معالجة انهيارية التربة الجبسية

Dr. Bushra S. Zbar Al-Busoda
Department of Civil Engineering University of Baghdad

TREATMENT OF COLLAPSIBILITY OF GYPSEOUS SOIL

ABSTRACT
A series of double odometer tests are conducted to study the compressibility and collapse of gypseous soil taken from west of Baghdad governorate. The gypsum content of the soil used is nearly 25%. Four different types of additives are selected to reduce the collapse strain of this soil. These additives are cement, bentonite, calicium chloride and silicagel. An adequate reducing in the compressibility and collapsibility was obtained especially when the cement is used**.**

الخلاصة

اجريت سلسلة من فحوص الأويدوميتر المزدوج لدراسة انضغاطية وانهيارية التربة الجبسية المأخوذة من منطقة غرب بغداد. تحتوي التربة الستخدمة على محتوى جبسي يقارب الـ25%. اجريت محاولة لتحسين خواص هذه التربة باستخدام اربعة انواع من المضافات وهي الاسمنت وكلوريد الكالسيوم والبنتونايت والسليكا جل. بينت نتائج البحث حدوث نقصان في انضغاطية وانهيارية التربة الجبسية. بينت النتائج ان الاسمنت هو الأكثر فاعلية في تحسين خواص التربة.

المقدمة

تتوزع التربة الجبسية في مناطق عديدة من العراق والأقطار الاخرى وبذلك فمن الضروري دراسة خواص هذه التربة لما تسببه من تاثيرات خطيرة على المنشآت المؤسسة عليها أو فيها. نتيجة للتطور الكبير والتوسع الذي جرى في الحركة العمرانية في العقدين الماضيين ، فأن العديد من المشاريع الاستراتيجية مثل المنشآت الهيدروليكية والبنايات الخدمية و الصناعية تم انجازها في مناطق تواجد التربة الجبسية . مشاكل الفشل التي حصلت في هذه المساحات الحاوية على نسبة عالية من الجبس تعزى الى تغلغل المياه الى تربة الاساس مما

يسبب ارخاء التربة وذوبان الجبس عند انسياب الماء داخلها. لذلك فأن وجود الجبس بنسبة عالية وفي مناطق كثيرة صعد من المشاكل الأنشآئية في العراق (وخاصة انهيار المنشآت) .

حالات الأنهيار في المنشآت:

هنالك العديد من الحالات المسجلة في مناطق مختلفة من العراق لانهيار او تصدع الابنية المقامة في مناطق التربة الجبسية. ففي سامراء تعرض فندق سامراء السياحي الى عيوب نتيجة غسل الجبس من تربة الأساس بسبب النضوح. في حين ان الذوبان المستمر للجبس في تربة الأساس لسد الموصل نتيجة لتغلغل الماء اليها جعل من هذا المنشأ البالغ الاهمية عرضة للانهيار مما دفع بالمهندسين الى حقن ارضية السد بالاسمنت لملأ الفراغات المتكونة نتيجة الغسل.

ومن الحالات الغريبة للفشل في التربة الجبسية هي انقلاب خزان مرتفع في مدينة كربلاء نتيجة الهبوط المستمر في الأسس بسبب تغلغل الماء إليها .

حالات مختلفة من التشققات والهبوط في جدران المنازل بالاخص تلك الواقعة قرب مصادر المياه والحمامات تم رصدها مثل إنهيار أحد المنازل في حي الثورة في الموصل (1969) . اما في فندق تكريت السياحي فقد ادى إنسياب الماء قرب أحواض السباحة الى غسل التربة التحتانية وبالتالي الإضرار بالمنشأ. مدينة الحبانية السياحية هي الاخرى عانت من حالات دمار وعيوب في المنشآت بسبب التربة الجبسية . (Nashat, 1990, Saaed and Khorshid , 1989)

الدراسات السابقة :

تمهيد :

تحتوي التربة في العراق على أنواع مختلفة من الأملاح في تركيبها , ولا شك بان الأملاح الأكثر خطورة هي الأملاح التي غالبا ماتكون سريعة الذوبان كالجبس .

من أكثر الأملاح انتشارا في الترب العراقية هو الجبس، حيث يوجد في مناطق مختلفة وبنسب متفاوتة تتراوح بين (1- 90) % (Alphen and Romero, 1971), .

ان وجود الاملاح الجبسية في التربة خلق العديد من المشاكل الإنشائية للمهندسين, ومن اهم هذه المشاكل:

- تآكل الخرسانة الملامسة لهذه التربة حيث يتفاعل أوكسيد الكالسيوم الحر (CaO) في الخرسانة مع الكبريتات الذائبة في الماء مكونة الأترنجات (كبريتات الكالسيوم الألمنيوم) وهي مادة منتفخة .(Horta, 1980)
- التغلغل المستمر للماء داخل التربة يؤدي الى حدوث اضرار وعيوب في المنشآت نتيجة الهبوط في تربة الأساس (Alphen and Romero, 1971) .

- الانتفاخ من المشاكل التي يسببها الجبس حيث يذوب في منطقة ويترسب ويتبلور في منطقة اخرى مما يسبب انتفاخ التربة .
- عند تعرض الجبس غير المائي (anhydrite gypsum) الى الماء فأنه يتحوله الى الجبس المائي ($CaSO_4.2H_2O$)مع زيادة حجمية بسبب زيادة حجم المركب مما يؤدي الى حدوث الانتفاخ (James and Lupton ,1978) .

طرق المعالجة :

التربة الجبسية تربة قوية في حالتها الصلبة إلا إنها تفقد صلابتها وقوتها عند تعرضها إلى الماء مما يسبب تشوهات كبيرة وإنهيار نتيجة ضعف الأواصر التي تربط جزيئات التربة بفعل ذوبان الجبس الذي يعمل عمل المادة الرابطة . لذلك فأن البحث عن طريقة لمعالجة هذه التربة أصبح ضرورة لابد منها. استخدمت بعض االدراسات السابقة المضافات الكيميائية لتحسين خواص هذه التربة مثل كلوربد الباريوم وكربونات الأمونيوم والاوكزالات مثل اوكزالات الامونيوم والبوتاسيوم. بينت نتائج هذه الدراسات درجة عالية من التحسن في تقليل معدل الذوبان وهذا يعود الى تحويل الجبس الى مادة معقدة أقل ذوبانية(Al-Zubaidy et. al. 1986).

كما قام بعض الباحثين بأستخدام النورة في تثبيت التربة الجبسية وبينت النتائج ان استخدام هذه المادة يحسن من مقاومة التربة (Al-Obydi, 1992) .

دراسة اخرى وجدت ان استخدام سليكات الصوديوم يقلل من ذوبان الجبس ويحسن من خواص التربة الجبسية ويقلل الأنهيار والنفاذية (Abood, 1994) .

تأثير الماء على تصرف التربة الجبسية المسلحة تحت الاسس الضحلة قد تناولته دراسة اخرى, بينت الدراسة بان درجة التحسن بمقاومة القص تزداد مع تناقص المسافات الأفقية بين مواد التسليح (Auda, 1996). كما ان استخدام كلوريد الكالسيوم المائي في معالجة التربة الجبسية يحسن من خواص الغسل والأنضغاط لدرجة كبيرة فيما لايكون هناك تأثير يذكر على مقاومة القص , (Al-Busoda , 1999) (Al-Dulaimi, 2004).

على أية حال, يمكن استخدام العديد من الطرق في الحقل لتقليل المشاكل الناتجة عن التربة الجبسية كاستبدال التربة واستخدام عامل أمان كبير وحقن التربة بالأسمنت أو الأسمنت والطين واستخدام الأسس الحصيرية بدلا من الأسس المستمرة اما اذا كانت طبقة التربة الجبسية ضحلة فيفضل استبدالها أو إنشاء االأسس على الطبقة التي تحتها ويمكن عزل أنابيب المياه عن البناية لابعاد خطر تسرب المياه اليها (Razouki,1998) , ايضا يمكن تبليط الطرق حول المنشآت وإنشاء الحدائق بعيدا عن المنشآت بمسافة آمنة وفي بعض الاحيان قد يتم اللجوء الى اكثر من طريقة في الوقت نفسه ويبقى العامل الاقتصادي هو المتحكم في اختيار طريقة المعالجة.

الفحوص المختبرية :

فحوص التصنيف :

الشكل 1 يبين منحني التوزيع الحبيبي للتربة والذي تم تحديده باستخدام التحليل المنخلي وفحص الهيدروميتر وفقا للمواصفة الامريكية (ASTM-D422-79). استخدم الكحول الابيض (white spirit) بدلا عن الماء وذلك لمنع ذوبان الجبس.

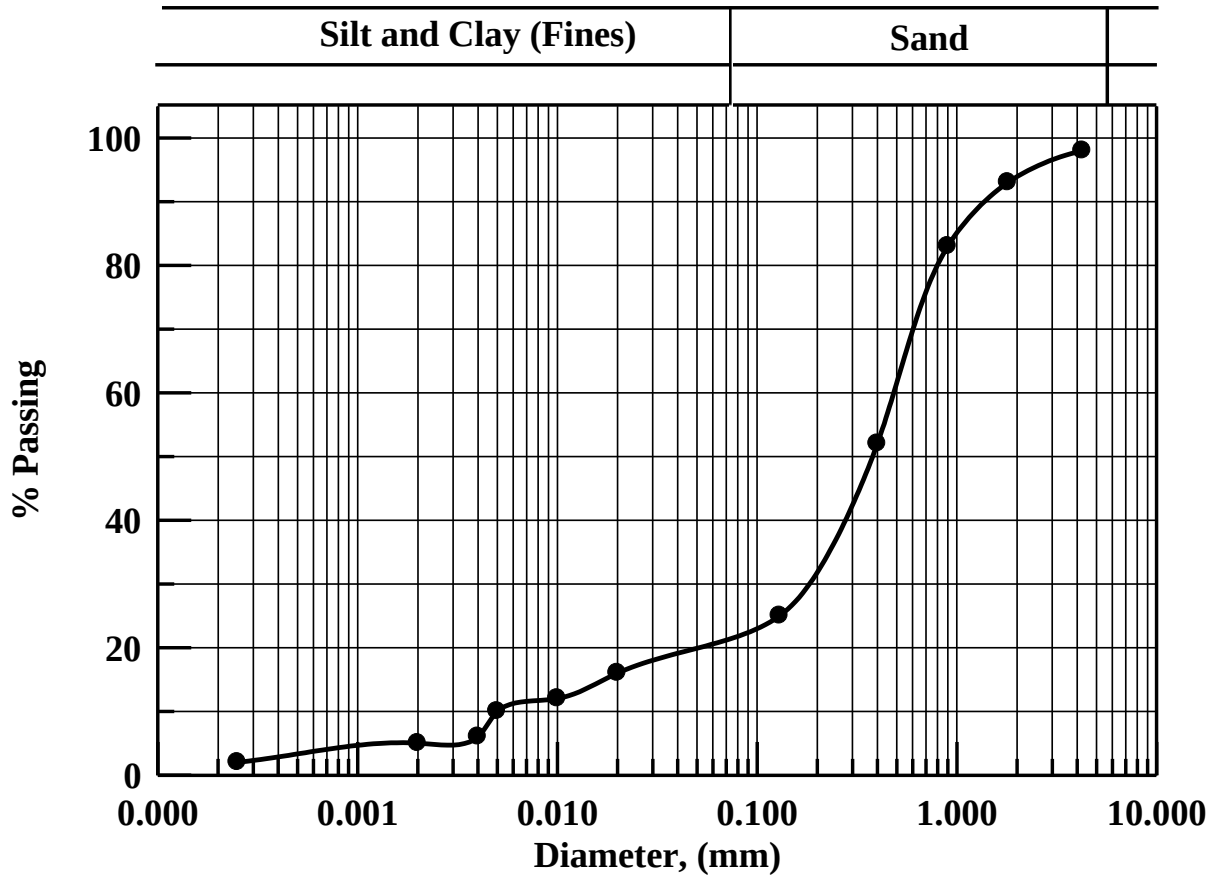
حدود القوام للتربة (حد السيولة وحد اللدونة ومؤشر اللدونة) تم تحديدها بموجب المواصفة البريطانية (BS1377,1975)استخدمت طريقة اختراق المخروط في تحديد حد السيولة للتربة.

الوزن النوعي للتربة حدد وفقا للمواصفة البريطانية (BS1377,1975) حيث تم استخدام الكحول الابيض (white spirit) بدلا من الماء لاحتساب الوزن النوعي (Head, 1980) .

من ناحية اخرى فأن الفحوص الكيميائية تم اجرائها بمساعدة المركز الوطني للمختبرات الانشائية. **االجدول 1** يوضح نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

الجدول 1: نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية للتربة

الوزن النوعي, Gs	حد السيولة, %	حد اللدونة, %	مؤشر اللدونة, %	محتوى الكبريتات, %	محتوى الجبس, %	المواد العضوية, %
2.42	25	–	N.P	11.54	25.01	1.36



الشكل 1 : منحني التوزيع الحبيبي للتربة

فحوص الاويدوميتر :

سلسلة من فحوص الاويدوميتر اجريت باستخدام جهاز الاويدوميتر ذو التحميل الامامي (front loading oedometer) حجم النموذج المستخدم هو (75) ملم قطرا و(19) ملم ارتفاعا. نفذت هذه الفحوص على نماذج من التربة بحالتها الطبيعية واخرى معالجة بنسبة 3% (نسبة وزنية) من المواد التالية:

- الاسمنت
- كلوريد الكالسيوم
- البنتونايت
- السليكاجل

تم تحضير نموذجين بنفس الكثافة (1.7غم\سم^3) لكل حالة, النموذج الاول تم تحميله بدون غمر بالماء في حين ان النموذج الثاني تم غمره لدة 24 ساعة قبل البدأ بعملية التحميل, علما ان جميع هذه الفحوص نفذت بنسبة زيادة في الحمل (Load Increment Ratio LIR) مقدارها واحد, وفترة مضاعفة الحمل (Load Increment Duration LID) تساوي واحد.

النتائج والمناقشة

فحوص التصنيف :

بالاعتماد على نتائج الفحوص الفيزيائية والكيميائية ووفقا لنظام التصنيف الموحد للتربة فأن التربة يمكن ان تصنف على انها رمل غريني (SM) غير لدنة نسبة الجبس فيها بلغت 25 % تقريبا.

فحوص الاويدوميتر:

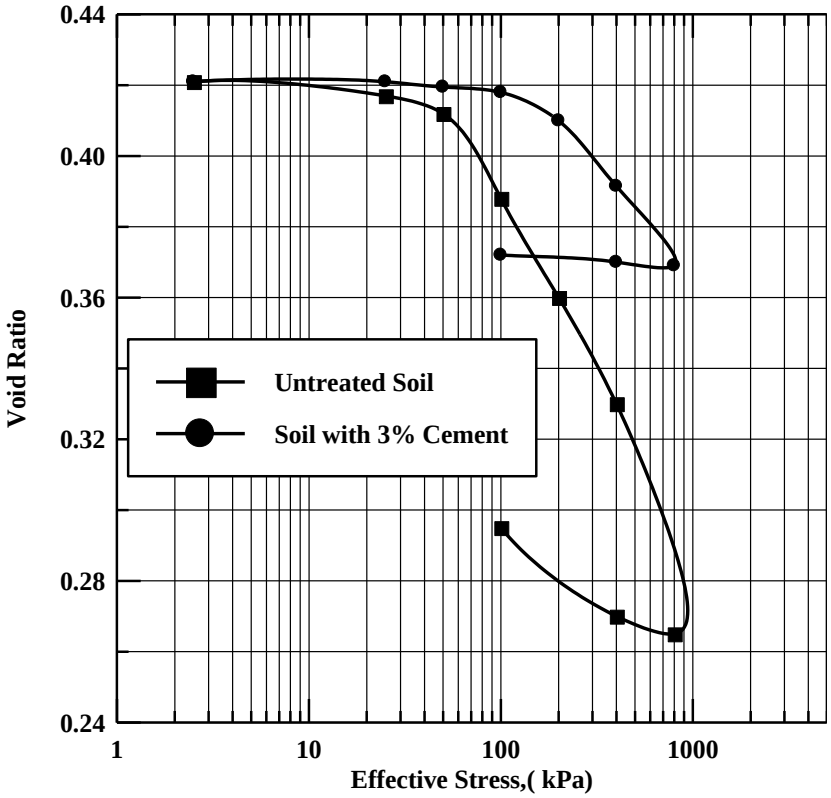
فحوص الانضمام

الجدول 2 والاشكال 2 الى 5 تبين نتائج فحوص الانضمام لنماذج من التربة المحضرة بكثافة (1.7غم\سم^3) وبنسبة فراغات اولية (0.421). فقد اجريت هذه الفحوص على نماذج من التربة الطبيعية واخرى معالجة بنسبة (3%) من المضافات.

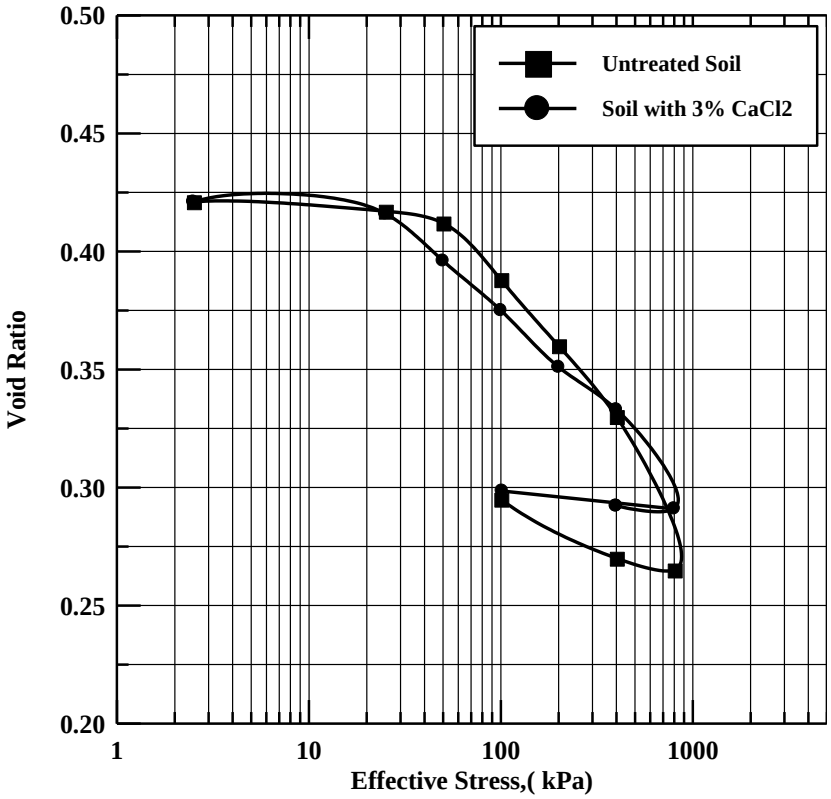
يتبين من نتائج هذه الفحوص ان هنالك تحسن ملحوظ في معاملات الانضغاط للتربة الجبسية عند معالجتها بالمضافات وبنسب متفاوته, فقد اظهر الاسمنت كفاءة عالية في تقليل هبوط التربة يليه مادة البنتونايت, في حين ادى استخدام السليكاجل الى تحسن طفيف في انضغاطية التربة.

الجدول 2 : نتائج فحوص الانضمام

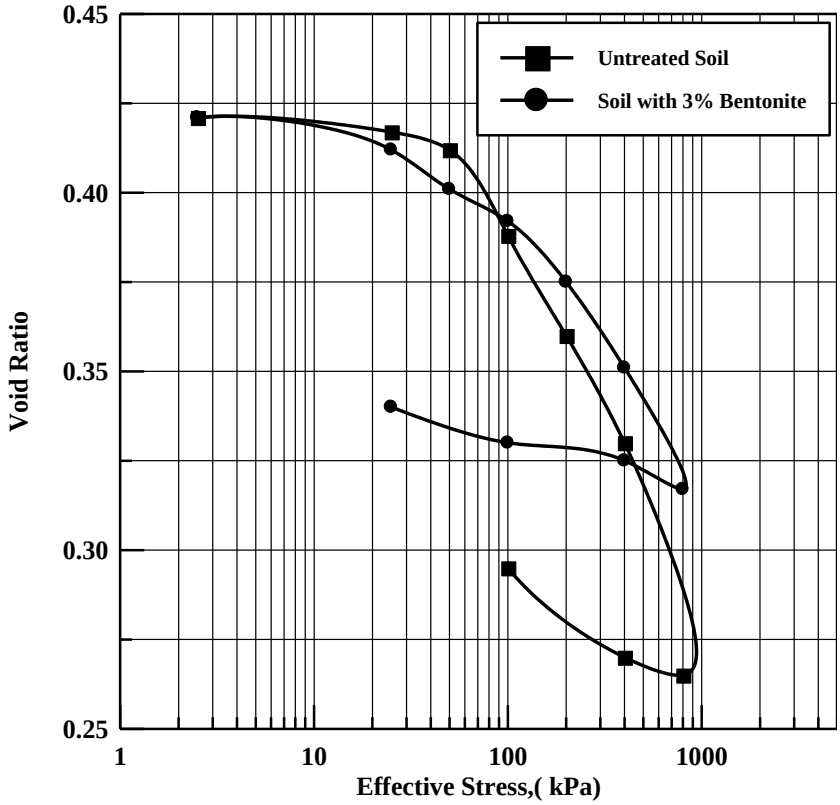
حالة التربة	الكثافة , (غم\سم^3)	نسبة الفراغات الاولية, (e_o)	معامل الانضغاط, C_c	معامل الانتفاخ, C_s
التربة الطبيعية	1.7	0.421	0.209	0.0332
تربة معالجة بالاسمنت (3%)			0.073	0.00332
تربة معالجة بكلوريدالكالسيوم (3 %)			0.133	0.0089
تربة معالجة بالبنتونايت (3%)			0.11	0.011
تربة معالجة بالسليكاجل (3%)			0.193	0.0199



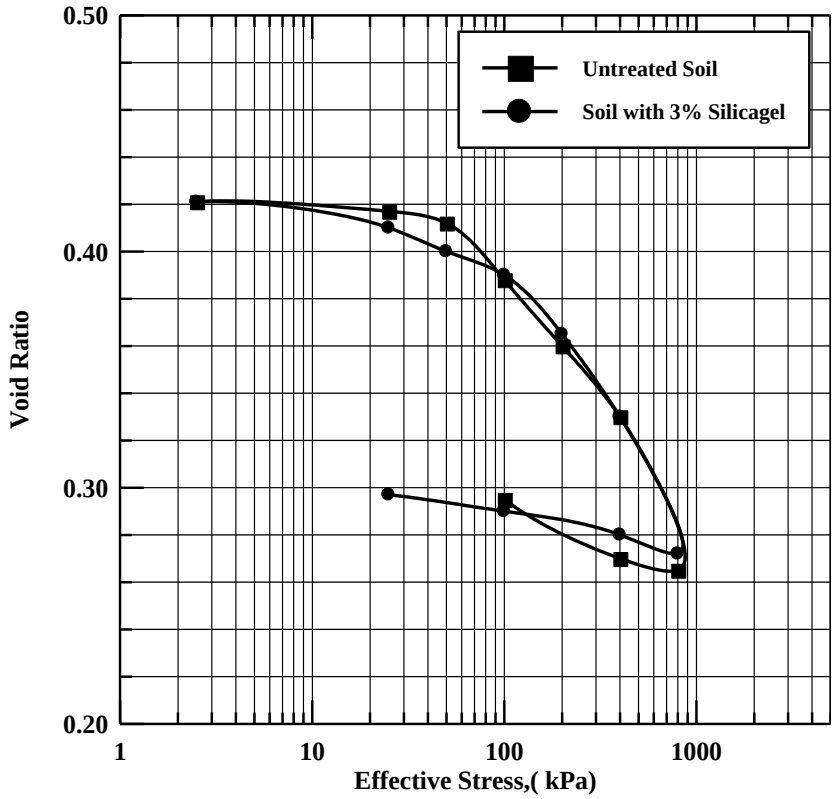
الشكل 2 : فحص الانضمام لتربة طبيعية واخرى معالجة بالاسمنت



الشكل 3 : فحص الانضمام لتربة طبيعية واخرى معالجة بكلوريد الكالسيوم

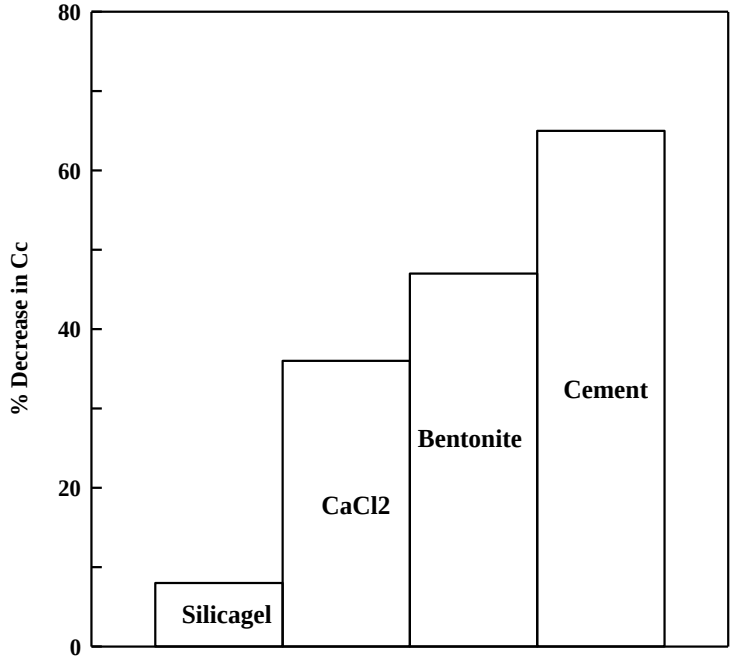


الشكل 4 : فحص الانضمام لتربة طبيعية واخرى معالجة بالبنتونايت

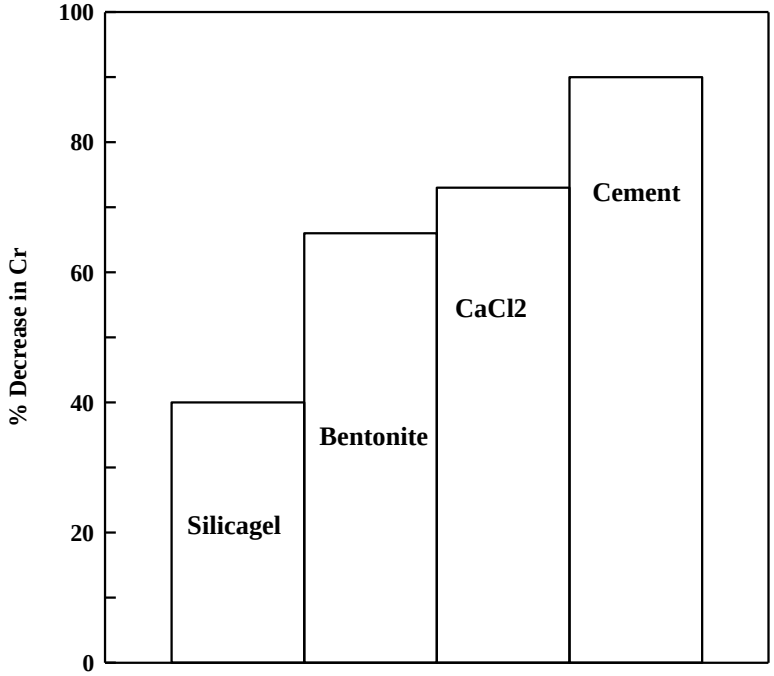


الشكل 5 : فحص الانضمام لتربة طبيعية واخرى معالجة بالسليكاجل

الشكل 6 و 7 يوضح مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_c) والانتفاخ (C_s) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات. يتبين من هذا الشكل ان الاسمنت هو الاكفئ في تقليل معاملات الهبوط للتربة الجبسية, فقد ادى استخدام 3% من الاسمنت الى تقليل معاملي الانضغاط والانتفاخ بنسبة 65% و90% على الترتيب. من ناحية اخرى فان اضافة 3% من مادة كلوريد الكالسيوم الى التربة ساهم في خفض معامل الانتفاخ للتربة بنسبة 73% , كما انخفضت قيمة معامل الانضغاط بنسبة 47% عند معالجتها بمادة البنتونايت.



الشكل 6 : مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_c) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات

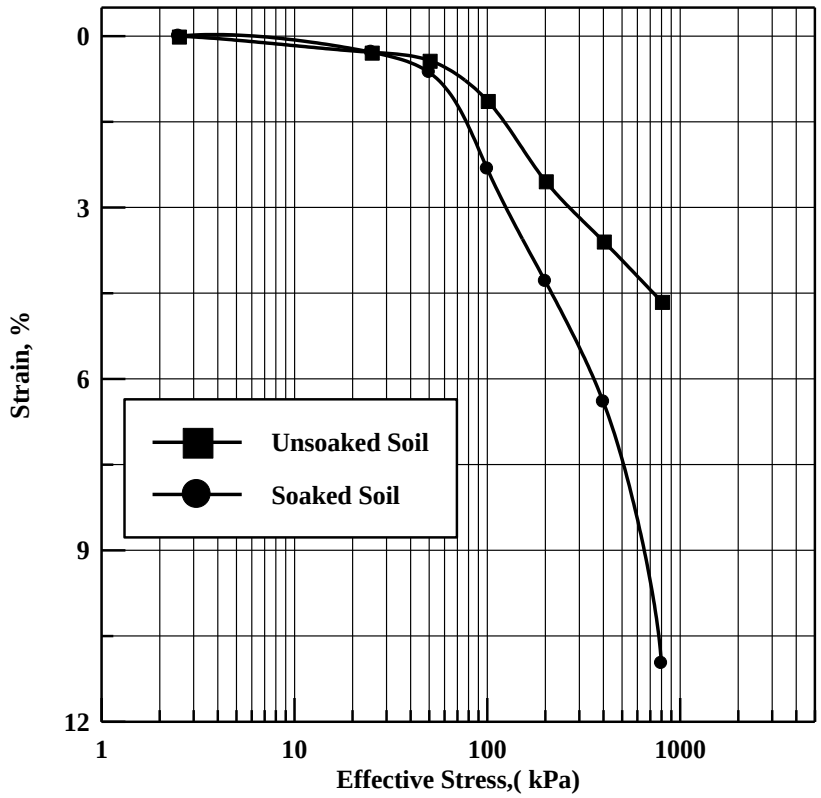


الشكل 7 : مقدار النقصان في قيمة معامل الانضغاط (C_r) للتربة نتيجة معالجتها بالمضافات

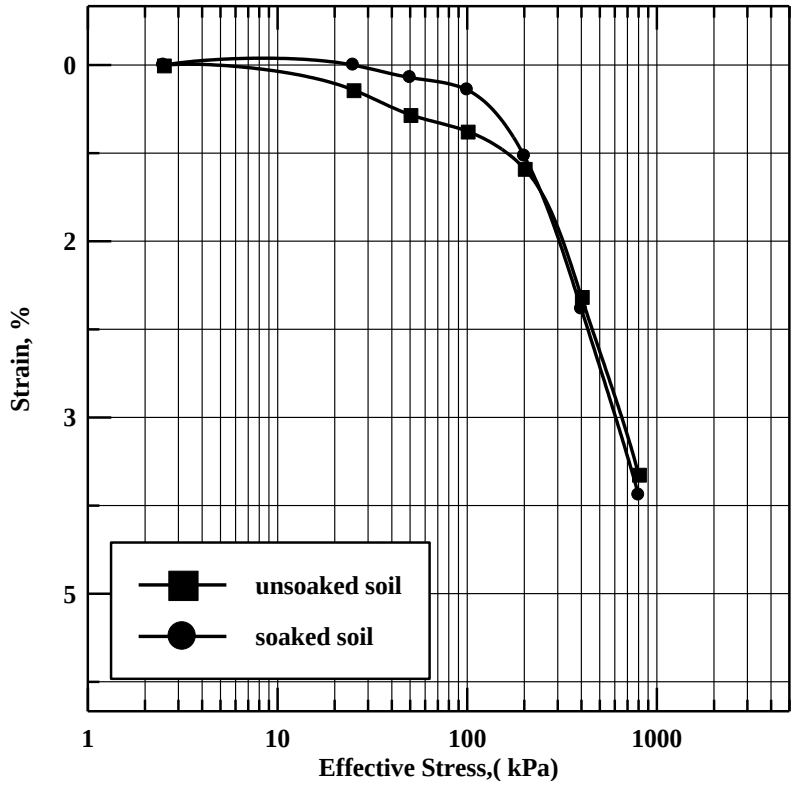
فحوص الانهيار

توضح **الاشكال 8 الى 12** نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) التي اجريت على نماذج من التربة الطبيعية واخرى معالجة بنسبة 3% من المضافات. يتضح من خلال النتائج ان اضافة 3% من الاسمنت او كلوريد الكالسيوم او السليكاجل او البنتونايت الى التربة الجبسية يجعلها اقل تاثرا بالغمر, فهنالك فرق قليل ومتفاوت بين منحني الانضغاط للتربة المغمورة وغير المغمورة. كما يظهر من هذه النتائج ان الهبوط للتربة المعالجة بالاسمنت والمغمورة بالماء اقل منه للتربة المعالجة والغير مغمورة الى ان يصل اجهاد الغمر (200 كيلوباسكال) حيث يساوى الهبوط للحالتين المذكورتين. وهذا قد يعزى الى زيادة صلابة التربة بسبب بدأ تفاعل الاسمنت وانضاجه (curing) عند الغمر.

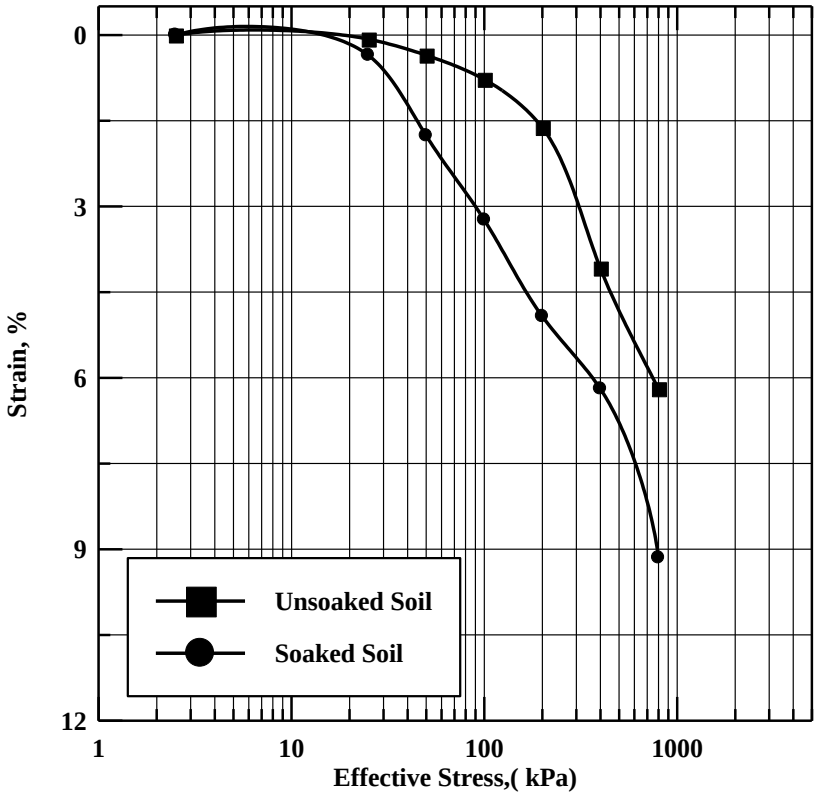
الشكل 13 يبين العلاقة بين اجهاد الغمر وقابلية الانهيار (Collapse Potential) للتربة الطبيعية والمعالجة بالمضافات المذكورة. يتضح ان قابلية الانهيار للتربة المعالجة قد انخفضت بشكل واضح وبنسب متفاوته ولجميع المضافات، فقد اظهر الاسمنت كفاءة عالية في تقليل قابلية الانهيار للتربة. من ناحية اخرى فان مادة كلوريد الكالسيوم وعلى الرغم من كفائتها في تقليل معاملات الانضغاط فقد اظهرت اقل كفاءة في معالجة الانهيار.



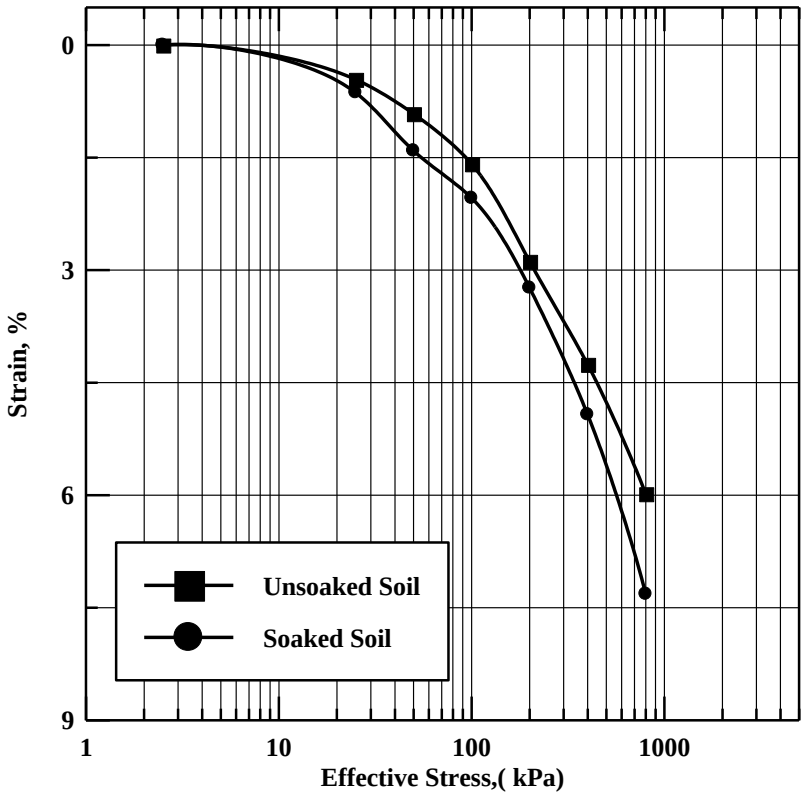
الشكل 8 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة الطبيعية



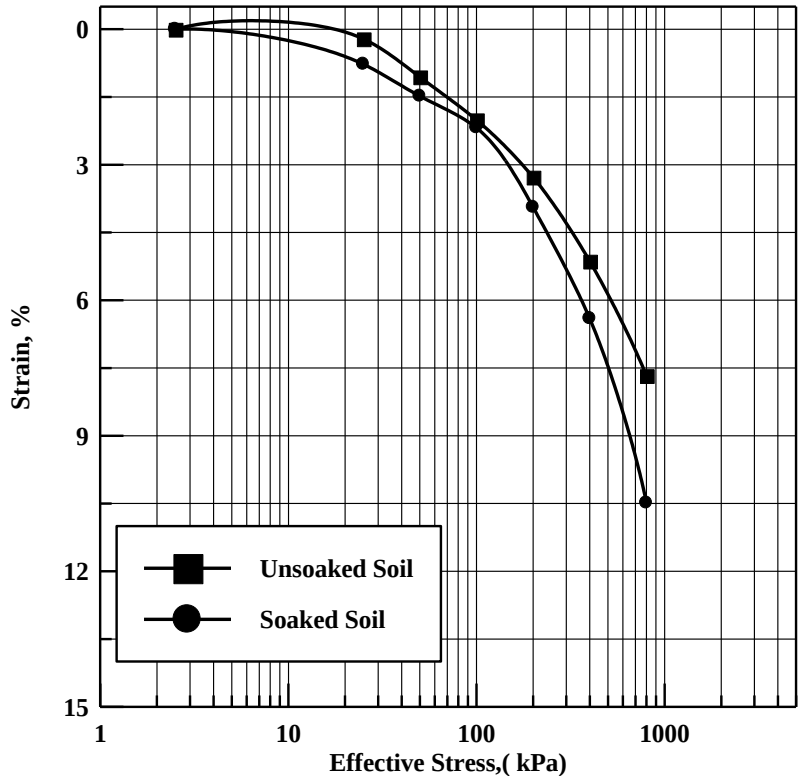
الشكل 9 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة االمعالجة بالاسمنت



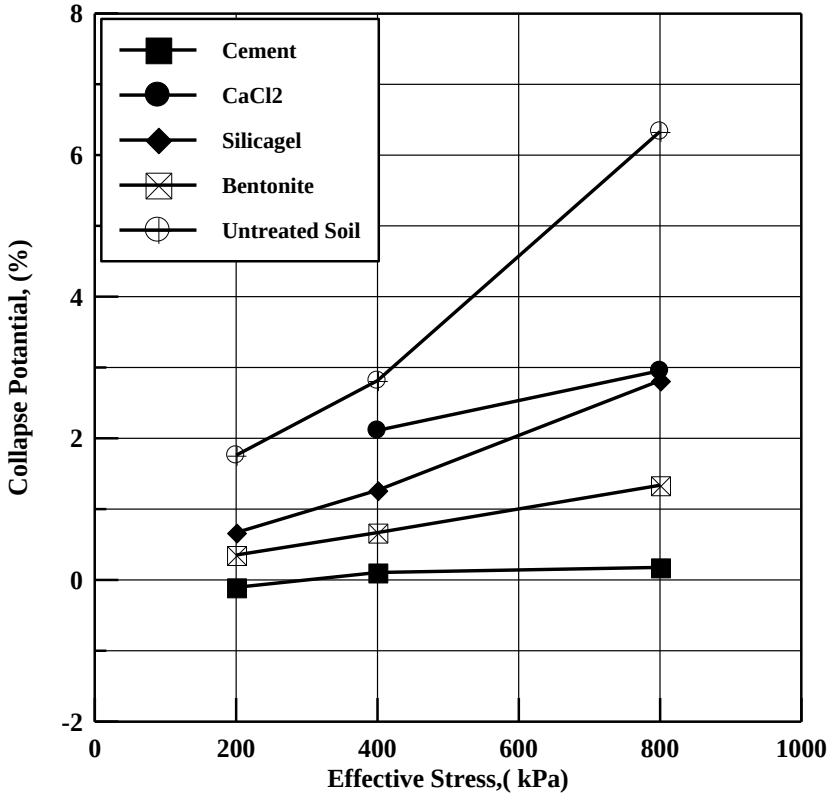
الشكل 10: نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة االمعالجة بكلوريد الكالسيوم



الشكل 11 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة االمعالجة بالبنتونايت



الشكل 12 : نتائج فحوص الاويدوميتر المزدوج (Double Odometer) للتربة االمعالجة بالسليكاجل



الشكل 13: يبين العلاقة بين اجهاد الغمر وقابلية الانهيار (Collapse Potential) للتربة الطبيعية والمعالجة بالمضافات

الاستنتاجات

تناول هذا البحث تاثير اضافة 3% من (الاسمنت او كلوريد الكالسيوم او البنتونايت او السليكاجل) على خصائص الانضغاط والانهيار للتربة الحاوية على 25% من الجبس وقد تم التوصل الى النتائج التالية:

* هنالك تحسن ملحوظ في انضغاطية التربة الجبسية المعالجة بالمضافات المذكورة, فقد انخفض معاملي الانضغاط والانتفاخ للتربة المعالجة بالاسمنت بنسبة 65% و 90% على الترتيب, وانخفض معامل الانضغاط بنسبة 47% عند معالجة التربة بالبنتونايت, كما انخفض معامل الانتفاخ بنسبة 73% عند استخدام كلوريد الكالسيوم .
* يقل تاثير الغمر على التربة عند معالجتها باي من المضافات المذكورة.
* تقل قابلية الانهيار للتربة عند معالجتها باي من المضافات المذكورة وبنسبة تحسن متفاوته بلغت اعلى قيمة لها عند استخدام الاسمنت واقل قيمة لها عند استخدام كلوريد الكالسيوم.

REFERENCES

* Abood, M. K., (1994), "Treatment of Gypseous Soils with Sodiume Silicate" M.Sc. Thesis, Building and Construction Department, University of Technology.

* Albusoda, B., S., (1999), " Studies On the Behaviour of Gypseous Soil and its Treatment During Loading " M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.

* Al-Dulaimi, N., S., (2004) " Characteristics of gypseous Soils Treated with Calcium Chloride Solution " M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.

* Al-Obydi, M., A., (1992) " Lime Stabilization of Gypseous Soils" M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Musul.

* Alphon, J., G., V., and Romero, F., D., E., (1971) " Gypsiferous Soil" Bulliten-21, Int. Inst. For Land Reclamation and Improvement, Wegeningen, Holland.

* Al-Zobaidy, A., Brikari, M. S., and Yunan, T., F., (1986) " Treatment of Dissolution Problem of Gypseous Soils by Using some Chemical Substances" Symposium on Gypseous Soils and it Effect on Structure and Agriculture, 4-6 Nov. Baghdad.

* Auda, M., A., (1996) "Effect of Water on the Behaviour of Reinforced Gypseous Soils under Shallow Foundations", M.Sc. Thesis, Building and Construction Department, University of Technology.

* Head, K., H., (1980) "Manual of Soil Laboratory Testing " Vol. 1, Prentch. Press, London.

* Horta, G., c., (1980) "Calcrete , Gypcrete, and Soil Classification in Algeria" , Engineering Geology, Vol.15, No.1, Pp: 15-52

* James, A., N., and Lupton, A., R., (1978) "Gypsum and Anhydrite in Foundation Hydraulic Structures", Geotechnique , Vol.28 No.3.

* Nashat, I., H., (1990), "Engineering Characteristics of Some Gypseous Soil in Iraq" Ph.D. Thesis, Civil Engineering Department, University of Baghdad.

* Razouki, S., S., (1998) " Some Solutions to the Problems of Gypsiferous Soils " Symposium on the Problems of Gypseous Soils in Iraqi Engineers Union, Baghdad.

* Saaed, S., A., and Khorshid, N., N., (1989) "Some Estimation Characteristics of the Gypseous Soils of Al-Dour Area" Proc. of the 5th Scientific Conference, Vol. 4, Part 2, Scientific Research Council, Baghdad.