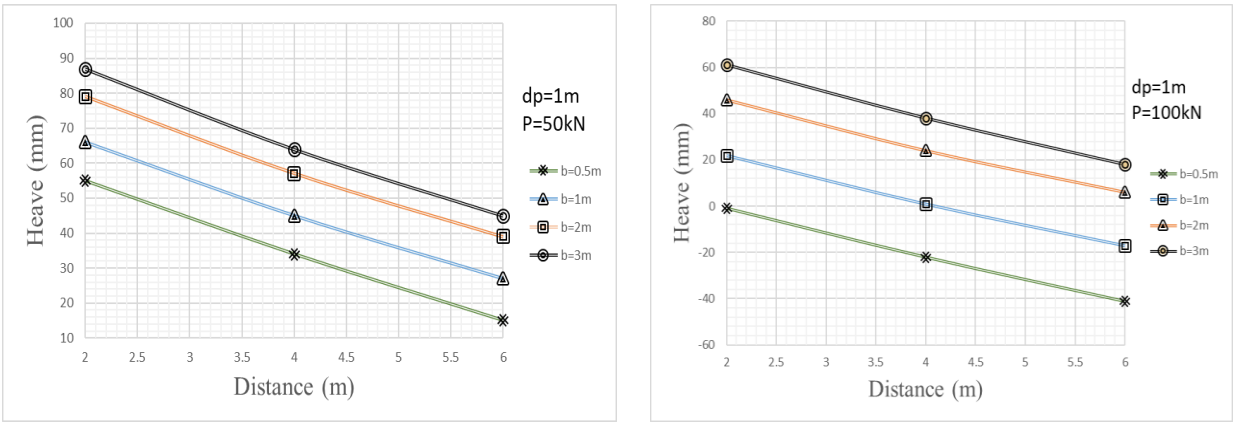


شكل 6: العلاقة بين الانتفاخ والحمل المسلط على الأساس نتيجة تسرب الأنبوب على عمق (4m) عن سطح التربة وبعد (2m) عن حافة الأساس

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

3.1.3 تأثير بعد الأنبوب عن حافة الأساس:

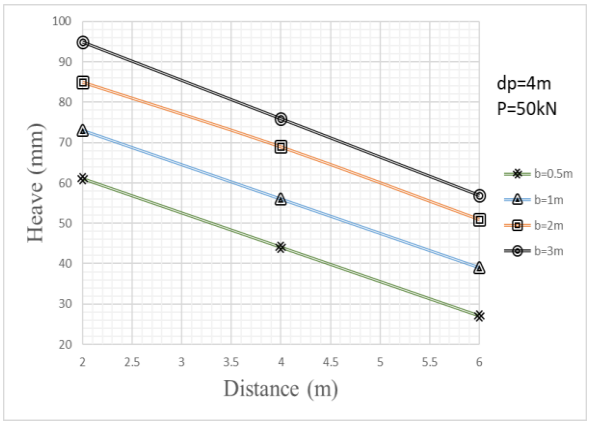
يوضح الشكل 7 العلاقة بين الانتفاخ الناتج عن تسرب المياه من أنبوب على عمق (1m) عن سطح التربة و بعد الأنبوب عن حافة الأساس تحت تأثير حمل مقداره (50, 100kN)، وتظهر أن العلاقة خطية بين بعد الأنبوب والانتفاخ حيث كلما زاد بعد الأنبوب قل الانتفاخ مما يدل ان العلاقة عكسية بين الانتفاخ ومسافة الأنبوب عن حافة الأساس. ولا تتأثر طبيعة هذه العلاقة بتغير الحمل المسلط كما في الشكل 7–ب وعمق الأساس كما في الشكل 8.



(أ) (ب)

شكل7: العلاقة بين الانتفاخ وبعد الأنبوب عن حافة الأساس نتيجة تسرب الأنبوب على عمق (1m) عن سطح التربة.

(أ): P=100kN (ب): P=50kN

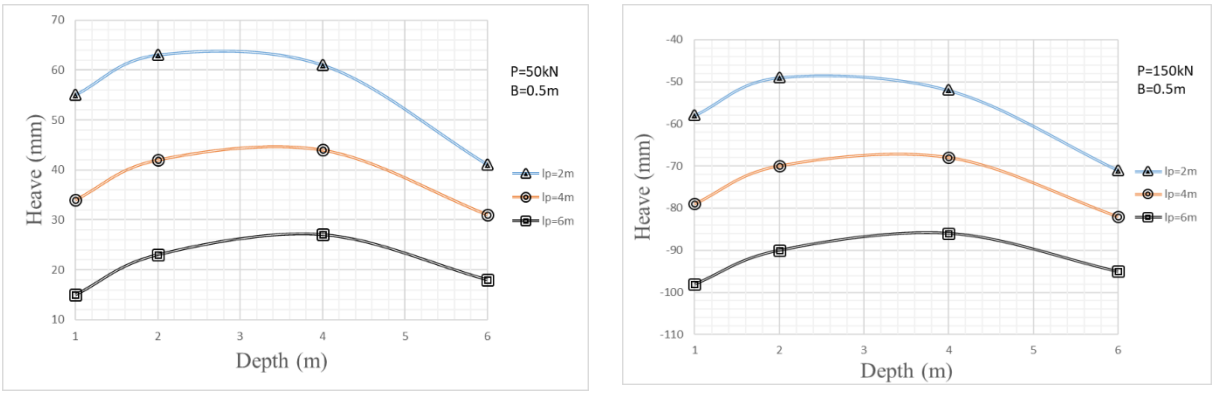


شكل 8: العلاقة بين الانتفاخ وبعد الأنبوب عن حافة الأساس نتيجة تسرب الأنبوب على عمق (4m) عن سطح التربة وحمل مسلط (50kN) على الأساس.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

3.1.4 دراسة تأثير تغير عمق الأنبوب:

يظهر الشكل 9 تأثير عمق الأنبوب عن سطح التربة على الانتفاخ عند حافة الأساس الناتج من تسرب المياه لأنبوب الصرف الصحي وعرض الأساس (0.5m) وعند الاحمال المسلط على الأساس مقداره (50, 150 kN) وكما هو واضح أن العلاقة غير خطية بين الانتفاخ والعمق حيث يبدأ الانتفاخ بالازدياد إلى أن يصل أعلى قيمة ومقدارها (62mm) عند عمق (3.6m) ويبدأ بعدها بالانخفاض أي أن هناك عمق حرج يصل الانتفاخ إلى أقصاه ثم يبدأ بعدها بالنقصان ولهذا يراعى عند التصميم وضع الأنبوب بعمق اقل أو أكثر من العمق الحرج، يلاحظ أن زيادة بعد الأنبوب عن حافة الأساس يزيد من البعد الحرج حيث انه عند البعد (4m) يزيد العمق الحرج إلى (3.8m) وعند البعد (6m) يزيد العمق الحرج إلى (4m)، ويظهر الجزء من منحني الانتفاخ قبل العمق الحرج عند البعد (2m) للانبوب اقل ميلا من الجزء الواقع بعد العمق الحرج وعند زيادة بعد الأنبوب عن حافة الأساس يقل ميل الجزء الواقع بعد العمق الحرج ويزداد ميل الجزء الواقع قبل العمق الحرج. ان طبيعة العلاقة بين العمق والانتفاخ لا تتغير مع تغير الحمل المسلط كما في الشكل9–ب وكذلك عرض الأساس وكما موضح في الشكل 10.

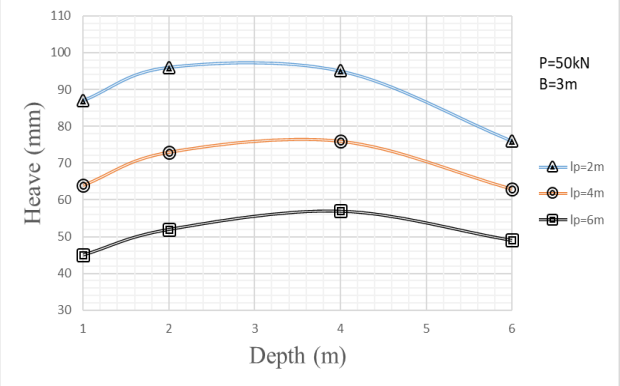


(أ) (ب)

شكل 9: تأثير عمق الأنبوب على الانتفاخ عند حافة الاساس عرضه (0.5m).

(أ): P=150kN (ب): P=50kN

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)



شكل 10: تأثير عمق الأنبوب على الانتفاخ عند حافة الأساس عرضه (3m) ومسلط عليه حمل مقداره (50kN).

الجدول 3 يوضح خلاصة تأثير كل متغير من المتغيرات المعتمدة في الدراسة على الانتفاخ عند حافة الأساس الناتج من حركة المياه نتيجة كسر أنبوب الصرف الصحي ونوع العلاقة التي تربط بينهما.

جدول 3: تأثير كسر الانبوب على الانتفاخ للاسس الضحلة.

المحدد	الرمز	العلاقة	التغير في الانتفاخ مع زيادة المحدد	التأثير
عمق الأنبوب	Dp	غير خطية	زيادة/نقصان	عالي
بعد الأنبوب	Lp	خطية	نقصان	عالي
عرض الأساس	B	غير خطية	زيادة	عالي
الحمل المسلط	P	خطية	نقصان	عالي

3.2 دراسة نتائج تأثير التسرب من خزان الصرف الصحي:

تم دراسة تأثير حركة المياه المتسربة من خزان الصرف الصحي على قيم الانتفاخ للتربة الانتفاخية الموضحة خصائصها في الجدول 1، ولأبعاد كتلة التربة المختارة عند قيم لعرض الأساس، الثقل، والمسافات المختارة.

يوضح الجدول 4 نسبة الانتفاخ عند حافة الأساس نتيجة تسرب المياه من خزان الصرف الصحي لأبعاد الأسس المختارة تحت تأثير الأحمال المسلطة وللمسافات المحددة عن حافة الأساس. يلاحظ أن أعلى نسبة انتفاخ كانت (1.38%) تم إيجادها هي عند البعد (3m) وللأساس الذي كان بعرض (3m) تحت تأثير الحمل المسلط (50kN) في حين إن اقل نسبة انتفاخ تم تسجيلها هي (−0.95%) للأساس(0.5m) ولمسافة بعد الخزان عن حافة الأساس (1.5m) تحت تأثير الحمل المسلط (150kN).

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

جدول 4: نتائج الانتفاخ نتيجة تسرب خزان الصرف الصحي.

Flooting width (m)	0.5			1.00			2.00			3.00		
Ls(m) / P(kN)	1.5	3.00	5.00	1.5	3.00	5.00	1.5	3.00	5.00	1.5	3.00	5.00
50	0.83	1.05	0.85	1.00	1.18	0.97	1.20	1.31	1.08	1.31	1.38	1.14
100	-0.06	0.45	0.28	0.28	0.69	0.52	0.67	0.95	0.75	0.89	1.09	0.88
150	-0.95	-0.16	-0.28	-0.43	0.21	0.07%	0.15	0.59	0.42	0.50	0.82	0.62

3.2.1 دراسة تأثير بعد الخزان عن حافة الأساس:

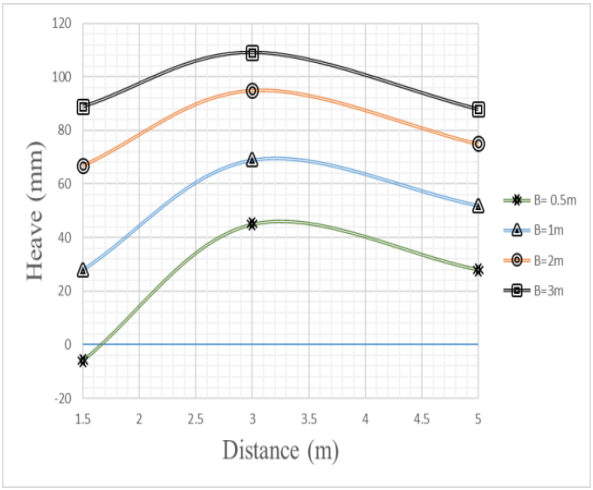
يوضح الشكل 11 العلاقة بين قيم الانتفاخ عند حافة الأساس مع بعد خزان الصرف الصحي نتيجة الأحمال المسلطة. حيث يلاحظ من الشكل 11-ا أن الانتفاخ يزداد بزيادة عرض الأساس إلى أن يصل إلى أعلى حد عند البعد(3m) وبعد هذا البعد يبدأ الانتفاخ بالانخفاض أي أن هناك بعد حرج يتوقع عنده أن يكون الانتفاخ أقصاه ولهذا فان بعد الخزان عن حافة الأساس يجب أن يكون بمسافة أكثر من البعد الحرج وكما يلاحظ أيضا أن بعد الخزان الحرج يقل بزيادة عرض الأساس حيث لوحظ انه في حالة الأساس ذو العرض (3m) كان البعد الحرج (2.75m) وفي الأساس ذو البعد (0.5m) كان البعد الحرج (3m)، كما أن الانتفاخ يزداد بمقدار (0.08%) بين البعد (1.5m) والبعد (2.75m) لأساس بعرض (3m) بينما كان فرق النسبة في عرض الأساس (0.5m) حوالي (0.22%) بين بعد (1.5m) وبعد (3m). الشكل 11-ب يوضح العلاقة عند الحمل (100kN) حيث يلاحظ نسبة الانتفاخ وصل إلى (0.2%) لعرض الأساس (3m) و(0.51%) لعرض أساس (0.5m) وكذلك عند الحمل (150kN) كانت النسبة (0.32%) لأساس بعرض (3m) و(0.79%) لأساس بعرض (0.5m) والموضح في الشكل11-ج. يمكن الاستنتاج انه كلما زاد الحمل المسلط يقل ميل الخط بعد البعد الحرج ويقترب من أعلى قيمة للانتفاخ.

3.2.2 دراسة تأثير تغير عرض الأساس:

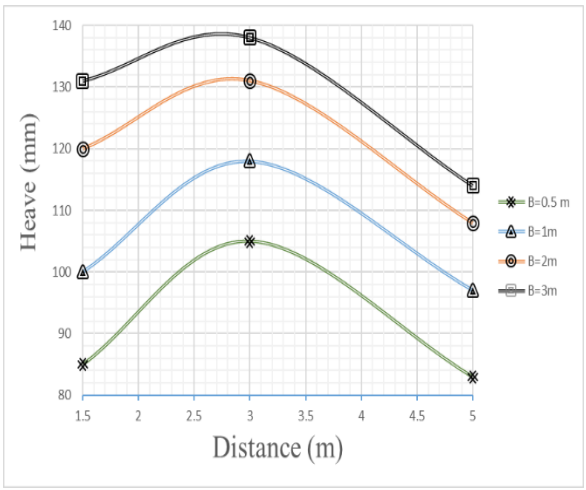
يظهر الشكل 12 تأثير تغير عرض الأساس على قيم الانتفاخ عند الأحمال المسلطة وللأبعاد المختارة لخزان الصرف الصحي عن حافة الأساس، يتضح من الشكل أن أعلى نسبة للانتفاخ كان لأساس بعرض (3m) في حين انه اقل

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

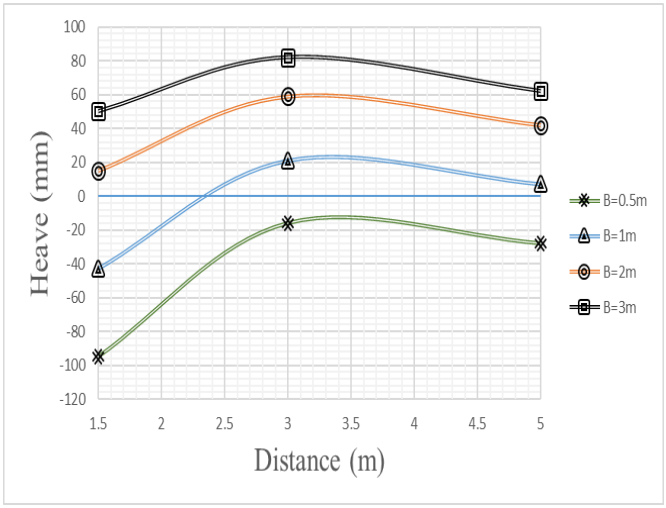
نسبة للانتفاخ كانت لأساس ذو العرض (0.5m)، مما يدل على انه كلما ازداد عرض الأساس يزداد الانتفاخ و بعلاقة غير خطية.



(ب)



(أ)



(ج)

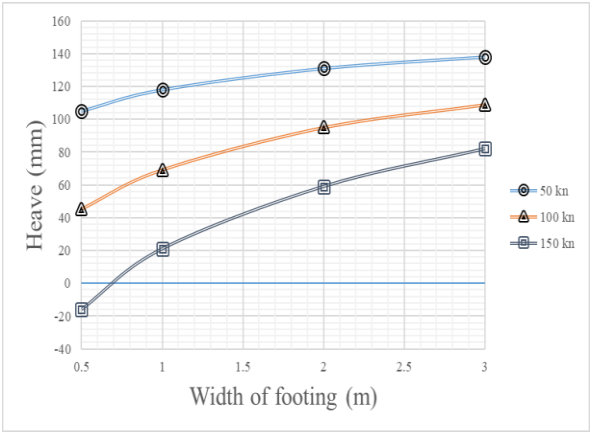
شكل 11: تأثير بعد خزان الصرف الصحي عن حافة الاساس للاحمال المسلطة.

(أ): P=50 kN.

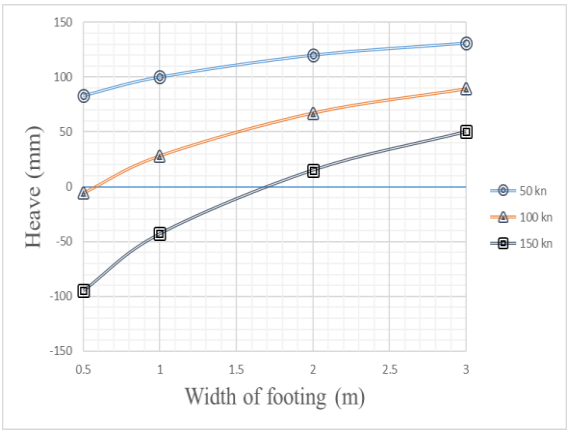
(ب): P=100 kN.

(ج): P=150 kN.

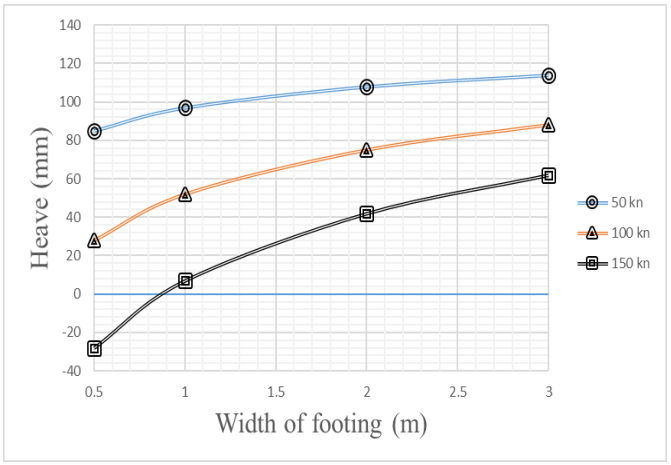
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)



(ب)



(أ)



(ج)

شكل 12: تأثير تغير عرض الأساس على قيم الانتفاخ نتيجة تسرب المياه من خزان الصرف الصحي.

(أ): Ls=1.5m.

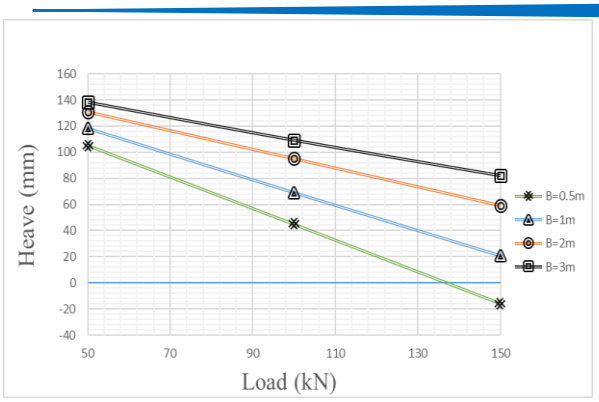
(ب): Ls=3m.

(ج): Ls=5m.

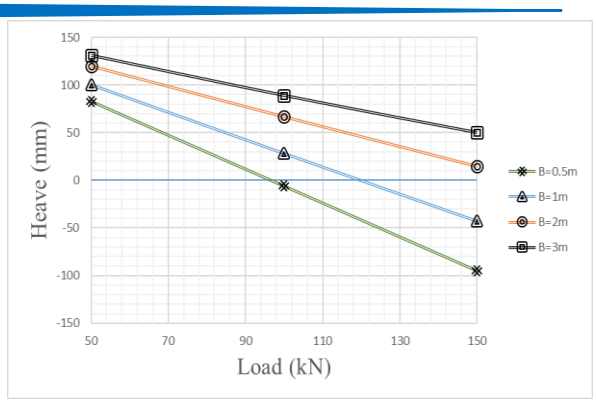
3.2.3 دراسة تأثير تغير الحمل المسلط على الأساس:

يوضح الشكل 13 تغير قيم الانتفاخ الناتج عن تسرب المياه من خزان الصرف الصحي مع الحمل المسلط عند تغير كل من عرض الأساس ومسافة بعد الخزان، يلاحظ أن العلاقة خطية بين قيم الانتفاخ والحمل المسلط على الأساس حيث انه كلما زاد الحمل المسلط قل الانتفاخ. يلاحظ أيضا زيادة الفرق في قيم الانتفاخ للأسس المختلفة كلما زاد الحمل المسلط عن الأساس.

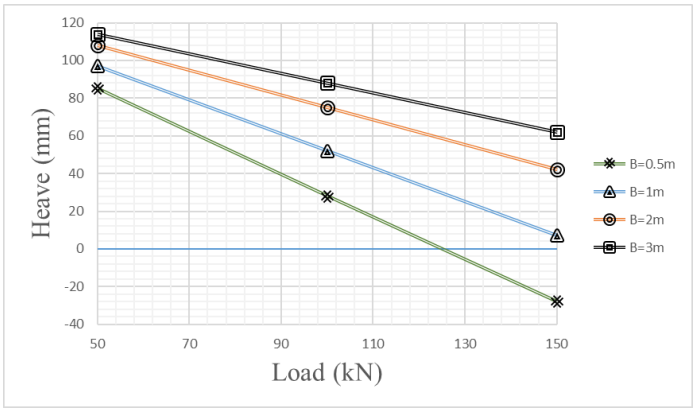
Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)



(ب)



(أ)



(ج)

شكل 13: تأثير تغير الحمل المسلط على الأساس على قيم الانتفاخ نتيجة تسرب المياه من خزان الصرف الصحي.

(أ): Ls=1.5m.

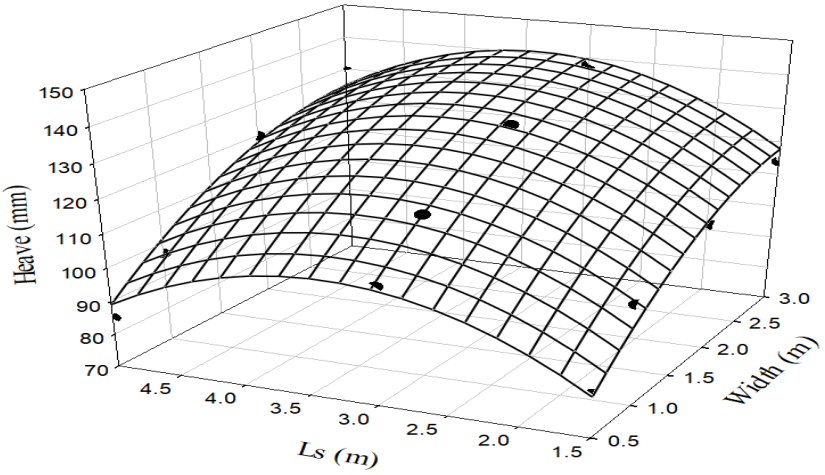
(ب): Ls=3m.

(ج): Ls=5m.

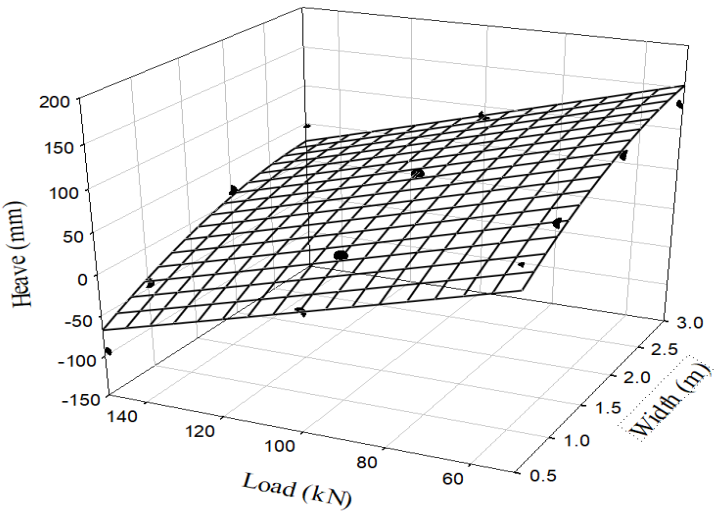
يوضح الشكل 14 تأثير كل من عرض الاساس مع البعد عن حافة الاساس على الانتفاخ بينما الشكل 15 يوضح العلاقة بين عرض الاساس والحمل المسلط على الاساس على الانتفاخ الناتج من تسر يمكن الاستنتاج مما سبق انه عند زيادة بعد الخزان عن حافة الأساس ولمسافة محددة يزداد قيم الانتفاخ ثم يبدأ بالانخفاض بعد الوصول لأعلى نقطة، أظهرت النتائج انه عند زيادة عرض الأساس يزداد الانتفاخ وأيضا أن زيادة الحمل المسلط على الأساس له تأثير خطي

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

على الانتفاخ حيث كلما زاد الحمل قل الانتفاخ والجدول 5 يوضح خلاصة تأثير كل عامل من العوامل المدروسة على الانتفاخ .



شكل 14: تأثير عرض الاساس مع البعد عن حافة الاساس على الانتفاخ الناتج عن تسرب مياه خزان الصرف الصحي تحت حمل مسلط مقداره (50kN).



شكل 15: تأثير عرض الاساس والحمل المسلط على الاساس على الانتفاخ الناتج من تسرب مياه خزان الصرف الصحي يبعد عن حافة الاساس بمقدار (3m).

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

جدول 5: تسرب خزان الصرف الصحي.

المحدد	الرمز	العلاقة	التغير في الانتفاخ مع زيادة المحدد	التأثير
بعد الخزان	Ls	لاخطية	زيادة/نقصان	عالي
عرض الاساس	B	لاخطية	زيادة	عالي
الحمل المسلط	P	خطية	نقصان	عالي

5. الاستنتاج:

من خلال ما توضح عرضه سابقاً نستنتج ما يلي:

1. بالنسبة لحالة التسرب نتيجة كسر الأنبوب هناك عمق حرج يكون الانتفاخ في أقصاه حيث كان العمق الحرج لاقصى انتفاخ والذي بلغ مقداره (98mm) وكنسبة (0.98%) عند عمق انبوب (3m) عن سطح التربة لعرض اساس (3m) عند حمل مسلط (50kN) ويبعد الانبوب عن حافة الاساس (2m) وعند زيادة العمق او نقصانه عن البعد الحرج فان قيمة الانتفاخ تقل. ان زيادة الانتفاخ مع زيادة عمق الانبوب يعزى الى على الارجح بسبب زيادة مقدار كتلة التربة المعرضة للترطيب تحت الاساس مع زيادة عمق الانبوب ولكن مع زيادة العمق اكثر يقل الانتفاخ وذلك بسبب نقصان الاجهاد حسب خطوط تساوي الجهد (Isobars) والتي تنص على ان اذا كان المسافة اكثر من ضعفي عرض الاساس (2B) حيث الاجهاد يصبح (0.2q) يكون تأثيره قليل وعلى هذا الاساس فان العمق الحرج هو العمق الذي تكون فيه كتلة التربة المعرضة للترطيب (المحتوى الرطوبي عالي) والاجهاد عالي فيؤدي الى حدوث اعلى انتفاخ.
2. بالنسبة لخزان الصرف الصحي هناك بعد حرج عن حافة الأساس يكون الانتفاخ في أقصاه حيث كان اعلى انتفاخ عند حافة الأساس بلغ مقداره (140mm) وكنسبة (1.4%) عند بعد (2.75m) للخزان عن حافة الاساس عرضه (3m) تحت حمل مسلط مقداره (50kN) ويقل الانتفاخ كلما ابتعدنا عن البعد الحرج سواء قبل أو بعد البعد الحرج. ان زيادة الانتفاخ مع زيادة بعد الخزان عن زاوية الاساس بسبب زيادة كتلة التربة المعرضة الترطيب مما يؤدي الى زيادة الانتفاخ تحت حافة الاساس ولكن عند زيادة البعد يقل تأثير الاجهاد حسب بوصلة الاجهاد وخطوط تساوي

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 14, Issue 3, September 2019 , pp. (133-154)
ISSN: 1992-0849 (Print), 2616-6801 (Online)

الجهد (Isobars) حيث اذا كان البعد اكثر من (1.5B) يهمل ويصبح تأثيره قليل (0.1q) اي ان البعد الحرج يمثل المسافة التي يكون فيها الاجهاد مؤثر وكتلة التربة المعرضة للترطيب (محتوى رطوبي عالي) تعطي اعلى انتفاخ .

3. زيادة عرض الاساس سواء في الخزان او الانبوب يؤدي الى زيادة الانتفاخ وتكون الزيادة عند الحمل المسلط العالي اكثر من الحمل المسلط القليل ففي الانبوب كان فرق نسبة الانتفاخ (62%) بين الحمل المسلط (50kN) و (150kN) بينما في الخزان كان فرق نسبة الانتفاخ (50%).

المصـــادر

[1] L. D. Jones and I. Jefferson, "***Expansive Soils***", ICE manual of geotechnical engineering. ICE Publishing 1, USA (2012).

[2] Kim H. K., Shin H. and Kang Y. T., ***"Experimental and Numerical Study on Swelling Potential Estimation of Expansive Clay Mixtures"***, International Conference on Geotechnical Engineering, Tunisia. 281(2013).

[3] Day R. W., "***Foundations on the Expansive Soil***", Foundation Engineering Handbook, 2 edition, McGraw-Hill Education, USA (2010).

[4] Li J. & Cameron D. A.,***"Case Study of Courtyard House Damaged by Expansive Soils"***, Journal of Performance of Constructed Facilities, 16 (4), 169 (2000).

[5] R. T. Yoshida; D. G. Fredlund and J. J. Hamilton, ***"The prediction of total heave of a slab-on-grade floor on Regina Clay"***. Canadian Geotechnical Journal, 20, 69 (1983).

[6] A. Şenol and M. Aytekin,***"Finite Element Modeling of Swelling Soil Pressures Using Joint/Interface Elements"***, Geo tech Geol. Eng. Springer Science + Business 26, 313(2008).

[7] V.Q. Hung "***Finite Element Method for the Prediction of Volume Change in Expansive Soils***". M.Sc. thesis, University of Saskatchewan, Canada (2000).

[8] Y.G. Morsi, "***Numerical Modeling of Expansive Soils Using Uncoupled Approach***", PhD Thesis, Cairo University, Egypt (2010).

[9] B. M. Al-Khayat **"*Study of Some Horizontal Swelling Properties and its Effect on Vertical Swelling of Clayey Soil in Mosul City*"**, M.Sc. Thesis, Mosul University, Iraq (2008) (in Arabic).

[10] Nitty Sebastian and Sindhu A. R., "***Prediction of Permeability of Compacted Clay Liners***", International Journal of Research in Engineering, 6(8), 42 (2016).

[11] Braja M. Das, "***Principles of Foundation Engineering***", 8th Ed., Cengage Learning, Boston (2016).

[12] WWW, geo-slope.com/Heave due to Infiltration.

[13] H. Di Benedetto et al, "***Deformation Characteristics of Geomaterials Recent Investigations and Prospects***" **,** proceedings of the third international symposium on deformation characteristics of geomaterials, 22–24 September 2003, Lyon, France**,** Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands (2003).