

مساهمة في دراسة العلاقة بين التداعي والانتفاخ مع اجهادات مص التربة

أ.م.د. سهيل إدريس عبدالقادر* خطاب أ.م.د. صلاح وديع إبراهيم بحي*
م.م. خولة احمد خليل الجواري*

تاريخ التسلم: ٢٠٠٦/٤/٢

تاريخ القبول: ٢٠٠٦/١١/٢٦

الخلاصة

يهدف البحث إلى دراسة دور المعادن الطينية واجهادات المص على التغير الحجمي لتربة متداعية من مدينة الموصل. تطرقت هذه الدراسة إلى تأثير كمية الترب الطينية المضافة الى التربة المتداعية ونوعها بالإضافة إلى المحتوى الرطوبي ووحدة الوزن الجاف الأوليين التي سبكت عندها النماذج. أظهرت النتائج إن المحتوى الطيني الأمثل لتداعي التربة يقل عند زيادة لدونة التربة، كما لوحظ زيادة نسب وضغط الانتفاخ عند زيادة كل من المحتوى الطيني، لدونة التربة الطينية المضافة ووحدة الوزن الجاف الأولية. من جهة أخرى، تم قياس اجهادات مص التربة المتداعية والمضاف اليها نسب مختلفة من الترب الطينية، بينت الدراسة إن العلاقة بين اجهادات المص والمحتوى الرطوبي هي علاقة خطية دائماً، كما أن اجهادات المص تزداد تبعاً لزيادة لدونة التربة. اتضح ان تأثير وحدة الوزن الجاف على اجهادات المص قليلة وغالبا ما تكون مهملة. أخيراً، تم التوصل إلى علاقات رياضية بين اجهادات المص وكل من قابلية التداعي والانتفاخ للتربة. الكلمات الدالة: التربة المتداعية، التغير الحجمي، التربة الانتفاخية، مص التربة.

Abstract

This research aims to study the role of soil suction and clay minerals on volumetric changes of a collapsible soil selected from Hawy Al-Kanissa area in Mosul city. The effect of low and highly plastic clayey soil as an additive to this soil has been investigated. The main results show the optimum clay content for soil to collapse decreases with the increase in the plasticity of soil. Swelling percent and pressure increase with the clay content, plasticity of soil and dry unit weight.

Soil suction was also studied for collapsible soil with different clay contents. The results show linear relationships for all types of soil. Soil suction also increases with plasticity. Thus soil (CH) gave more suction than soil (CL). However, dry unit weight had little effect on soil suction, which was frequently negligible. Addition to that, statistical models between soil suction with collapse and swelling potential were obtained with an acceptable correlation coefficient.

Keywords: collapsible soil, volume change, expansive soil, soil suction.

الظروف البيئية المحيطة بها أي زيادة وجود الماء في التربة، الذي يسبب انخفاضاً كبيراً في مقاومة القص للتربة ويؤدي إلى تشوهات حجميه وهذا يشمل زيادة (انتفاخ) أو نقصان (انكماش) في سمك أو حجم التربة. إن

١-المقدمة

يعتبر التغير الحجمي واحداً من أهم المشاكل الرئيسية التي يواجهها مهندسو الأسس في مناطق واسعة من العالم. إن معظم مشاكل التربة تنتج عن التغير في

* كلية الهندسة / جامعة الموصل

الرطوبة ووحدة الوزن الجاف الأوليين والمحتوى الطيني ونوعه باجهادات المص وإيجاد علاقة رياضية تربط بين هذه المتغيرات من جهة وبين كل من قابلية التداخي والانتفاخ للتربة من جهة أخرى.

٢- العمل المختبري وطرائق الفحص

استخدمت نماذج مشوشة من التربة المتداخية ومن عمق (١,٠) متر من منطقة حاوي الكنيسة في مدينة الموصل. استخدمت طريقتا الرص القياسية والمعدلة لإيجاد وحدة الوزن الجاف العظمى لهذه التربة حيث كانت (١٦,٤٨ ، ١٧,٨١) كيلونيوتن/م^٣ على التوالي.

استخدم نوعان من التربة الطينية المارة من منخل رقم (٤٠) في هذه الدراسة، احدهما ذات قابلية انتفاخ واطنة أخذت من منطقة الكعرة في مدينة الرمادي، والاخرى ذات قابلية انتفاخ عالية أخذت من منطقة حي الشهداء في مدينة الموصل. الخواص الهندسية للترب الطبيعية موضحة في جدول (١)، تميزت تربة حاوي الكنيسة بوحدة وزنها الجاف القليلة (١٢,٧٥) كيلونيوتن/م^٣ ونسبة فراغاتها الكبيرة (e₀=1.054). كما اتضح أن هذه التربة عديمة اللدونة وانخفاض حد السيولة (w_L=24%)، عليه فإنها صنفت تربة متداخية [Dudley (1970)]. يبين الجدول (١) مكونات التربة المعدنية حيث كانت المعادن الطينية الرئيسية لها هي السمكتايت والكاؤولينايت وطبقات مختلطة من الايلايت والسمكتايت على التوالي.

٢-١ إعداد النماذج للفحص: أعدت مجموعتان من النماذج، الأولى بإضافة تربة (CL) والثانية مزجت بتربة (CH)، وقد أضيفتا بنسب (٠، ٥، ١٥، ٣٠)% للحصول على محتوى طيني نهائي لكل مجموعة بنسب (٨، ١٢، ١٨، ٢٥)% على التوالي لنوعي الإضافات. لإجراء الفحوصات المختبرية، حضرت نماذج بطريقة الرص الاستاتيكي بسرعة (1.25 mm/min) ذات محتوى رطوبي متغير

لاجهادات المص والمحتوى الطيني ونوعه تأثيراً على مقدار التغير الحجمي للتربة، حيث تعمل كقوى ومواد رابطة لحبيبات التربة. لكن انخفاض اجهادات المص للتربة يضعف من تأثير المادة الرابطة أو ربما يختفي تأثيرها عند الترتيب. وهذا ما ينتج عنه حصول فشل قص في نقاط التماس بين الحبيبات (Sun et al (2004).

ان قابلية التربة للتداخي والانتفاخ تعتمد على كمية المواد الناعمة (خاصة حبيبات الطين)، المحتوى الرطوبي الأولي ووحدة الوزن الجاف الأولية بالإضافة إلى الطريقة والطاقة المستخدمة لرص النماذج [Lawton et. al. (1989), Basma and Tuncer (1992), Khattab (2004)].

تلعب اجهادات المص دوراً رئيساً في ميكانيك التربة غير المشبعة، حيث استخدم لبيان تأثير المحتوى الرطوبي على خصائص التربة من مقاومة القص وتغير في الحجم والنفاذية كذلك يعبر عن الترابط بين حبيبات التربة والماء [Cokca (2002)].

تقسم اجهادات المص إلى مركبتين [Bulut et. al. (2001), Fredlund and Rahardjo (1993)]، هما: المص النسيجي (Matric Suction) الذي يمثل الفرق بين ضغط الهواء المسامي (U_a) وضغط الماء المسامي (U_w). حيث يعتمد على الخاصية الشعرية للتربة التي بدورها تعتمد على الشد السطحي لماء التربة، والمص التناضحي (Osmotic Suction) الذي يعتمد على تركيز الأملاح الذائبة في التربة.

استناداً لما ذكر أعلاه، أجرى العديد من الباحثين مؤخرًا محاولات لربط اجهادات المص مع التغير الحجمي للتربة خاصة للترب الحساسة للترطيب، لأن إجهاد المص يمثل العديد من المتغيرات مثل وحدة الوزن الجاف والمحتوى الرطوبي ونوع التربة وبنيتها، فضلاً عن سهولة الحصول على اجهادات المص مخبرياً أو حقلياً [Khattab (2002), Bahhe (2001)]. إن الهدف الرئيس لهذه الدراسة، إمكانية التعويض عن تأثير كل من محتوى

(Suction). اجري الفحص بالاعتماد على الطريقة المعتمدة من قبل الجمعية الامريكية للفحوصات والمواد (ASTM (D5298 -03). حفظ النموذج لفترة توازن (١٤) يوما بدرجة حرارة $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ [Leong et. al. (٢٠٠٢)].

٣- النتائج والمناقشة

٣-١ تأثير الترب الطينية المضافة على الخواص الدليلية للتربة المتداعية:

من مقارنة الخصائص الدليلية قبل وبعد الاضافة، لوحظ من الجدول (٢) وجود زيادة في قيم حد السيولة ودليل اللدونة والانكماش الخطي مع نسب المواد الطينية المضافة. كانت هذه الزيادة اكبر عند اضافة تربة (CH). والسبب يعود إلى وجود طبقات مختلطة من معدني المونتموريلونايت والايلايت التي تتميز بقابليتها العالية على امتصاص الماء مقارنة بالكاؤولينايت [Gillott (1968) ، (ينات، ١٩٨٠)].

٣-٢ طاقة ودليل التداعي للتربة الطبيعية:

من خلال الفحص المنفرد وفحص الانضمام المزدوج كان مقدار قابلية تداعي التربة (٦,٨، ٤,٠٩) % عند الإجهاد (100 kPa). صنفت التربة على إنها متوسطة الخطورة استنادا إلى مواصفات [ASTM (D5333-92)(2003)] و [Jennings and Knight (1975)] على التوالي.

٣-٣ تأثير المحتوى الطيني على قابلية التغير الحجمي للتربة المتداعية:

يلاحظ إن التربة أظهرت سلوكا متعكسا عند وحدات الوزن القليلة والكبيرة. فعند وحدات الوزن القليلة (١٢,٧٥، ١٤,٢٣) كيلونيوتن/م^٣ أظهرت التربة عموماً، قابليتها على التداعي عند اضافة نسب مختلفة من نوعي التربة الطينية، كما بينت زيادة قابليتها على التداعي مع زيادة الإجهاد المسلط على التربة. أما عند وحدات الوزن الكبيرة (١٥,٦٩، ١٦,٦٨) كيلونيوتن/م^٣ فان حالة التداعي للتربة قد انعدمت تقريبا إلا عند الاجهادات الكبيرة،

ووحدة وزن جاف أولية مختلفة تمثل وحدة وزن جاف تساوي وحدة الوزن الجاف الأولية للموقع (١٢,٧٥) كيلونيوتن/م^٣، وحدة وزن جاف تعادل (٩٥%) من وحدة الوزن الجاف العظمى للرص القياسي و(٨٠، ٩٥) % للرص المعدل وتساوي (١٥,٦٩، ١٤,٢٣) كيلونيوتن/م^٣ على التوالي.

٢-٢ الفحوصات المختبرية:

٢-٢-١ فحص طاقة ودليل التداعي: استخدمت طريقتين لقياس طاقة ودليل التداعي (Collapse index and collapse potential) وهما: الفحص المنفرد استنادا إلى (٢٠٠٣) ASTM (D5333-92) على نماذج مشوشة من التربة المتداعية. حيث يتم مضاعفة الاجهادات كل ساعة على نماذج التربة ذات المحتوى الرطوبي الأولي (w/c=7%) من (١٢) إلى (١٠٠) كيلوباسكال والذي يمثل قابلية تحمل التربة المتداعية، وفحص الانضمام المزدوج: يستخدم نموذجان متماثلان بالخواص من حيث المحتوى الرطوبي ووحدة الوزن الجاف الاولييين. يفحص النموذجان في ان واحد ولكن احدهما يفحص بمحتوى رطوبي اولي، اما النموذج الثاني يفحص بعد التشبع بالماء. تسلط اجهادات على كلا النموذجين من (١٢-٨٠٠) كيلوباسكال. يرسم منحنى (e-log p) للنموذجين. يحسب مقدار طاقة التداعي عند أي حمل متوقع في الحقل وذلك باخذ الفرق بين منحنى الانضمام عند ذلك الاجهاد.

٢-٢-٢ فحص نسب وضغط الانتفاخ:

استخدم فحص الانتفاخ الحر وطريقة الحجم الثابت لقياس نسب وضغط الانتفاخ لجميع خلطات التربة المذكورة في الفقرة (١-٢) للنماذج المهيأة بطريقة الرص الاستاتيكي ذات محتوى رطوبي اولي (٧%) ووحدة وزن جاف اولية مختلفة.

٢-٢-٣ قياس مص التربة: استخدمت طريقة ورق الترشيح لقياس اجهاد المص الكلي (Total Suction) والنسجي (Matric)

الترب الطينية وبمحتوى رطوبي أولي (7)% . وعليه سلطت اجهادات على التربة بما يعادل ضغط الانتفاخ لها للتغلب على حالة الانتفاخ للتربة أي (طريقة الحجم الثابت) لحين بدء الهبوط في النموذج، وعليه تم حساب ضغط الانتفاخ للتربة. تبع ذلك تسليط الاجهادات لقياس الهبوط من (١٢) ولغاية (٨٠٠) كيلوباسكال، النتائج مبينة في الجدول (٤).

من خلال ذلك، يستنتج ان ضغط الانتفاخ للتربة يزداد عند زيادة المحتوى الطيني ووحدة الوزن الجاف الأولية لنوعي الترب الطينية المضافة، وان ضغط الانتفاخ لتربة (CH) اكبر من ضغط الانتفاخ لتربة (CL).

ولفهم مقدار تغير نسب الانتفاخ للتربة مع الاجهادات المسلطة فقد اجري فحص الانتفاخ الحر للتربة المتداوية والمضاف إليها نسب مختلفة من نوعي الترب الطينية لنماذج مسبوكة بوحدهات وزن (١٥,٦٩ ، ١٦,٦٨) كيلونيوتن/م^٣ وبمحتوى رطوبي (7)%.

بعد تحضير النماذج وغمرها بالماء المقطر وتركها لمدة (24) ساعة حيث توقف انتفاخ التربة سلطت الاجهادات وضمن مدى (6.8-800) كيلوباسكال. تم حساب نسب الانتفاخ (القيم السالبة) والانضغاط (القيم الموجبة) لكل إجهاد ولكل وحدة وزن ولكل نوع من التربة وكما مبين في الشكل (2). أكدت النتائج زيادة نسب الانتفاخ مع زيادة المحتوى الطيني. حيث كانت أعلى نسبة انتفاخ (10.59)% عند إضافة (30)% من تربة (CH) للنماذج المهيأة بوحدة وزن (16.68 kN/m³). لكن مع استمرار تسليط الاجهادات إلى التربة بمقدار أعلى من ضغط الانتفاخ فان التربة بدأت تعاني من الانضغاط الناتج عن الانضمام في التربة، حيث يمكن ملاحظة زيادة نسب الانضغاط مع زيادة نسب الطين في التربة.

يظهر بوضوح أن إضافة تربة (CL) تسبب نسبة انضغاط أعلى مقارنة بنفس الإضافة من تربة (CH). يمكن تفسير مدى الانخفاض في قيم الانضغاط عند

وأظهرت التربة قابليتها على الانتفاخ من اقل مقدار عند التربة الطبيعية إلى اكبر زيادة من تربة (CH=30%).

٣-٣-١ تأثير المحتوى الطيني على مقدار التغير الحجمي لنماذج مهيأة بوحدهات وزن قليلة (١٢,٧٥ ، ١٤,٢٣) كيلونيوتن/م^٣: من خلال النتائج المبينة في الجدول (3) والموضحة في الشكل (1) يلاحظ ان التربة أظهرت قابلية على التداوي عند الترطيب حيث أن قابلية التداوي كانت أعلى منها في التربة الطبيعية بغض النظر عن نوع المعدن الطيني.

فيما يتعلق بتأثير المحتوى الطيني يتضح من الأشكال المذكورة أعلاه زيادة قابلية التداوي للتربة عند إضافة (5)% من نوعي الترب الطينية (أي عند زيادة المحتوى الطيني لغاية (١٢، ١٣) %). استمرت الزيادة في قابلية التداوي عند إضافة نسب إضافية من تربة (CL) ولغاية نسبة طين (30) % ولكن بمعدل اقل مما حصل بين النسب (٥ ، ٠) % . كما يلاحظ أيضا من خلال الجدول (3-4) انخفاض في مقدار الفرق في قيم التداوي للتربة المضاف إليها تربة (CL) بين النسب (١٥ ، ٣٠) % مقارنة مع قيم الفرق بين النسب الأخرى للنماذج المسبوكة بوحدة وزن (12.75 kN/m³).

من جانب آخر، فان استمرار إضافة تربة (CH) بنسبة اكبر من (5)% سبب انخفاض قيم قابلية التداوي وذلك نتيجة للانتفاخ الحاصل في التربة عند الترطيب. من خلال ذلك يتبين ان أعلى قيمة للتداوي عند استخدام هذا النوع من الطين كانت عند (5) % . اتفقت هذه النتائج مع ما وجدته [Rollins et al (1994)] عند استخدامه لتربة صناعية.

٣-٣-٢ تأثير المحتوى الطيني ونوعه على مقدار التغير الحجمي لنماذج مهيأة بوحدهات وزن كبيرة (15.69, 16.68) كيلونيوتن/م^٣: أظهرت التربة قابليتها على الانتفاخ عند غمر نماذج التربة المتداوية والمضاف إليها نسب مختلفة من نوعي

اجهادات المصص كلما انخفض المحتوى الرطوبي للتربة لكافة وحدات الوزن.

تلاحظ زيادة مقدار الفرق بين المصص الكلي (y) والنسيجي (p) عند زيادة المحتوى الرطوبي لجميع النماذج المسبوكة بوحدات وزن جاف مختلفة. يعزل الفرق بوجود المصص التناضحي الذي يعتمد على تركيز الأملاح الذائبة الموجودة في التربة، حيث كان تركيز الأملاح الذائبة عالياً في تربة حاوي الكنيصة وصل إلى (4.5)%. وان مقدار الفرق يقل مع زيادة نسبة الطين في التربة نتيجة لانخفاض تركيز الأملاح المذابة في التربة الطينية المضافة مما أدى إلى انخفاض تركيز الأملاح في الترب المستخدمة. يلاحظ اقتراب قيم المصص النسيجي من المصص الكلي للتربة وهذا ما يدل على اختفاء تأثير المصص التناضحي عند انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة أي عند القيم العالية من اجهادات المصص.

3-3-4 قابلية المصص لتربة متداخية مضاف إليها نسب مختلفة من ترب ذات معدن طيني متغير: وضحت نتائج الدراسة زيادة إجهاد المصص النسيجي وبشكل تدريجي مع زيادة المحتوى الطيني وبنوعيه للتربة ولكل وحدة وزن جاف. وكما مبين في الشكل (٤) عند إضافة تربة (CL) و (CH). كما تلاحظ الزيادة في مقدار ميل العلاقات الخطية لاجهاد المصص النسيجي عند زيادة المحتوى الطيني بنوعيه وكافة وحدات الوزن. حيث أن زيادة المحتوى الطيني في التربة تعمل على التقليل من حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة الخشنة من جهة، ويعطي للتربة قابلية أكبر على الاحتفاظ بالرطوبة نتيجة لزيادة المساحة السطحية للتربة عند زيادة نسب الطين من جهة أخرى.

أما فيما يتعلق بتأثير نوع المعدن الطيني على اجهادات المصص للتربة، فقد أجريت مقارنة بين قيم كل من اجهادات المصص الكلي والنسيجي لنوعين من الترب ذات محتوى طيني متساوي لكن إحداهما يعتبر الكاؤولينايت المعدن الطيني الرئيس لها، والأخرى المونتموريلونايت المعدن

استخدام طين ذي معدن المونتموريلونايت مقارنة بالكاؤولينايت بامتلاك الثاني سعة تبادل أيوني قليلة لذلك لا يحصل امتصاص أو امتزاز بدرجة كبيرة إلا أنه قد تعمل الأملاح المذابة على تفكك دقائق الكاؤولين بصورة فيزيائية وبذلك تقل القوى الرابطة بين حبيبات التربة مما يضعف التربة ويقلل من مقاومتها لذلك يزداد هبوط التربة [Gillott (1968)].

تأثرت قيم ضغط الانتفاخ بالطريقة المستخدمة للقياس، حيث يبين الجدول (٤) أن ضغط الانتفاخ للتربة المتداخية والمضاف إليها نسب من تربة (CH) المقاس بطريقة الانتفاخ الحر أكبر من ضغط الانتفاخ لنفس التربة المقاس بطريقة الحجم الثابت. تنعكس هذه الحالة عند استخدام تربة (CL).

يمكن الاستنتاج بأن زيادة وحدة الوزن من خلال حدل التربة تقلل من قيم التداخي وبذلك تعتبر هذه إحدى الطرائق للتقليل والحد من خطورة التداخي. يجب الانتباه هنا إلى أن الحد من التداخي من خلال زيادة وحدة الوزن قد يسبب ظاهرة الانتفاخ وخاصة إذا ما تم إضافة تربة طينية انتفاخية.

عليه فإن العملية هنا عملية توازن بين نوع الترب الطينية المضافة، وكمياتها، ووحدة الوزن الجاف التي تحدل التربة عندها. حيث يمكن رصص التربة إلى وحدة وزن نسبية تعادل (95)% من وحدة الوزن الجاف العظمى للرصص بالطريقة المعدلة عندما تكون التربة ذات قابلية انتفاخ قليلة، لكن لا يفضل رصص التربة الانتفاخية إلى وحدة وزن نسبية أكبر من (95)% من وحدة الوزن الجاف العظمى للرصص بالطريقة القياسية.

٣-٣-٣ قابلية المصص للتربة المتداخية بدون ومع الإضافات الطينية:

يتضح من الشكل (3) وجود علاقة خطية تربط بين قيم كل من اجهادات المصص الكلي والنسيجي مع المحتوى الرطوبي النهائي لكافة الترب بعد الفحص، حيث تزداد

المص الكلي وقابلية التداعي بشكل دالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط قوي (0.8182) الشكل (٦-٦). كما تم التوصل إلى علاقة أخرى تربط بين المص النسيجي وقابلية التداعي بشكل دالة قوة وبمعامل ارتباط جيد (0.7459) الشكل (٦-٦).

إضافة إلى ذلك، يمكن التعبير عن اجهادات المص وقابلية التداعي للعلاقة عامة تربط بين نوع التربة المسبوكة بوحدات وزن مختلفة واجهادات المص بغض النظر عن إجهاد المص المستحصل بسبب انخفاض الفرق بين قيم إجهاد المص الكلي والنسيجي عند محتوى رطوبي قليل (7%) حيث يختفي تأثير المص التناضحي عند القيم العالية من اجهادات المص. أظهرت النتائج ارتباط المص الكلي والنسيجي مع قابلية التداعي بشكل دالة قوة، فقد كانت نتيجة معامل الارتباط لهذه الدالة (0.7286) الشكل (٦-٦). عليه يبدو أن هنالك علاقة جيدة تربط بين اجهادات المص وقابلية التداعي، مما يسهل التنبؤ بقيم قابلية التداعي للتربة من خلال اجهادات المص للتربة، والتي يمكن قياسها بسهولة في المختبر أو الحقل.

٣-٤-١-٢ التربة المضاف إليها نوعاً

الترب الطينية وبوحدة وزن ($12,75 \text{ kN/m}^3$): اتضح من الدراسة وجود علاقة رياضية بشكل دالة قوة تربط بين إجهاد المص الكلي وقابلية التداعي وبمعامل ارتباط قوي (0.8294) الشكل (٦-٦). كما اتضح وجود علاقة رياضية وبشكل دالة قوة تربط بين إجهاد المص النسيجي وقابلية التداعي للتربة بشكل دالة قوة وبمعامل ارتباط قوي (0.934) الشكل (٦-٦).

وبنفس الأسلوب السابق فقد أظهرت النتائج ارتباط المص الكلي والنسيجي مع قابلية التداعي للتربة وبشكل دالة قوة، فقد كانت نتيجة معامل الارتباط لهذه الدالة (0.8785) الشكل (٦-٦).

الطيني الرئيس لها وعند نفس وحدة الوزن الجاف الأولية. وجد من هذه المقارنة إن قيم كل من اجهادات المص الكلي والنسيجي للتربة التي يكون المونتموريلونايت المعدن الطيني الرئيس لها أكبر من قيم اجهادات المص التي يكون الكاؤولين المعدن الطيني الرئيس فيها، وهذا يرجع إلى أن معدن المونتموريلونايت يمتلك قابلية أكبر على الاحتفاظ بالرطوبة من معدن الكاؤولين. وهذا يتطابق مع ما وجدته [Cokca (2002)] عندما استخدم خلطات من الكاؤولينايت والينتوناييت.

عموماً، يلاحظ من خلال عرض النتائج استمرار الزيادة في قيم اجهادات المص لتربة المونتموريلونايت وبشكل أكبر من تربة الكاؤولينايت وازيادة المحتوى الطيني.

لإيجاد تأثير وحدة الوزن الجاف الأولية على إجهاد المص النسيجي. حيث رسمت العلاقة بين المص النسيجي والمحتوى الرطوبي لنماذج مسبوكة بوحدات وزن جاف مختلفة وعند تغير نسب ونوع المحتوى الطيني لها، ولكن من ملاحظة الشكل (٥) يتبين عدم وجود علاقة واضحة تربط بين هذه المتغيرات بالرغم من تغير المحتوى الطيني ونوعه للتربة.

٣-٤-٢ العلاقة بين اجهادات المص وبعض الخصائص الهندسية للتربة:

٣-٤-١ العلاقة بين اجهادات المص وقابلية التداعي: حضرت نماذج مماثلة تماماً لتلك المستخدمة لقياس قابلية التداعي للتربة وبمحتوى طيني متغير (٨، ١٢، ١٨، ٢٥) %، وعند محتوى رطوبي ثابت (7%) وبوحدات وزن جاف مختلفة (١٢,٧٥، ١٤,٢٣) كيلونيوتن/م^٢. تم قياس اجهادات المص لها باستخدام طريقة ورق الترشيح. قسمت النتائج إلى حالات عديدة للحصول على أفضل العلاقات منها:

٣-٤-١-١ الترب المضاف إليها تربة (CL) بنسب ووحدات وزن أولية مختلفة:

تم التوصل إلى علاقة رياضية تربط بين

قابلية الانتفاخ بشكل دالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط قوي (0.8642) الشكل (E-٧)، إضافة إلى ذلك وجدت علاقة تربط بين اجهادات المص للتربة وقابلية الانتفاخ للتربة وبمعامل ارتباط (0.7685) الشكل (F-٧)، وكما هو واضح يبدو أن هذه العلاقات افضل من العلاقات السابقة.

أثبتت النتائج وجود علاقات عديدة تربط بين قيم اجهادات المص وكل من التداعي والانتفاخ. تجدر الإشارة هنا إلى انه من المفضل اختيار المعادلات الأعم (تشمل اكبر قدر من المتغيرات) لكي تسهل إمكانية استخدامها دون الدخول بالتفاصيل. بالرغم من كون معامل الارتباط اقل من الترب الأكثر تخصصاً.

٤- الاستنتاجات

١- تزداد قابلية التداعي للتربة باستمرار عند زيادة نسب الإضافة من تربة (CL)، بينما توجد نقطة مثلى للتداعي عند إضافة تربة (CH) عند وحدات الوزن القليلة. عموماً، قابلية التداعي للتربة المضاف إليها نسب من تربة (CH) اقل منها عند إضافة تربة (CL) لجميع نسب الإضافة ولنماذج مهيأة بوحدات وزن مختلفة.

٢- قيم ضغط ونسب الانتفاخ عند نسب الإضافة من تربة (CH) اكبر منهما عند إضافة نسب من تربة (CL).

٣- العلاقة بين اجهادات المص والمحتوى الرطوبي للتربة المتداعية والمضاف إليها نسب من نوعي الترب الطينية كانت علاقة خطية، حيث يزداد الفرق بين المص الكلي والنسجي عند زيادة المحتوى الرطوبي للتربة. وان قيم اجهادات المص (الكلي والنسجي) عند إضافة تربة (CH) اكبر من اجهادات المص عند إضافة تربة (CL) ولجميع نسب الإضافة. إن ميل العلاقة الخطية لنوعي الترب الطينية المضافة يزداد تبعاً لزيادة لدونة التربة.

٤- وجدت علاقة رياضية بشكل دالة قوة وبمعامل ارتباط جيد بين اجهادات المص وقابلية التداعي لتربة مضاف إليها تربة

٣-٤-٢ العلاقة بين اجهادات المص وقابلية الانتفاخ للتربة: لقد أظهرت التربة انتفاخاً واضحاً عند وحدات الوزن الكبيرة (١٥,٦٩ ، ١٦,٦٨) كيلونيوتن/م^٣ لتربة ذات نوع ومحتوى طيني متغير من (8)% إلى (25)% ومحتوى رطوبي ثابت (7)%. وكما أشرنا إليه سابقاً عن إمكانية التعويض عن وحدة الوزن والمحتوى الطيني ونوعه باجهادات المص وإيجاد علاقة تربط بينهما، بنفس الأسلوب الموضح في الفقرة (٤-٧-١). أسفرت النتائج عن وجود علاقة جيدة بشكل دالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط قوي (0.8279) تربط بين إجهاد المص الكلي للتربة وقابلية الانتفاخ لتربة ذات وحدات وزن مختلفة (١٥,٦٩ ، ١٦,٦٨) كيلونيوتن/م^٣ ومحتوى طيني متغير ولنوعين من المعادن الطينية الشكل (A-٧). كما تم التوصل إلى علاقة بشكل دالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط (0.6266) تربط بين إجهاد المص النسجي وقابلية الانتفاخ للتربة الشكل (B-٧).

يمكن التعبير عن اجهادات المص وقابلية الانتفاخ للتربة بعلاقة عامة أيضاً تربط بين نوع التربة ونوع المعادن الطينية ووحدات الوزن الجاف الأولية بغض النظر عن نوع إجهاد المص المستحصل. أظهرت النتائج ارتباط المص الكلي والنسجي مع قابلية الانتفاخ بشكل دالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط جيد (0.7036) الشكل (C-٧).

وللحصول على نتائج ذات دقة افضل، وجدت علاقات رياضية أيضاً تربط بين قابلية الانتفاخ مع اجهادات المص لتربة ذات وحدات وزن أولية مختلفة (١٥,٦٩ ، ١٦,٦٨) كيلونيوتن/م^٣ ومحتوى طيني متغير ومعدنها الطيني الرئيس المونتموريلوناييت فقط نتيجة لانخفاض مقدار الانتفاخ للتربة ذات معدن رئيس الكاؤولينايت. عليه فقد وجدت علاقات تربط بين المص الكلي وقابلية الانتفاخ بشكل دالة من الدرجة الأولى وبمعامل ارتباط (0.6523) الشكل (D-٧)، كما وجدت علاقة تربط المص النسجي مع

5. Bahhe S.W, (2001), "Correlation Between Collapsing Factor (i) with Applied Stresses and Soil Suction", Eng. Technology, Vol. 20, No. 9, pp. 572-579.
6. Basma A.A, and Tuncer, R.E., (1992), "Evaluation and Control of Collapsible Soil," Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 118, No. 10, pp. 1491-1504.
7. Bulut R.M, Lytton R.F, and Wary W.F, (2001) "Soil Suction Measurements by Filter Paper", Proceeding of Geo-Institute Shallow Foundation and Soil Properties Committee Sessions at ASCE, Civil Engineering Conference, Geotechnical Special Publishing, No. 115, pp. 243-261.
8. Chorley R.J, (1969), "Introduction to Fluvial Processes", METHUEN & CO LTD, London.
9. Cokca E, (2002), "Relationship Between Methylene Blue Value, Initial Soil Suction and Swell Percent of Expansive Soils", Turkish J. Eng. Env. Sci., pp. 521-529.
10. Dudley J.H, (1970), "Review of Collapsing Soils", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 96, No. SM3, pp. 925 – 947.
11. Fredlund D.G, and Rahardjo H, (1993), "Soil Mechanics for Unsaturated

(CL) ولنماذج مهبأة بوحدات وزن مختلفة (١٤,٢٣ ، ١٢,٧٥) كيلونيوتن/م^٢.
كما وجدت علاقة وبشكل دالة قوة وبمعامل ارتباط قوي تربط بين جهودات المص وقابلية التمدد مضاف إليها نوعا التربة الطينية ولنماذج مسبوكة بوحدرة وزن (12.75 kN/m³).
٥- إن العلاقة التي تربط بين جهودات المص وقابلية الانفخاخ لتربة مضاف إليها تربة (CH) ذات معدن طيني المونتموريلونايت كانت بشكل دالة من الدرجة الثانية وبمعامل ارتباط جيد.

٥- المصادر

١. بنات، خالد محمود (1980)، "أسس المعادن الطينية"، مطبعة جامعة بغداد.
٢. خطاب، فائز ضياء شيت (2004)، "تأثير الترطيب على سلوكية التربة المتداعية في مدينة الموصل تحت تأثير جهودات و كثافات مختلفة"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل.
3. ASTM (D 5333-92), (2003), "Standards Test Method for Measurement of Collapse Potential of Soils", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08, pp. 230-232.
4. ASTM (D 5298-03), (2003), "Standard Test Method of Measuring Soil Potential (Suction) Using Filter Paper", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08.

15. Lawton E.C, Fragaszy R.J, and Hardcastle J.H, (1989), "Collapse of Compacted Clayey Sand", Geotech. Engrg., ASCE, Vol. 115, No. 9, pp.1252-1267.
16. Leong E.C, He L, and Rahardjo H, (2002), "Factors Affecting Filter Paper Method for Total and Matric Suction Measurements", Geotechnical Testing Journal, Vol. 25, No. 3, pp. 1-12.
17. Rollins K.M, Smith T, and Gearge H, (1994), "Identification and Characterization of Collapsible Gravels", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 120, No. 1, pp. 528-542.
18. Sun D.A, Matsuoka H, and Xu Y.F, (2004), "Collapse Behavior of Compacted Clays in Suction-Controlled Triaxial Tests", Geotechnical Testing Journal, Vol. 27, No. 4.
- Soils", John Wily and Sons, INC., USA .
12. Khattab S.A.A, (2002), "Eude Multi-echelles d'un Sol Plastique Traité à la Chaux", Thèse de Doctorat, L Université d' Orleans, France.
13. Jennings J.E, and Knight k, (1975), "Aguide to Construction on or with Materials Exhibiting Additional Settlement Due to Collapse of Grains Structure", 6th Reg. Conf. For Africa on Soil Mech. and F. Eng. pp. 99-105.
14. Jennings J.E, and Knight K, (1957), "The Additional Settlement of Foundations due to Collapse of Structure of Sandy Subsoils on Wetting", proceedings of 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. London, Vol. 1, pp. 316-319.

الجدول (١) الخواص الدليلية للترب الطبيعية المستخدمة في البحث

Type of Test	Type of Soil		
	Collapsible Soil	(CL) Soil	(CH) Soil
Specific Gravity (Gs)	٢,٦٧	٢,٦٥	٢,٧٢
% Liquid Limit	24	٤٥	١٠١
% Plastic Limit	NP	٢٨	٥٠
% Plasticity Index	-	١٧	٥١
% Sand	43	5	10
% Silt	49	26	25
% Clay	8	69	65
Classification of Soil	ML	CL	CH
Activity of Clay	-	٠,٢٤٦	٠,٧٨٥
% Linear Shrinkage	٠,٥٥	٨,٣٥	٢٠,٣٤
% Total Soluble Salt	٤,٥	٢,٠٥	١,٢٥
% Organic Mater	١,٧٦	٠,٨٨٧	١,٨٣٤
*Clay Minerals	Smectite, Illite, Kaolinite, Palygroskite	Kaolinite, Illite+ Smectite, Palygroskite	Illite+ Smectite, Kaolinite
*Non Clay Minerals	Quartz, Dolomite	Quartz	Quartz, Calcite
pH	٧,٩٥	٧,٩٩	٨,١٩
Natural Dry Unit Weight (kN/m ³)	١٢,٧٥٠	-	١٥,٢٠٦

*Found by X-Ray diffraction (XRD) analysis

الجدول (٢) الخواص الدليلية للتربة المتداخية المضاف اليها نسب مختلفة من كلا
النوعين من الترب الطينية

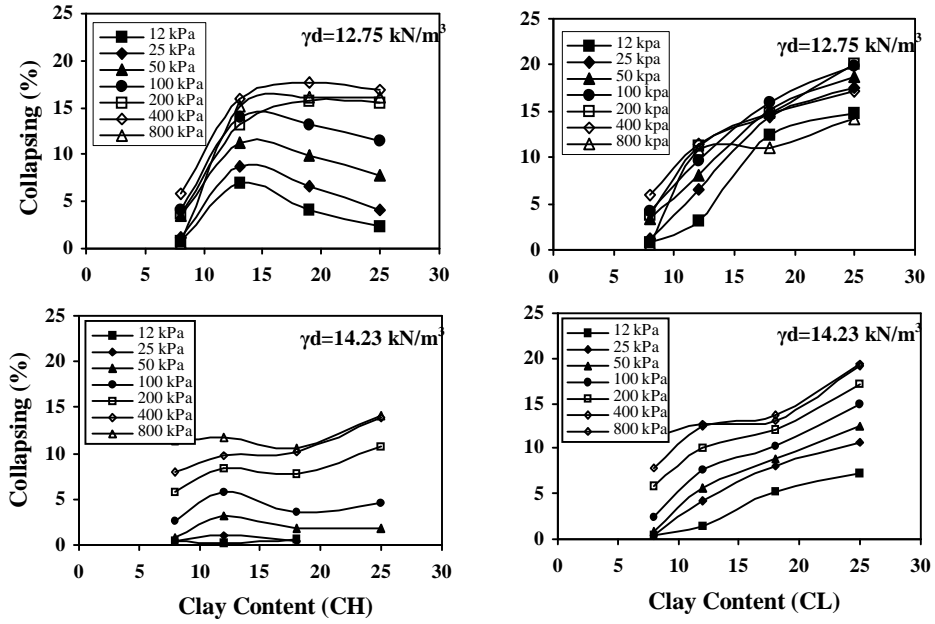
Type of Soil Type of Test	Natural Soil Mixed with 5% of CL	Natural Soil Mixed with 5% of CH	Natural Soil Mixed with 15% of CL	Natural Soil Mixed with 15% of CH	Natural Soil Mixed with 30% of CL	Natural Soil Mixed with 30% of CH
Specific Gravity(Gs)	2.68	2.72	2.69	2.75	2.71	2.82
Liquid Limit %	24	25	26	36	28	43
Plastic Limit %	NP	NP	NP	25	17	26
Plasticity Index %	-	-	-	11	11	17
Activity of Clay	-	-	-	0.578	0.423	0.68
Linear Shrinkage %	1.855	4.00	3.96	6.79	5.89	8.68
pH	7.91	8.2	7.88	8.3	7.73	8.77
Clay %	12	13	18	19	25	25
Silt %	56	59	56	57	47	56
Sand %	32	28	26	24	28	19
Classification of Soil	ML	ML	ML	CL	CL	CL

الجدول (٣) قابلية التداخي للتربة المتداخية والمضاف اليها نسب مختلفة من كلا
النوعين من الترب الطينية

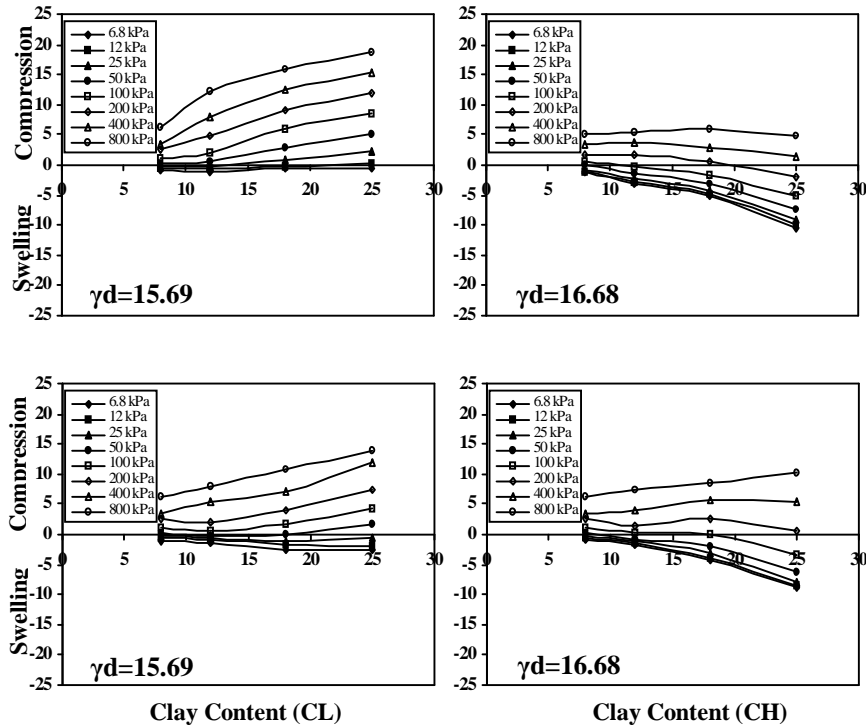
gd kN/m ³	Stress (kPa)	CL				CH			
		0%	5%	15%	30%	0%	5%	15%	30%
12.75	12	0.802	3.240	12.350	14.652	0.802	6.891	4.131	2.379
	25	1.136	6.576	14.424	17.556	1.136	8.796	6.610	4.164
	50	3.396	8.027	15.192	18.720	3.396	11.204	9.913	7.700
	100	4.091	9.741	15.975	19.907	4.091	13.885	13.241	11.496
	200	3.769	11.144	14.746	20.170	3.769	13.120	15.735	15.447
	400	5.815	11.366	14.69	17.041	5.815	15.912	17.646	16.924
	800	0.562	10.850	11.022	14.252	0.562	15.036	16.088	16.015
14.23	12	0.438	1.442	5.269	7.1922	0.438	0.262	0.615	Swell
	25	0.494	4.148	7.777	10.655	0.494	1.014	0.448	Swell
	50	0.856	5.726	8.945	12.573	0.856	3.266	1.711	1.735
	100	2.513	7.737	10.266	14.838	2.513	5.777	3.619	4.5
	200	5.828	10.095	12.021	17.165	5.828	8.350	7.740	10.67
	400	7.860	12.495	13.629	19.405	7.860	9.750	10.073	13.83
	800	11.220	12.716	13.184	19.089	11.220	11.634	10.447	14.01
15.69	12	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell
	25	-	Swell	-	-	-	Swell	Swell	Swell
	50	-	-	3.132	1.721	-	Swell	Swell	Swell
	100	-	-	6.013	4.955	-	-	-	Swell
	200	0.079	1.180	9.022	8.113	0.079	0.227	0.835	-
	400	0.880	4.280	11.717	11.005	0.88	1.654	4.539	2.944
	800	3.056	7.630	13.885	13.590	3.056	3.538	7.982	6.522
16.68	12	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell
	25	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell	Swell
	50	-	-	Swell	Swell	-	Swell	Swell	Swell
	100	-	-	0.579	0.977	-	-	Swell	Swell
	200	0.559	0.888	3.335	3.886	0.559	-	-	Swell
	400	0.791	3.574	5.909	6.765	0.791	-	-	0.425
	800	1.445	6.769	8.704	9.610	1.445	1.357	1.784	3.477

الجدول (٤) ضغط الانتفاخ للتربة المتداخية والمضاف إليها نسب
مختلفة من كلا النوعين من الترب الطينية

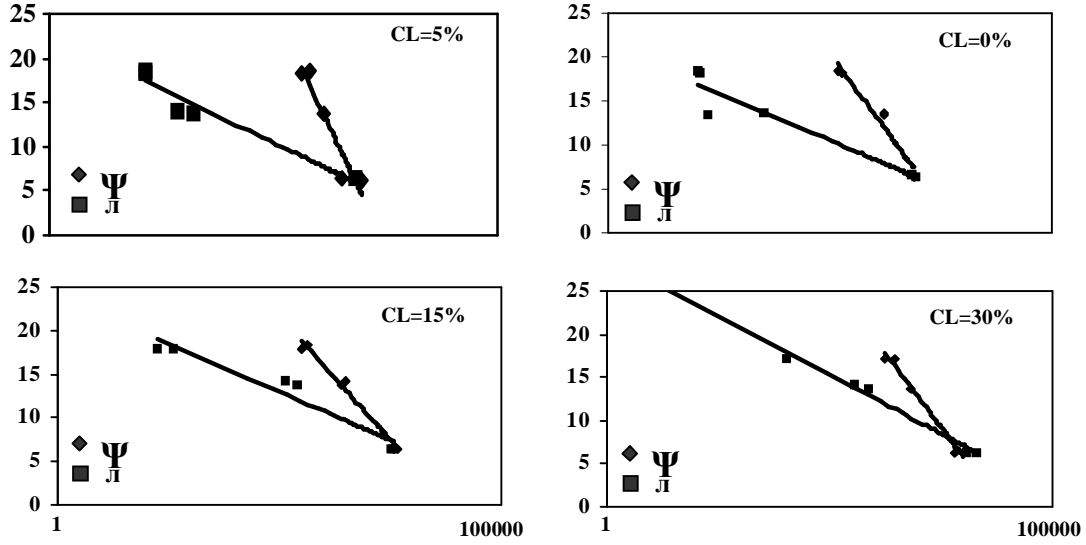
Method	gd kN/m ³	CL				CH			
		0%	5%	15%	30%	0%	5%	15%	30%
Constant volume	12.75	*	*	*	*	*	*	*	10.2
	14.23	*	*	*	*	*	6.8	25	50
	15.69	13.6	38.6	13.6	20.4	13.6	56.8	75	112.5
	16.68	25	38.6	52.2	52.2	25	75	175	200
Free swell	15.69	35	35	15	-	35	45	105	182
	16.68	55	65	50	32	55	110	175	297



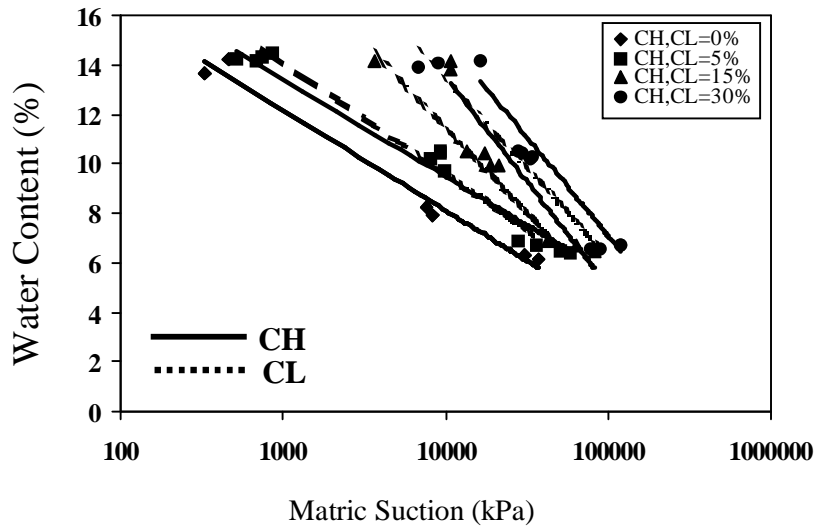
الشكل (١) العلاقة بين نسب الانضغاط والانتفاخ لتربة متداعية مضاف اليها نوعي



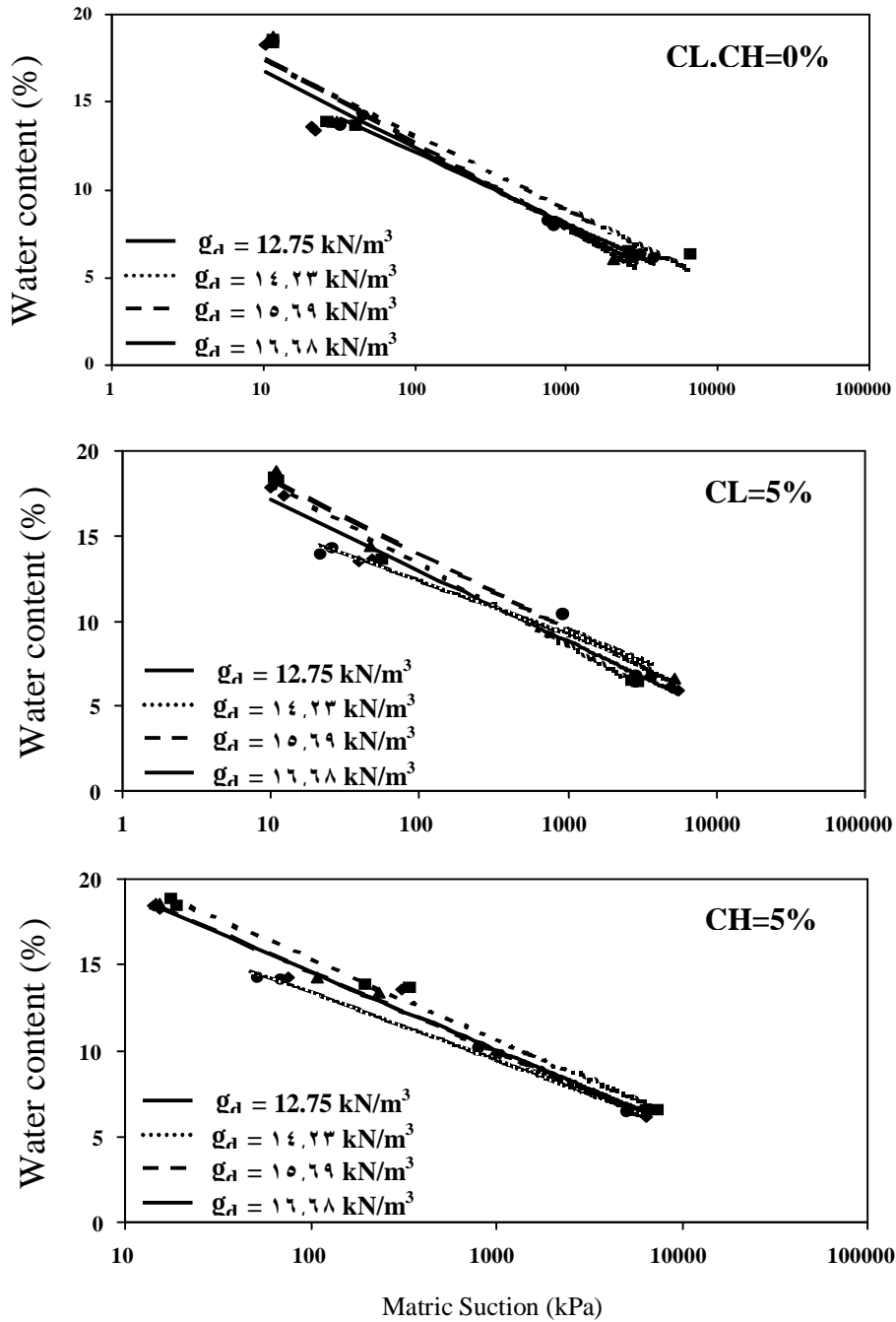
الشكل (٢) العلاقة بين نسب الانضغاط والانتفاخ مع المحتوى الطيني لتربة متداعية مضاف اليها



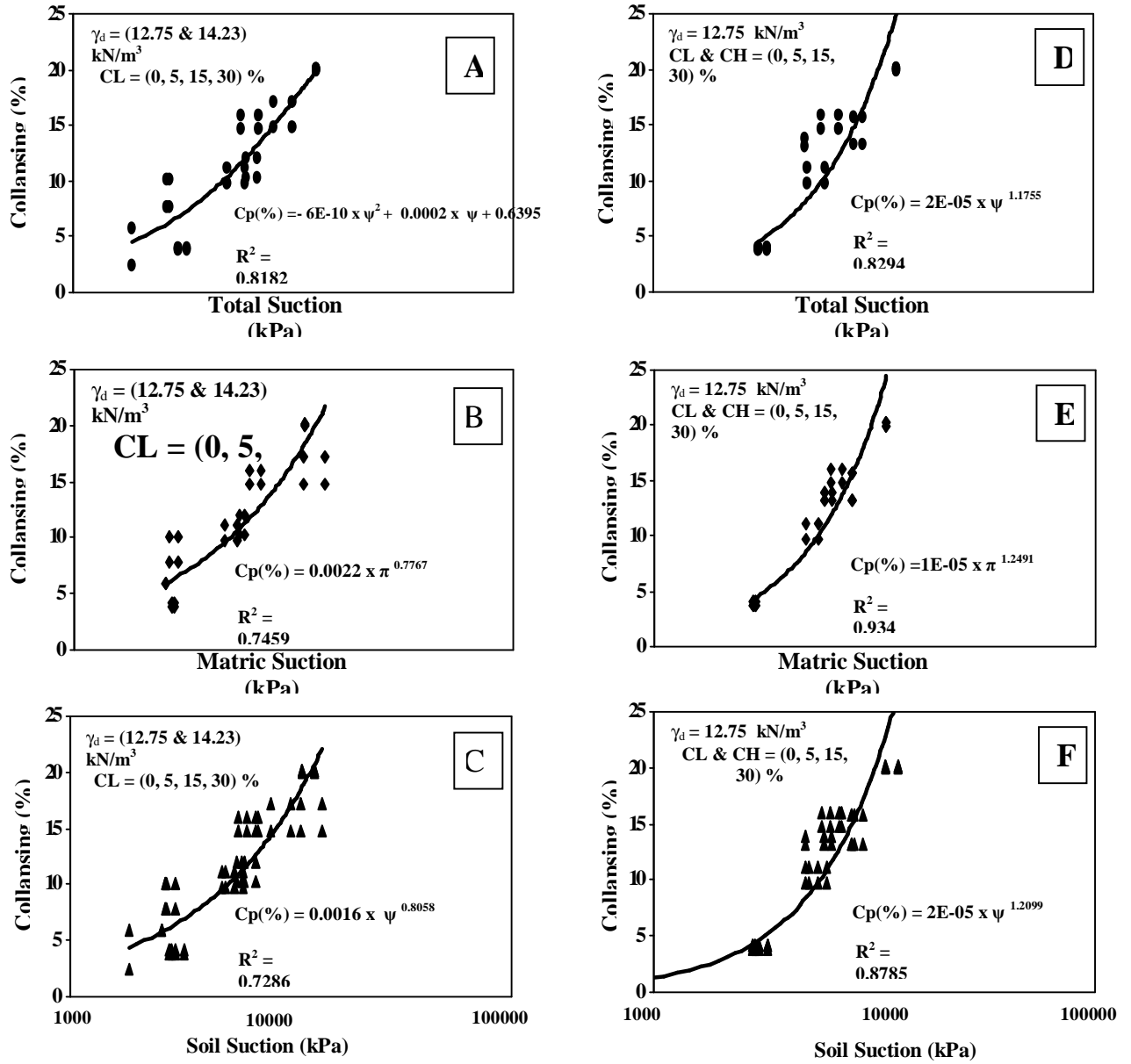
الشكل (٣) العلاقة بين اجهادات المص والمحتوى الرطوبي للتربة المتداعية والمضاف اليها نسب مختلفة من تربة (CL) عند وحدة وزن جاف (14.23 kN/m^3).



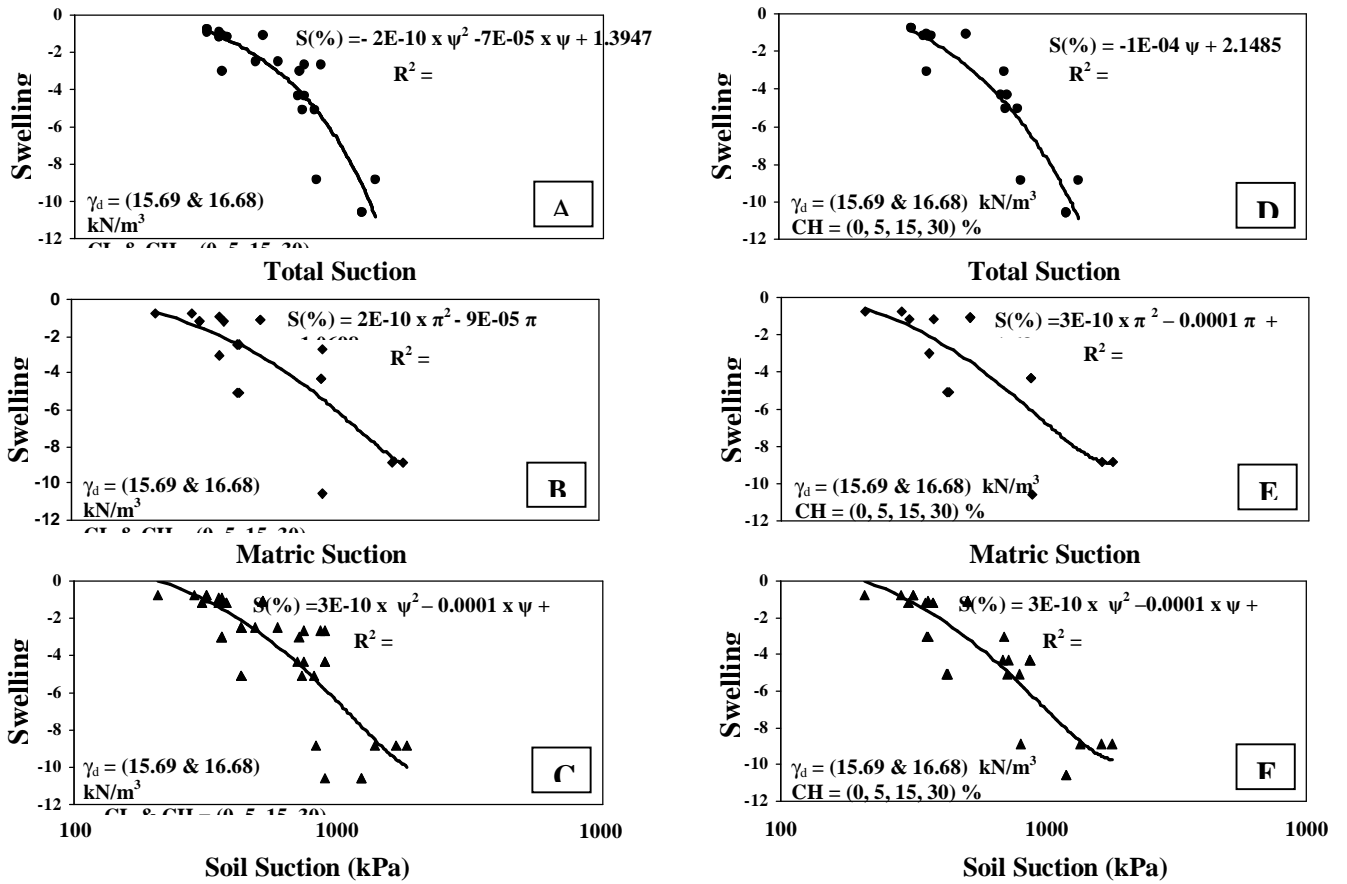
الشكل (٤) العلاقة بين اجهادات المص النسيجي والمحتوى الرطوبي لترب ذات نوع ومحتوى طيني متغير



الشكل (٥) العلاقة بين اجهادات المص النسبي والمحتوى الرطوبي لكثافات مختلفة



الشكل (٦) العلاقة بين اجهادات المص وقابلية التداعي



الشكل (٧) العلاقة بين اجهادات المص وقابلية الانتفاخ