متوفرة على الموقع:http://www.basra-sciencejournal.org

ISSN –1817 –2695

الخصائص الانتفاخية للترب السطحية في مناطق مختارة من مدينة الفاو_محافظة البصرة / جنوبي العراق

رائد عزيز محمود و هدى احمد دحام

قسم علم الأرض/ كلية العلوم /جامعة البصرة

Huda_Daham @ yahoo.com , raidaziz14@ yahoo.com

الاستلام 10-9-2011، القبول 28-3-2012

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى بيان الخصائص الانتفاخية للترب السطحية في مناطق مختارة من مدينة الفاو/ جنوبي محافظة البصرة وتأثيرها في السلوك الهندسي لهذه الترب.حفرت ثلاث جسات اختبارية بعمق خمسة أمتار لكل منها في ثلاثة مواقع مختارة توزعت في شمال ووسط وجنوب مدينـة الفاو.استخدمت قيم المحتوى الطيني وحد السيولة ومعامل اللدونة في تحديد جهد الانتفاخ في ترب منطقة الدراسة.تظهر نتائـج التحليل الحجمي للحبيبات أن نماذج الترب المستخرجة من مدينة الفاو هي من الطين الغرينـي والغرين الطيني، يتراوح المحتوى الطيني فيها مابين 22–63%. لذلك، فان أنموذجا واحدا يعد ذاجهد انتفاخ عالٍ، في حينتعد بقية النماذج ذات جهد انتفاخ عالٍ جدا. تظهر نتائج فحوص حدود اتربرغ أن حد السيولة في نماذج التربة يتراوح مابين 35–55%، وان ثلاثة نماذج تعد ذات جهد انتفاخ متوسط، في حين تعد النماذج الباقية ذات جهد انتفاخ عالٍ. تتراوح قيم معامل اللدونة مابين 16–27%، وتعد أربعة نماذج ذات جهد انتفاخ متوسط في حين تعد النماذج الباقية ذات جهد انتفاخ عالٍ.تظهر الدراسة أيضا قابلية الترب متوسطة اللدونة على الانتفاخ العالي وان ذلك الأمر لا ينحصر فقط بالترب عالية اللدونة.

1- المقدمة

تعرف الترب التي تنتفخ أو تنكمش بسبب التغير في المحتوى الرطوبي بالترب المنتفخة. غالبا ماتكون المواد الطينية هي الأكثرتأثرا بالانتفاخ والانكماش ولذلك فان الترب المنتفخة تعرف أيضابالأطيان المنتفخة. تتعرض بعض الصخور الضعيفة مثل الطفل (Shale)والحجر الطيني (Claystone) والحجر الغريني (Siltystone) والمارل (Marle)وغيرها للانتفاخ أيضا وتعرف بالصخورالمنتفخة (القصبي،2007).تحوي الترب والصخورالمنتفخة معادن طينية ذات محتوى عالٍ من معادن السمكتايت مثل المونتموروليناية, والفرميكيولايتوالهالوسايت والسيبيولايت(Lew,2010).

تعد الترب المنتفخة مشكلة عالمية ، وهي توجد في أنحاء مختلفة من العالم ولاسيما المناطق شبه الجافة ذات فصول الجفاف والترطيب المتبادلة ومنها العراق. تعد البيئات الترسيبية الصحراوية والنهرية وبيئة المياه الضحلة وبيئة المصبات الخليجية مصدرا للترب القابلة للانتفاخ لكون هذه البيئات غنية بالايونات المختلفة التي تساعد في تكوين هذه الترب ووجود معدن المونتمورليناية الذي

يمتاز بالتركيب الطبقي القابل لامتصاص الماء بكميات كبيرة تؤدي إلى تباعد الطبقات عن بعضها وانتفاخ التربة(Jing-Chao etal.,2008).

تتعرض الترب المنتفخة إلى الانتفاخ والانكماش الدوري خلال الفصول الرطبة والجافة المتبادلة مما يسبب التغير في حجم هذه الترب وأضرارا فادحة للمنشات الهندسية الأمر الذي درسه العديد من الباحثين في العالم مثل [(Day,1994),(Subba and Satyadas,1987),(Chen and Ma,1987),(Popesco,1980)]في(Lew,2010).يحد ث الضرر بسبب ضغط الانتفاخ العالي المسلط من قبل التربة على المنشآت المقامة فوقها الأمر الذي يؤثر في أسسالبنايات والجدران الساندة وأرصفة الموانئ ومدارج المطارات وأرصفة الشوارع وقواعد وبطانات القنوات وخطوط الأنابيب .,Ameta,etal.)(2007تظهر الأضرار بشكل تشققات متقاطعة فوق الأبواب والشبابيك وتشقق الأرصفة وارتفاع الأرضيات (Hakari and Puranik,2010). تكون البنايات ذات الطابق الواحد الأكثر تعرضا للضرر من البنايات متعددة الطوابق التي يكون ثقلها عاملا في مقاومة الانتفاخ(Rafie etal.,2008).

يحصل الانتفاخ في التربةبسبب زيادة الرطوبة، ويحدث ذلك بفعل الأمطار الغزيرة ونضح المياه من الأنابيب المكسورة وقنوات المجاري والفعاليات البشرية. عندما تبنى المنشات على ترب رطبة فإنها يمكن أن تتضرر عندما يفقد الطين الرطوبة ويحصل الانكماش بفعل النتح أو تبخر المياه من التربة تحت المنشأ(ACPA, 2008).

في بعض الترب المنتفخة تحصل زيادة أو فقدان بالحجم بمقدار 75% من الحجم الأصلي للتربة. كذلك، فان هذه التغيرات لا تكون متجانسة في المساحات الكبيرة، ولذلك فان بعض المناطق ذات المحتوى الطيني الموضعي العالي قد تتمدد أكثر من الترب المجاورة التي قد تكون رملية أو غرينيةمما يؤدي إلى تسليط اجهادات غير متساوية تحت أسس المنشأ (Ahmed,2009).حينما تجف التربة وتتشقق، فان المياه يمكن أن تتحرك عبر التشققات لمسافة عدة أقدام في جميع الاتجاهات. فإذا كانت التربة حول الأساسات جافة وتشققت فان المياه القريبة من الأسس سوف تجري عبر التشققات وتتجمع في قاعدة الأساس مما يؤدي إلى فقدان التربة لجزء من سعة التحميل وربما إلى الحد الذي يجعل المنشأ يغطس في الأرض (Erzin and Erol,2004).

يتأثر سلوك الانتفاخ للتربة بعدة عوامل فيزيائية وكيميائية وبيئية تعزى إلى الطبيعة الانتفاخية للتربة. تتمثل هذه العوامل بنوع ومقدار المعادن الطينية، الخواص الفيزيوكيميائية للماء المسامي، كثافة التربة، المحتوى المائي، معامل اللدونة، الحرارة والزمن-Al) (Zoubi,2008.تؤثر معدنية الأطيان كثيرا في التغير الحجمي للترب المنتفخة. تعد معادن الكاؤولينايت والمونتمورلينايت والألايت هي المعادن الطينية الشائعة في التربة وتعد الترب الحاوية على المونتمورلينايت منتفخة في طبيعتها(Reddy etal.,2009).تستطيع الأطيان المكونة أساسا من السمكتايت امتصاص مياه أكبر من تلك المكونة غالبا من معادن غير منتفخة مثل الكاؤولينايت والمايكا أو من معادن محددة الانتفاخ كالفرمكيولايت. تظهر الدراسات أن المونتمورلينايت المشبعة بالايونات المزدوجة مثل Ca^{+2} تنتفخ بنسبة 100%، في حين المونتمورلينايت المشبع بالايونات الأحادية مثل Na^{+1} تنتفخ إلى مالانهاية ، على الرغم من أن هذه الترب لاتظهر هذا السلوك دائما بسبب تداخلها مع معادن طينية غير منتفخةولان نظام التربة نادرا مايكون أحادي الايون (Monoionic) وغالبا مايكون مشبعا بايونات الكالسيومCa^{+2}أو المغنيسيوم(Thomas,1998)Mg^{+2}.

يعزى ضغط الانتفاخ للتربةإلى الضغط الآزموزي(Osmotic pressure) الذي تولده الأيوناتالموجبة (Cationes)المرتبط بنظريــة الطبقات المزدوجــة(Double layer theory)لتمدد الأطيان.اعتقد (Low &Marghein,1979)في (Thomas,1998)أن ضغط الانتفاخ يتولد بسبب طاقة الجهد للماء بين الطبقات(Interlayer water) كنتيجة لتداخله مع سطوح الطبقات الطينية المتاخمة.أظهرت

الدراسات إن ضغط الانتفاخ يزداد مع زيادة الكثافة الجافة (Ameta, etal., 2007)، وزيادة نسبة الترب عالية اللدونة(CH)(عبدالقادر وآخرون,2007)، في حين يقل مع زيادة نسبة الحبيبات الخشنة الأكبر من425 مايكرون(Rao,etal.,2006).

يؤثر سلوك الانتفاخ في الترب والصخور على نجاح وأمان واقتصادية المنشات الهندسية المقامة عليها. لتلافي هذه الأضرار، يجب دراسة خواص الانتفاخ المتمثلة بضغط الانتفاخ (Swelling pressure) ، جهد الانتفاخ (Swelling potential) ومعامل الانتفاخ (Swelling index) وهي ثلاث ميزات للانتفاخ يستفاد من حسابها في تحديد أمان المنشات المقامة فوق التربة(Lew,2010). يتم ذلك بواسطة الطرائق المباشرة وغير المباشرة. تستخدم الطرائق المباشرة الفحوص المختبرية المتمثلة في فحوص معامل الانتفاخ الحر (Free swell expansion index) ، نسبة التحميل الكاليفورني[California bearing ratio(CBR)] ،تغير جهد الانتفاخ [Potential volume change (PVC)] ومعامل التمدد الطولي [Coefficient of linear extensibility(COLE)]. اقترحت العديد من الطرائق غير المباشرة لحساب جهد الانكماش- الانتفاخ بواسطة عدد من الخصائص الأساسية للتربةكالمحتوى الرطوبي الطبيعي(Holts & Gibbs,1956)،الوزن النوعي(Gulati,1978)،الكثافة الجافة (Cripps&Taylor,1987)،حد السيولة(Chen,1988)،معامل اللدونة (Seed etal,1962)، حد الانكماش(Holts & Gibbs,1956)، المحتوى الطيني(Van der Merwe,1964)،والفاعلية (Skempton,1956) وجميعها في (Hakari and Puranik,2010).

تهدف هذه الدراسة إلى حساب جهد الانتفاخ في الترب السطحية الممتدة إلى عمق 5 أمتار تحت السطح في مناطق مختارة من مدينة الفاو/ جنوبي محافظة البصرة وبيان خصائصها الانتفاخية وتأثيرها في السلوك الهندسي لهذه الترب ومدى الضررالذي تسببه في المنشآت الهندسية المقامة عليها والمعالجات الممكنة.

2. موقع ومناخ منطقة الدراسة

تقع مدينة الفاو في جنوب محافظة البصرة/ جنوبي العراق بين خطي طول ′54 °47 و′34°48 شرقاً،ودائرتي عرض ′55 °29 و′15 °31 شمالاً.

تمتاز محافظة البصرة بالمناخ الجاف الحار صيفاً والبارد الرطب شتاءً، وبالتطرف الكبير في درجات الحرارة وارتفاع نسبة الإشعاع الشمسي وقلة الأمطار وارتفاع نسبة الرطوبة مقارنةً ببقية أجزاء القطر.تسقط معظم الأمطار في فصلي الشتاء والربيع في الفترة من شهر تشرين الثاني ولغاية شهر نيسان.تراوح مجموع تساقط الأمطار السنوي للفترة مابين عامي 1980–2006 من 84.3 إلى 296.6 ملم وبمعدل 134.8 ملم، وتراوح مجموع التبخر السنوي للفترة ذاتها من 3292.1 إلى 4506.9 ملم وبمعدل 3735.7 ملم، في حين بلغت نسبة معدل التبخر إلى معدل الأمطار27.7 (دائرة الأنواء الجوية،2006).

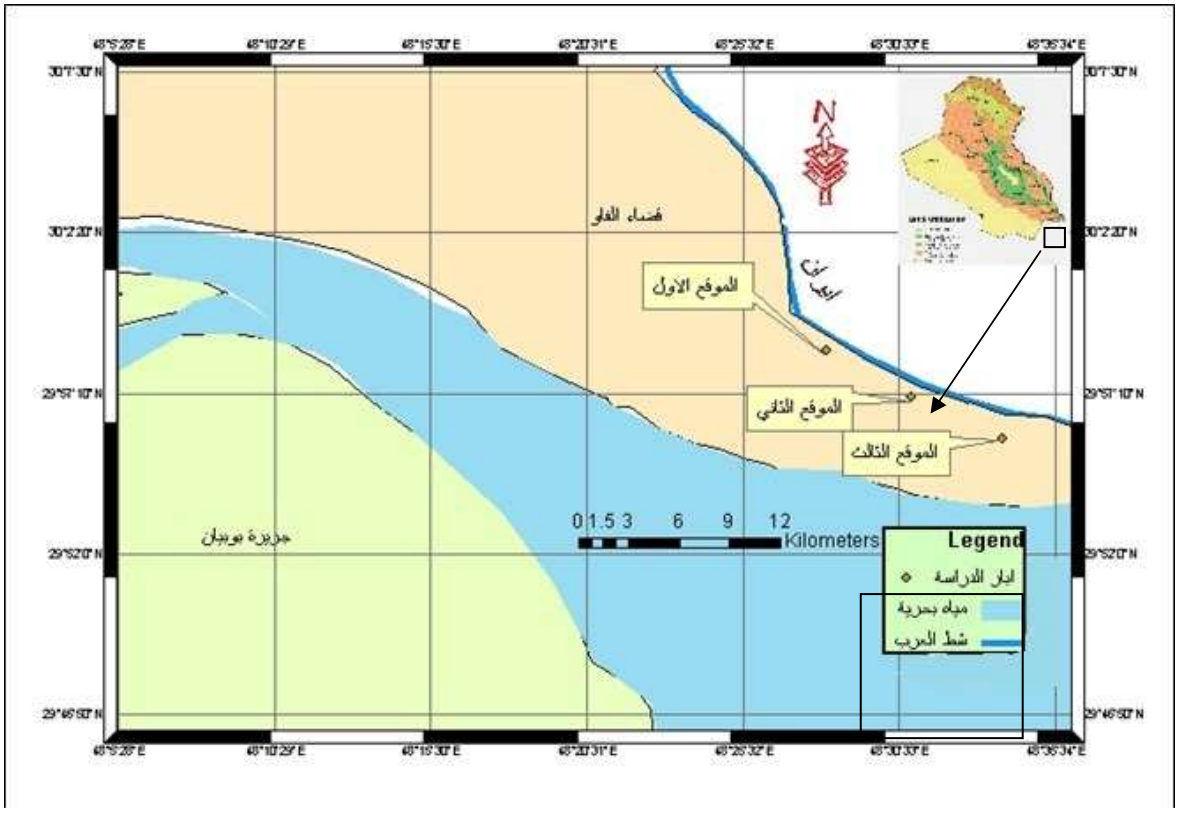
3. الوضع الطباقي

تغطي رسوبيات العصر الرباعيالممتدة عبر عهدي البلستوسينوالهولوسين (مليونا سنة حتى الوقت الحاضر)مناطق السهل الرسوبي بالعراق(السياب وآخرون،1982) ومنها مدينة الفاو،وقد أثرت التذبذبات المناخيةوالتغيرالدوري في مستوى سطح البحر خلال عهد البلستوسين كثيراً في طبيعة رسوبيات هذا العصر (Buday,1980).امتلأ حوض وادي الرافدين بالترسبات الدلتاوية والنهرية المتميزة بتغير السحناتوتبادلها أفقياًوعمودياً،إذ ترسب تكوين الدبدبة، ومن ثم الترسباتالبحرية المتمثلة بتكوين الحمار وترسبات البحيرات المويلحة، أما الجزء العلوي من الحوض فهو مزيج من رواسب الغرين والطين النهري الفيضي التي تجلبها انهار دجلة والفرات وشط العرب والكارون والترسبات الريحية المنضمة طبيعيا (Albadran&Mahmood, 2006)تبرز أهمية هذه التربلكونها القاعدة التي ترتكز

عليها الأسس الضحلة للمباني والمنشآت الهندسية المختلفة في مدينة الفاو.

4. طريقة البحث

استعين بفريق الحفر التابع لمختبر البصرة الإنشائي لحفر ثلاث جسات اختبارية بعمق خمسة أمتار لكل منها على وفق المواصفة البريطانية BS 5930: 1981في ثلاثة مواقع مختارة توزعت في شمال ووسط وجنوب مدينة الفاو إحداثياتها″58′10 °29 شمالاو °48 ″28′40 شرقا، ″57′00 °29 شمالا و″30′45 °48 شرقا ، ″55′50 °29 شمالا و″33′10 °48 شرقا وكما مبين في شكل 1. أنجزت الفحوص المختبرية المتمثلة بالتحليل الحجمي للحبيبات وحدود أتربرغ (المبينة نتائجها في جدول1) على وفق المواصفة الأمريكية ASTM D422-63(2002)لخمسة عشر من نماذج التربة المخلخلة المستخرجة من الجسات الاختبارية. استخدمت نسبة المحتوى الطيني وقيم حد السيولة ومعامل اللدونةفي التربة لتقدير جهد الانتفاخ فيها بحسب تصانيف[(Van der Merwe,1964)، (Chen,1988)، و (Seed et al,1962)]في (Hakari and Puranik,2010)على التوالي والمبينة تفاصيلها في جدول 2، كما استخدمت قيم حد السيولة ومعامل اللدونة في تصنيف ترب منطقة الدراسة على وفق مخطط اللدونة في (Das,2002)، وكما مبين في شكل 2.



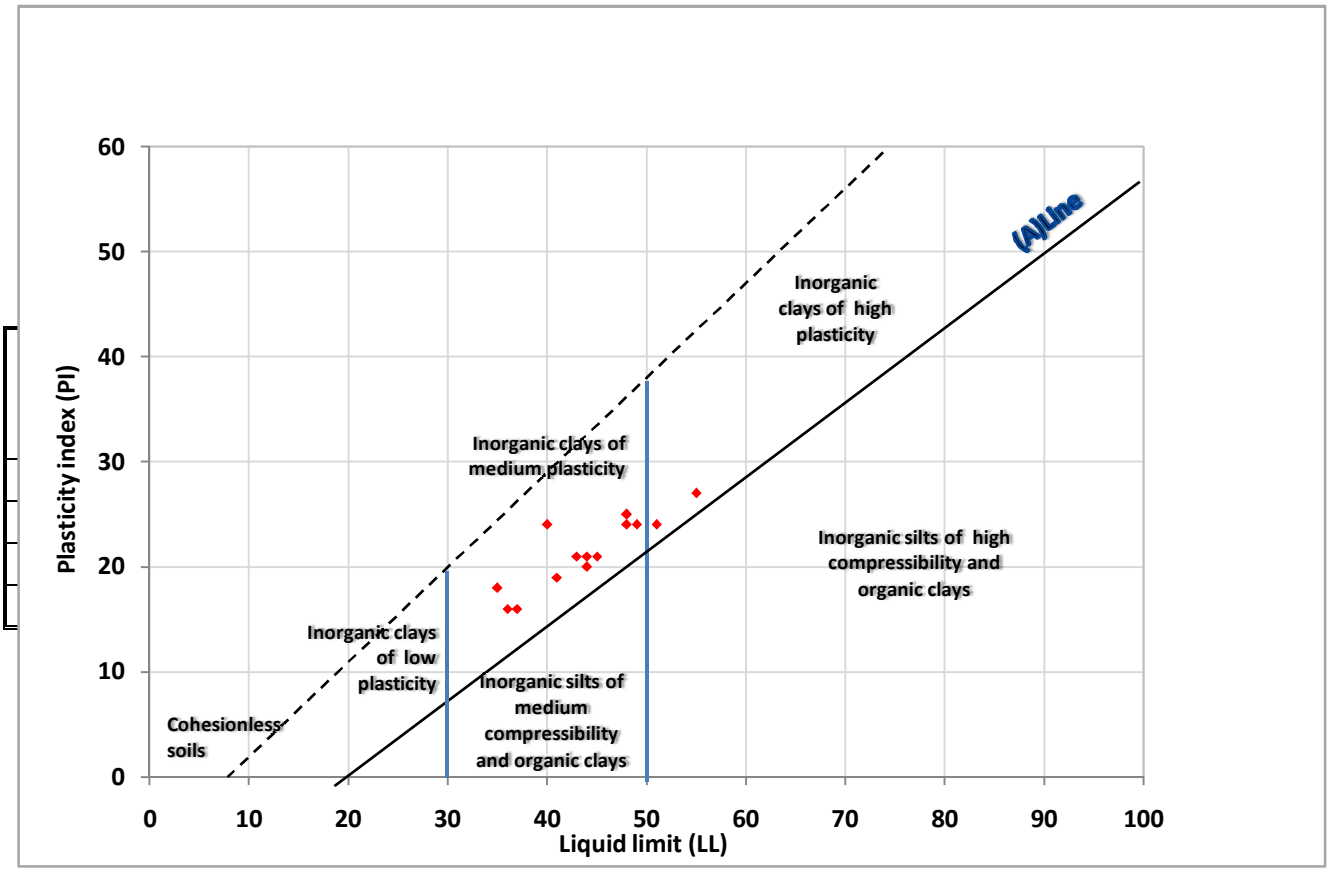
شكل1: خارطة مدينة الفاو ومواقع النمذجة فيها.

جدول 1:نتائج الفحوص المختبرية لنماذج التربة المستخرجة من منطقة الدراسة.

الموقع	عمق النموذج متر	المحتوى الرطوبي %	حد السيولة %	معامل اللدونة %	الطين%	الغرين%	الرمل%
الأول (شمال المدينة)	1-0	21	49	24	63	37	0
	2-1	23	35	18	38	61	1
	3-2	29	41	19	55	44	1
	4-3	38	37	16	40	50	10

0	51	49	16	36	39	5-4	
12	66	22	27	55	21	1-0	الثاني (وسط المدينة)
0	47	53	24	51	22	2-1	
0	46	54	24	40	20	3-2	
0	52	48	25	48	21	4-3	
3	54	43	21	43	24	5-4	
0	41	59	24	48	26	1-0	الثالث (جنوب المدينة)
0	48	52	21	44	33	2-1	
0	51	49	25	48	41	3-2	
4	43	53	21	45	43	4-3	
4	49	47	20	44	43	5-4	

جدول 2:تصنيف الترب بحسب قابلية الانتفاخ فيها. عن (Hakari and Puranik,2010)



5

شكل2:تصنيف نماذج التربة في منطقة الدراسةبحسب مخطط اللدونة في (Das,2002)

5. النتائج والمناقشة

تظهر نتائج التحليل الحجمي للحبيبات أنماذج الترب المستخرجة من مدينة الفاو هي من الطين الغريني والغرين الطيني، يتراوحالمحتوى الطيني فيها مابين 22-63% وبمعدل 48.3 %. استنادا إلى تصنيف

(Van der Merwe,1964) فان أنموذجا واحدا تبلغ قيمته مابين 20– 28% ويعد ذاجهد انتفاخ عالٍ، في حين تزيد نسبة المحتوى الطيني في بقية النماذج عن 28% وتعد بذلك ذات جهد انتفاخ عالٍ جدا. تظهر نتائج فحوص حدود اتربرغ أن حد السيولة في نماذج التربة يتراوح مابين 35–55% وبمعدل 44.3 %، وبحسب تصنيف (Chen,1988)فان ثلاثة نماذج (وهي من الموقع الأول) تعد ذات جهد انتفاخ متوسط إذ تتراوح قيمها مابين 35–37%، في حين تعد النماذج الباقية ذات جهد انتفاخ عالٍ. تتراوح قيم معامل اللدونة مابين 16–27% وبمعدل 21.6 %. تعد أربعة نماذج (وهي من الموقع الأول أيضا) ذات جهد انتفاخ متوسط إذ تتراوح قيم معامل اللدونة فيها مابين 16–19%، في حينتعد النماذج الباقية ذات جهد انتفاخ عالٍبحسب تصنيف (Seed etal.,1962).

يظهر تصنيف الترب على وفق مخطط اللدونةإن ثلاثة عشر أنموذجا هي أطيان لاعضوية متوسطة اللدونة(Inorganic clays of medium plasticity) ونموذجين من الأطيان اللاعضوية عالية اللدونة (Inorganic clays of high plasticity) مما يؤشر قابلية الترب متوسطة اللدونة على الانتفاخ وبدرجات عالية وان ذلك لا ينحصر فقط بالترب عالية اللدونة كما تشير إلى ذلك البحوث العالمية السابقة.

تساعد البيئات الرسوبية في مدينة الفاو والمتمثلة بالبيئات النهرية والمياه الضحلة والمصبات الخليجية في تكوين الترب الانتفاخية في مدينة الفاو.كذلك، تساعد الظروف المناخية في محافظة البصرة ومنها مدينة الفاو على تشجيع سلوك الانتفاخ الحاصلبفعل سقوط الأمطارشتاءاً والخاصية الشعرية عالية الفعالية بسبب طبيعة الترب ذات النسب العالية من الأطيان وتذبذب مستوى المياه الجوفية القريبة من السطح أصلا نتيجة المد والجزر، وتشجيع سلوك الانكماش بفعل فترات الجفاف الطويلة خلال السنة ودرجات الحرارة المرتفعة في فصل الصيف التي غالبا ما تتعدى قيمها القصوى 50°م، فضلا عن توافر معدنيالمونتمورلينايت–الكلورايت(Mont-chlorite) والباليكورسكايت (Palygorskite)في الترب السطحية بمدينة الفاو بنسب تصل إلى49% و44% على التوالي (العطب،2008) مما يفسر جهد الانتفاخ العالي للترب في منطقة الدراسة.

تتأثر المنشات الهندسية المقامة في مدينة الفاو بسلوك الانكماش والانتفاخ في الترب السطحية الانتفاخية التي تعد الطبقات التحميلية للمنشآت الضحلة إضافة إلى ما تعانيه هذه الترب أصلامن ضعف في سعة التحميل مما يؤدي إلى تشقق جدران المنشآت وتشوه الأرضيات الأمر الذي يتطلب المعالجة.اتفقت أراء الباحثين أن هذا السلوك يمكن تقليله إذاأمكن المحافظة على المحتوى الرطوبي للتربة ثابتا، كما يمكن معالجته بتحديد حركة التربةللأعلى بواسطة تغليف التربة بالصبات الخرسانية وتقليل ضغط الانتفاخ أو بجعل المنشأ الهندسي مقاوم لدرجة كافية للتحطيم الذي تسببه حركة التربة.

يمكن معالجة الترب المنتفخة في مدينة الفاو بعدد من الطرائق منها:

أ ـإزالة الترب المنتفخة واستبدالها بأخرى غير منتفختحوي نسبا أعلى من الحبيبات الخشنة ذات الحجم الأكبر من 425 مايكرون مع الحدل وصولا إلى الكثافة الجافة العظمى على وفق المواصفات القياسية.

ب ـ الترطيب المسبق للتربة لزيادة المحتوى الرطوبي فيهاواتاحة الظروف المناسبة لتحديدالحدود القصوى لانتفاخ التربة ومن ثم حدلها وإقامة المنشآت عليها إذا كان الانتفاخ ضمن الحدود غير المؤثرة.

جـتؤدي إضافة الكلس للترب الطينية إلىتقليل قابلية الاحتفاظ بالماء والانتفاخ مما يساعد في تحسين الاستقرارية وزيادة مقاومة القص وسعة التحميل (U.S. army corps of engineers, 1994).

دـأظهرت الدراسات إن جهد الانتفاخفي الترب الطينية يمكن تقليلـه بنسب مؤثرة عند إضافة الرماد المتطاير (Fly ash) بفعل الأواصر المتكونة بينه وبين التربة(Cokca,1999)،وبإضافة الجبس ورمال الكثبان (Ameta et al.,2007)، وكذلك، بإضافة خليط من رماد قشور الرز والكلس(المياحي،2009).

6.الاستنتاجات

تظهر النتائج أن ترب منطقة الدراسة تتكون من الطين الغريني والغرين الطيني . يتراوح جهد الانتفاخ فيها مابين الجهد المتوسط إلىالجهد العالي جدا وهو جهد مؤثر سلبا في استقرار المنشات الهندسية في مدينة الفاو ويسبب أضرارا كبيرة بسبب التصدع في الجدران والشوارع وغيرها مما يتطلب معالجة هذه الترب قبل البناء. تظهر الدراسة أيضا قابلية الترب متوسطة اللدونة على الانتفاخ العالي وان ذلك الأمر لا ينحصر فقط بالترب عالية اللدونة.

المصادر ..

1- السياب، عبدالله و الأنصاري، نضير و الراوي، ضياء و الجاسم، جاسم و العمري، فاروق صنع الله و الشيخ، زهير (1982). جيولوجيا العراق. دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 280 صفحة.

2- العطب، صلاح مهدي (2008). التغاير في خصائص التربة وتصنيفها لبعض مناطق محافظة البصرة، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة البصرة.

3- القصبي, السيد عبدالفتاح (2007). *هندسة التربة ميكانيكا التربة*،دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع. القاهرة،587 صفحة.

4- المياحي، محمد محيبس(2009). دراسة تأثير بعض المضافات على بعض الخصائص الجيوتكنيكية لترب مختارة من محافظة ميسان، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 103 صفحة.

5- دائرة الأنواء الجوية في مطار البصرة الدولي (2006). تقارير الأنواء الجوية.

6- عبدالقادر، سهيل و بحي،صلاح والجواري, خولة (2007). مساهمة في دراسة العلاقة بين التداعي والانتفاخ مع اجهادات مص التربة، مجلة الهندسة والتكنولوجيا, المجلد 25، العدد 5،الصفحات من207-224.

7-A.S.T.M, D422-63(2002). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. USA.

8- ACPA, (2008). Expansive Soils, Americans Concrete Pavement Association, www.pavment.com .

9-Ahmed,A.(2009). Evaluation of Drying and Wetting Cycles with Soil Cushion to Mitigate the Potential of Expansive Soil in Upper Egypt,EJGE, Vol. 14, Bund. D,pp 1-11.

10-Albadran, B .N. &Mahmood, R. A. (2006).Geotechnical Properties and Aerial Distribution of Bearing Strata along the Shatt Al-Arab Riverbank from Qurna to Fao. Marina Mesopotamia, 21(1): 45-56.

11-Al-Zoubi, M.S. (2008).Swell Characteristics of Natural and Treated Compacted Clays, EJGE, Vol.13, Bund.D.pp 1-18.

12-Ameta, N.K., Purohit, D.G.M., and Wayal, A.S.(2007).Characteristics, Problems and Remedies of Expansive Soils of Rajasthan, India, EJGE, Vol. 12.

13-BS 5930:1981. *Code of Practice for Site Investigations*. British Standards Institution, London.

14-Buday, T.(1980). *The Regional Geology of Iraq, Stratigraphy &Palegeography*.Dar Al-Kutib Publishing House, University of Mosul, Iraq, 448 p.

15-Cokca,E.(1999).Effect of Fly Ash on Swell Pressure of an Expansive Soil, EJGE, Vol.4.

16-Das, B.M.(2002).*Principles of geotechnical Engineering* .Bill Stenquist, USA.

17-Erzin, Y. and Erol, O.(2004).Correlations for Quick Prediction of Swell Pressures, EJGE, Vol.9.

18-Hakari, U.D. and Puranik, S.C.(2010). Evaluation of Swell Potential and Identification of Expansive and Problematic soils in Civil Engineering Works by Newly Developed Matrices Based on Index and Grain Size Properties, EJGE, Vol. 15, Bund.P, pp 1712-1726.

19-Jing-chao, J., Qing,Y., Mao-tian,L., and Qiang,L. (2008). Discussion on Two

Simplified Swelling Pressure Models for Expansive Soils, EJGE, Vol. 13, Bund.L, pp1-8.

20-Lew, B.,(2010). Structure Damage Due to Expansive Soils: a Case Study, EJGE,Vol.15, Bund.M, pp 1317-1324.

21-Rafie,B., Moayed,R., and Moayed,R. (2008). Evaluation of Soil Collapsibility Potential: A Case Study of *Semnan*Railway Station, EJGE, Vol. 13, Bund.G, pp 1-7.

22-Rao,K.,G.,Babu,G., and Rani, Ch.(2006). Influence of Coarse Fraction on Swelling Characteristics, EJGE, Vol.11.

23-Reddy,P., Rao,K., and Rani.Ch.(2009). Identification of Expansive Soils and Assessment of Expansion Potential by Fuzzy Approach, EJGE, Vol. 14 , Bund. L,pp1-11.

24-Thomas, P.J.(1998). Quantifying Properties and Variability of Expansive Soils in Selected Map Units, Ph.D. Thesis, Virginia University,USA,79p.

25-U.S. Army Corps of Engineers (1994).*Soil Stabilization for Pavement*. USA.