تأثير حامض الكبريتيك على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الغرينية الطينية

د. يوسف جواد الشكرجي
استاذ
الهندسة/قسم الهندسة المدنية
جامعة بغداد

كامل سعيد عبيد السعدي
كلية الهندسة /قسم الهندسة المدنية
جامعة بغداد

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير حامض الكبريتيك بتراكيز 10% و 50% و 98% على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الغرينية الطينية التي تم جلبها من منطقة المسيب من خلال أضافة حامض الكبريتيك بالتراكيز المبينة أعلاه بنسبة 25% الى التربة مع أضافة ماء بنسب متغيرة ولفترات أنضاج(٠ و ٣ و ٧ و ١٤) يوم . وتم دراسة تصرف التربة المرصوصة من خلال فحص الانضمام بأتجاه واحد. ووجد من خلال الدراسة أن تعرض التربة الغرينية الطينية للتلوث بالحامض يؤدي الى حصول زيادة حجمية تتناسب طرديا" مع تركيز الحامض و ينتج عن التفاعل مادة جديدة هي الجبس و أن حصول هذا التفاعل في وسط محصور يؤدي الى تنامي ضغط أنتفاخي و بلغت قيمة هذا الضغط بحدود 530 kPa عند التلوث بالحامض بتركيز 98% بنسبة 25% مع أضافة ماء ، و قيمة هذا الضغط تتزايد مع زيادة التركيز و تتناقص مع زيادة فترة الانضاج .

هذا وأن قيم حد السيولة و مؤشر اللدونة للتربة الملوثة بالحامض ذي تركيز 10% و بنسبة 25% فقد أنخفضت قيمها بينما أزدادت تلك القيم للتربة الملوثة بحامض الكبريتيك لتركيز 50% و 98%. .

.ABSTRACT

This study deals with the effect of sulphuric acid with different concentrations (10%, 50% & 98%) on the geotechnical properties of clayey silt soil brought from Al-Mussayab south of Baghdad .
The study deals with natural soil contimination by adding sulphuric acid with different concentrations at 25% as a percent of dry weight of soil with different percents of water content for curing periods (0, 3, 7 & 14) days , Oedometer tests are

carried out to study the behavior of soil after adding the acid. It has been found that a severe reaction happens between acid and calcium carbonate in the clayey silt soil accompanied with volume increasing producing gypsum. Prevention of volume increasing by surcharge generated a swelling pressure. This pressure increases with the increasing of acid concentration and decreases with the increasing of curing period. The maximum value of swelling pressure is about 530 kPa. The study shows that the maximum dry density of soil reduces after adding 98% and 50% concentration acid while it increases for 10% conc. acid .The values of liquid limit and plasticity index of contaminated soil are reduces for 10% conc. acid and increases for other concentration.

الكلمات الدالة

حامض الكبريتيك ، الغرين الطيني ، الانضمام ، الانتفاخ.

نبذة عن الدراسات السابقة

أجرى (Lukas and Gnaedinger 1972) تقييما" لثلاث بنايات مقامة على تربة رملية غرينية ورملية ناعمة ومتوسطة و مركباتها الأساسية من حجر الكلس والدولومايت ، عانت من هبوط مفاجي نتيجة تسرب مواد كيمياوية (حامض الاسيتيك وحامض الهيدروكلوريك والصودا) وقد أظهرت الفحوص المختبرية لتربة الموقع أن جزيئات التربة قد حصل لها فقدان كبير في الوزن نتيجة التسرب الكيمياوي الذي يسبب تفاعلا" آنيا" مع مركبات التربة.

وتضمنت دراسة (Sridharan, et. al. 1981) حالة تماوج التربة heaving في موقع صناعي معرض لتسرب حامض الفسفوريك وصل في بعض المواقع إلى 30 cm و أدى إلى حدوث ارتفاع.في منسوب الأسس وتشققات في الجسور والأعمدة . أظهرت الفحوص الكيمياوية زيادة في محتوى التربة من أملاح الفوسفات. إن تفاعل جزيئات التربة مع المياه الملوثة الحاويةعلى حامض الفسفوريك أدى إلى تراكم الأملاح غير الذائبة مثل فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ وكذلك فان تفاعل الحامض أدى إلى تكوين أملاح ذائبة مثل فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 أو فوسفات المغنسيوم $Mg_3(PO_4)_2$ التي تنجرف مع الماء .

وفي عام 1991 تسربت كميات كبيرة من حامض الكبريتيك في مجمع الأسمدة الفوسفاتية في القائم غرب العراق وقد حظي الموضوع باهتمام العديد من الباحثين الذين تناولوا الموضوع بالدراسة من عدة جوانب. فقد أجرت (Slewa 1997) فحوصا" على نماذج أسطوانية ملوثة بحامض الكبريتيك بتركيز 98% وغير ملوثة بطريقة قياس سرعة الموجة الزلزالية seismic wave velocity ، حيث لوحظ على النماذج المأخوذة من موقع تعرض لتسرب حامض الكبريتيك انخفاض كبير في مقاومة الانضغاط للصخور كنتيجة لتكرار تسرب الحامض لفترة 6 سنوات .

وقام (Mohammed 1998) بدراسة حول نفس الموضوع واحتسب قيمة الضغط المتولد عند التفاعل (ضغط التفاعل) من خلال فحص الانضمام وذلك بإضافة حامض كبريتيك تركيزه 98% إلى خلية الفحص على ثلاثة مراحل وترك النموذج في جهاز الفحص فترة من الزمن حتى استقرت قراءات العداد. أعاد هذه

العملية عدة مرات بتغير الضغط المسلط في كل حالة لمعرفة تأثير تغير الضغوط على تصرف النموذج عند تعرضه لحامض الكبريتيك المركز لإيجاد قيمة ضغط التفاعل الذي وجد أن قيمته تتراوح بين 480 kPa و 430 kPa حسب كمية كاربونات الكالسيوم في التربة .

التربة المستخدمة في البحث

تم جلب التربة المستخدمة في البحث من أحد المواقع في منطقة المسيب (الفرات الأوسط) جنوب بغداد من أحدى المنشات الصناعية (شركة الفرات العامة للصناعات الكيمياوية) ، و الحاوية على وحدة لإنتاج حامض الكبريتيك تركيز 98% ، حيث تم تشغيل هذه الوحدة لفترة قصيرة في نهاية عام ٢٠٠٠ وحدثت تسربات أدت الى ظهور مشاكل عديدة فالارضيات بدأت تتشقق و بدأت بوادر تآكل في خرسانة الاسس، أما بالنسبة للتربة فقد حدثت فيها تموجات (هبوط و انتفاخ)في مناطق عديدة و امتدت لمسافة بحدود ٢٠ متر خارج صبة الارضيات . وقد تم الحصول على نماذج مشوشة disturbed samples غيرملوثة من عمق يتراوح بين (2 m -1.5 m) من موقع قريب من وحدة إنتاج الحامض والمعرضة لتسرب الحامض بعد التأكد من عدم وصول الحامض إليها و هذا العمق يقع تحت الاسس بحدود ٠,٥ متر، وهي تربة من الغرين الطيني clayey silt غامقة اللون . والجدير بالذكر انه بسبب الطبيعة الغرينية للتربة و ارتفاع مستوى المياه الجوفية فقد استحال الحصول على نماذج غير مشوشة.

الفحوص الفيزياوية على التربة غير الملوثة

و تضمنت الفحوص التالية:

١- 1 . فحص التحليل الحجمي الحبيبي grain size analysis

٢- 2 . فحص حدود اتربرك Atterberg limits test

٣- 3 . فحص الرص القياسي standard compaction test

٤- 4. فحص الوزن النوعي specific gravity test (Gs)

ويمثل **الجدول (١)** نتائج الفحوص الفيزياوية للتربة المستخدمة في البحث .

الجدول (1) نتائج الفحوص الفيزياوية للتربة غير الملوثة

نوع الفحص	نتيجة الفحص
حد السيولة L.L. %	52
حد اللدونة P.L. %	38
مؤشر اللدونة P.I. %	14
الوزن النوعي	2.73
نسبة الحصى %	٣
نسبة الرمل %	١٢
نسبة الغرين %	٥٠
نسبة الطين %	35
الكثافة الجافة العظمى (gm/cm^3)	1.55
محتوى الرطوبة الأمثل O.M.C. %	25
وصف التربة بموجب نظام تصنيف التربة الموحد	MH

الفحوص الكيمياوية للتربة غير الملوثة

نتائج الفحوص الكيمياوية للتربة غير الملوثة مبينة في **الجدول (٢)** .

الجدول (٢) نتائج الفحوص الكيمياوية للتربة غير الملوثة

pH	CaO %	CaCO3 %	SO_3 %	T.S.S. %	Cl %
8.5	14.7	0.5	1.06	4.95	0.09

فحوص حيود الأشعة السينية للتربة غير الملوثة

ونتائجه مبينة في **الجدول (٣)** .

الجدول (٣) نتائج فحوص حيود الأشعة السينية للتربة غير الملوثة

المعادن الطينية	النسبة%	المعادن غير الطينية	النسبة%
مونتيموريلنايت/كلورايد	٢٦	كوارتز SiO_2	19
ايلايت NaCl	١	فيلد سبار $Na.AlSiO_3.O_9$	8-
كاؤولينات $Al_2SiO_5(OH)_4$	١٦	كالسايت $CaCO_3$	٣٠

فحص الانضمام باتجاه واحد للتربة

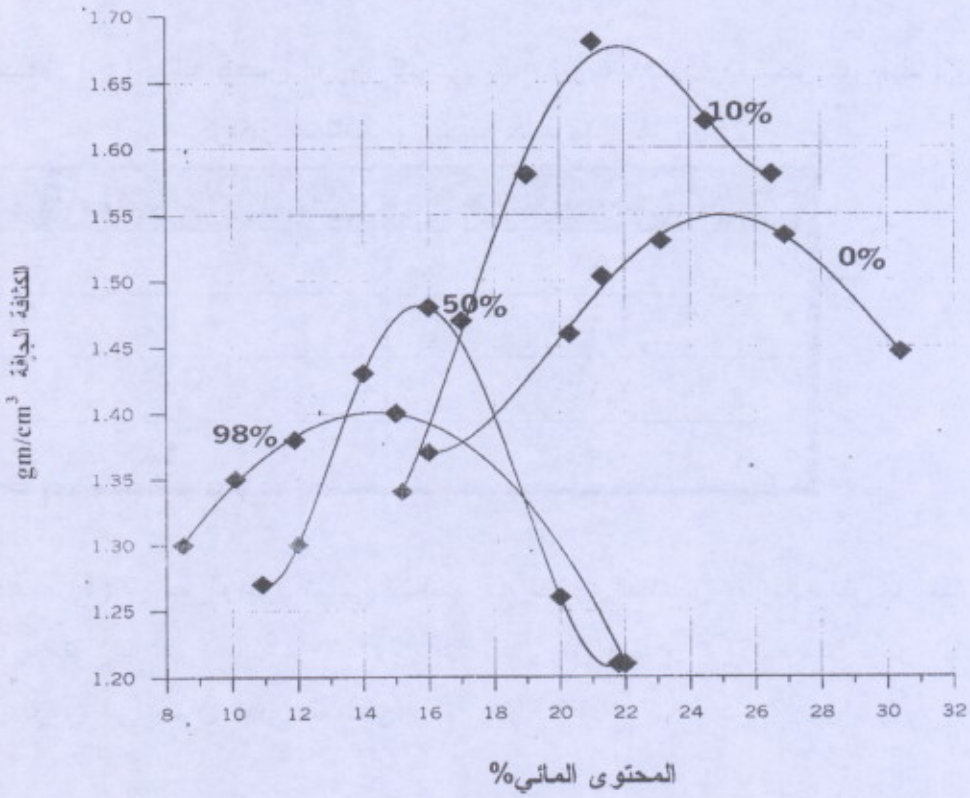
أجري فحص الانضمام بموجب المواصفة البريطانية(BS-1377:1975) والموصوفة من قبل (Head 1984) أجري هذا الفحص باستخدام حلقه قطرها 50 mm وسمكها 19. mm وبألنسبة للتربة الملوثة بالحامض فقد تم الاستعاضة عن الحجر المسامي بقطع معدنية من مادة الحديد المقاوم للصدأ (stainless steel) المقاومة للحوامض بنفس الابعاد وتم تثقيبها شعاعيا" بأقطار تتراوح بين ١و ١,٥ ملم واختبرت للتربة غير الملوثة واعطت نتائج مقاربة للحجر المسامي.

النتائج و المناقشة

تأثير حامض الكبريتيك على نتائج الفحوص الفيزياوية للتربة

تأثير حامض الكبريتيك على نتائج فحص الرص القياسي

تم بأضافة حامض الكبريتيك بثلاثة تراكيز و بنسبة وزنية ثابتة مقدارها.25% و تغيير المحتوى المائي ، ونتائج هذا الفحص تم تمثيلها في **الشكل (١)** لايجاد الكثافة الجافة العظمى و المحتوى المائي الامثل لكل حالة، ومن ثم احتيار كثافة موحدة لاجراء الفحوص.



الشكل (١) العلاقة بين الكثافة الجافة و المحتوى المائي للتربة الملوثة بحامض كبريتيك ذى تراكيز مختلفة وبنسبة اضافة مقدارها 25%

و يلاحظ من **الشكل (١)** أن الكثافة الجافة العظمى للتربة قد أنخفضت بأضافة حامض ذي تراكيز عالية (أكبر أو تساوي 50%) مع أنخفاض ملحوظ في قيمة المحتوى المائي الامثل مقارنة مع التربة غير الملوثة ، بينما نجد أن هذا التأثير قد أنعكس عند أضافة حامض الكبريتيك ذي التركيز القليل (10%) حيث أن الكثافة الجافة العظمى في هذه الحالة قد أزدادت مع زيادة في قيمة المحتوى المائي الامثل مقارنة مع التراكيز العالية. ان التحسن الذي طرأ على الكثافة الجافة عند أضافة الحامض المخفف اليها يعود الى أن الجبس الذي تكون نتيجة تفاعل الحامض مع مركبات التربة له قابلية على الذوبان في الماء و بذوبانه يزداد التركيز الالكتروليتي الامر الذي يؤدي ألى زيادة سمك الطبقة الطينية المزدوجة و نقصان قوى التنافر و نتيجة لذلك فأن جزيئات الطين ستتشكل بطريقة أكثر تداخلاً و تقل الفجوات وبالتالي تزداد الكثافة. ومن هذا الشكل تم احتيار كثافة موحدة لكافة التراكيز مقدارها 1.4 gm/cm3 من الجانب الجاف.

تأثير حامض الكبريتيك على الوزن النوعي للتربة (Gs)

نتائج هذا الفحص الذي أجري على التربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة و بنسبة خلط مقدارها 25% مبينة في **الجدول (٤)** .

الجدول (٤) نتائج فحص الوزن النوعي على التربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة و بنسبة خلط مقدارها 25%

تركيز الحامض المضاف %	الوزن النوعيGs
٠	٢,٧٣
١٠	٢,٦٦
٥٠	٢,٦٣
٩٨	٢,٥٦

ويتضح من الجدول (٤) أن قيم الوزن النوعي تتناقص مع اضافة الحامض و زيادة التركيز مقارنة مع التربة غير الملوثة ، وواضح هنا أن السبب هو الجبس الذي يتكون من التفاعل بين الحامض ومركبات التربة حيث أن زيادة الجبس تؤدي ألىنقصان الوزن النوعي .

تأثير حامض الكبريتيك على حدود اتربرك

و نتائج هذا الفحص مبينة في **الجدول (٥)**.

الجدول (٥) نتائج فحص حدود أتربرك لتربة ملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة و بنسبة خلط 25%

نوع الفحص %	التربة غير الملوثة	تربة متوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز		
		10%	50%	98%
حد السيولة	٥٢	٤٨	٥٥	٦٠
حد اللدونة	٣٨	٣٥	٣٨	٤٢
مؤشر اللدونة	١٤	١٣	١٧	١٨
وصف التربةبموجب نظام تصنيف التربة الموحد	MH	ML	MH	MH

ويلاحظ من الجدول ٥ أن حد السيولة و حد اللدونة و مؤشر اللدونة قد أزدادت قيمهما في حالة التربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز 50% و 98% مقارنة مع التربة غير الملوثة مما يدل على زيادة في طاقة الانتفاخ و هو ما ظهر جليا" عند قياس ضغط الانتفاخ (كما سيتضح من خلال فحص الانضمام) ألا أن هذا التأثير قد انعكس في التراكيز المخففة (10% فما دون) حيث ان قيمة حد السيولة ومؤشر اللدونة قد انخفضت مقارنة مع التربة غير الملوثة و تغير تصنيف التربة من MH الى ML في التربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تركيز 10% فقط .

تأثير حامض الكبريتيك على نتائج الفحوص الكيمياوية للتربة

تم أجراء الفحوص الكيمياوية على الترب الملوثة بحامض الكبريتيك بتراكيز 10%و 50% و 98% وتم مقارنتها مع نتائج الفحوص الكيمياوية على التربة غير الملوثة. و شملت هذه الفحوص القاعدية pH و أوكسيد الكالسيوم و الكبريتات و الاملاح الذائبة الكلية و الكلوريدات و نتائج هذا الفحص مبينة في الجدول (٦).

الجدول (٦) نتائج الفحوص الكيمياوية للتربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة وبنسبة اضافة 25% وبدون أضافة ماء

تركيز الحامض%	pH	CaO %	SO3 %	T. S. S.%	CaCO3%	Cl %
٠	٨,٥	١٤,٧	١,٠٦	٤,٩٥	٠,٥٠	٠,٠٩
١٠	٨,١	٢,٨	٤,١	٧,٥	٠,٣٧	٠,٠٢
٥٠	٧,١	٦,٨٦	٩,٨	٢١,٦	٠,٤٢	٠,٠٢
٩٨	٦,٣	٩,٢٥	١٣,٢	٣٢,٥	٠,٤٨	٠,٠٢

وواضح من الجدول أعلاه أن نسبة مركبات الكالسيوم(مثل CaO و CaCO3)سجلت تناقصا" عن قيمها قبل التلوث نتيجة التفاعل مع حامض الكبريتيك ، كما سجلت زيادة في نسبة الاملاح الكبريتية و الاملاح الذائبة وانخفضت قيمة الأس الهيدروجيني باتجاه الحامضية.

تأثير حامض الكبريتيك على فحوص الأشعة السينية للتربة

أجري فحص الاشعة السينية على الترب الملوثة و غير الملوثة لمعرفة مدى تأثير تلوث التربة بحامض الكبريتيك على تغيير مكونات المعادن الطينية (المونتيموريلونايت و الايلايت والكاؤولينات) و مكونات المعادن غير الطينية (الكوارتز و الفيلدسبار و الكالسايت و الجبس) . ونتائج هذا الفحص مبينة في الجدول (٧).

الجدول (٧) نتائج فحوص الاشعة السينية للتربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة وبنسبة اضافة 25% و بدون أضافة ماء

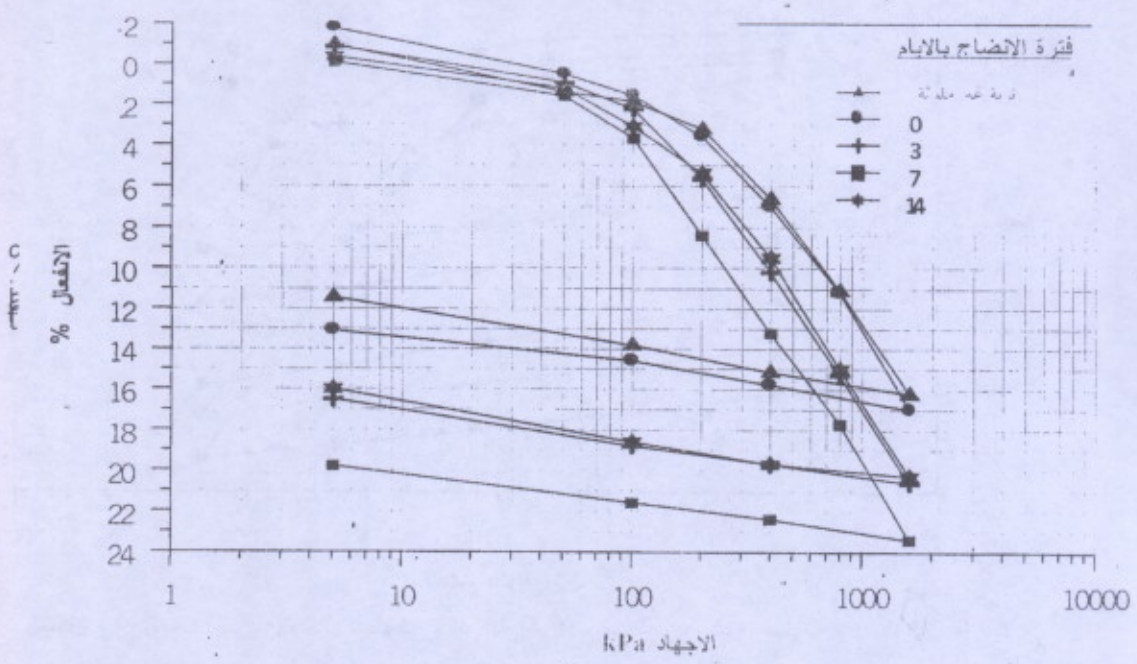
تركيز الحامض %	المعادن الطينية					المعادن غير الطينية				
	مونتيموريلونايت /كيولينايت %	ايلايت %	كلورايت %	خليط %	المجموع %	كوارتز %	فيلدسبار %	كالسايت %	جبس%	المجموع %
٠	٢٦	١	١٦	٠	43	١٩	٨	٣٠	٠	٥٧
١٠	١٦	١٢	٧	٣	٣٨	١٦	٩	٢٦	١١	٦٢
٥٠	١٢	١٢	١٠	٧	٤١	١٤	٦	١٨	٢١	٥٩
٩٨	١٠	٨	٨	٥	٣١	١٦	٧	١٦	٣٠	٦٩

و يتضح من الجدول (٧) أن مجموع نسب مكونات المعادن الطينية في التربة تناقصت عند تلوثها بالحامض بعكس مجموع نسب مكونات المعادن غير الطينية التي سجلت زيادة في مقاديرها مقارنة مع التربة غير الملوثة . هذا وأن نسبة الجبس قد ازدادت نتيجة التفاعل الحاصل بين المركبات الحاوية على الكالسيوم (الكالسايت) و الحامض ، و هذه الزيادة تتناسب طرديا" مع الزيادة في تركيز الحامض.

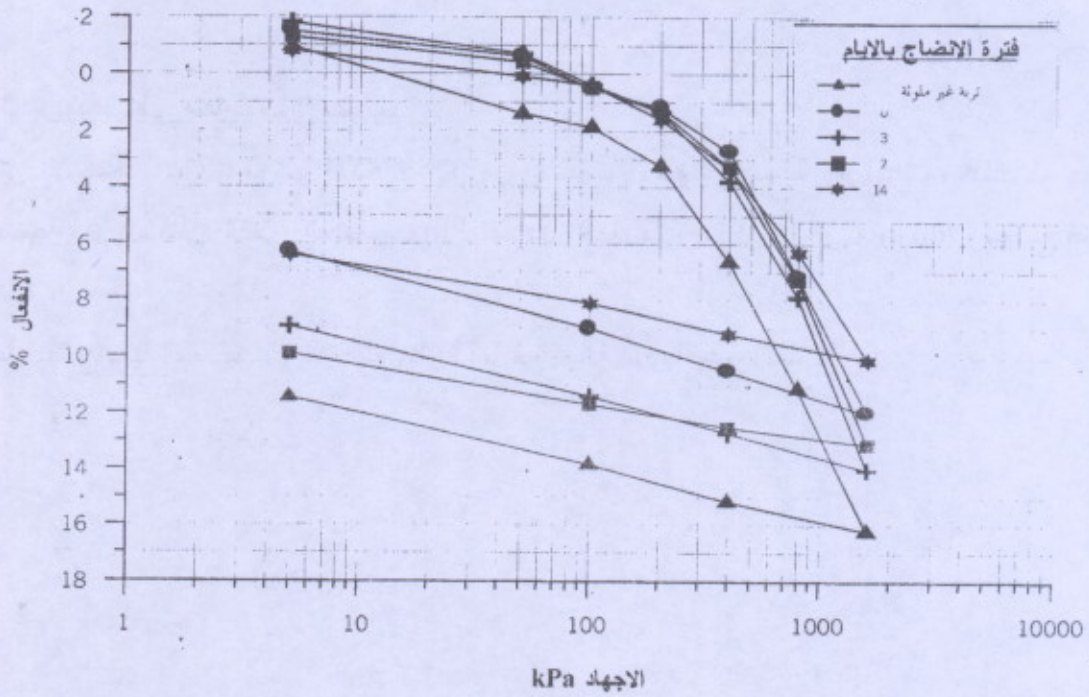
تاثير حامض الكبريتيك على نتائج فحص الانضمام باتجاه واحد

بغية اجراء مقارنة واضحة لتصرف التربة بعد تلوثها بالحامض بتراكيز مختلفة وبنسبة وزنية ثابتة مقدارها 25% . و تغيير في المحتوى المائي فقد تم اختيار كثافة موحدة (gm/cm^3 1.4) من فحص الرص القياسي واستخدام هذه الكثافة في تحضير نماذج الفحص. وتجدر الاشارة الى أن المحتوى المائي المضاف لنماذج التربة الذي يقابل الكثافة الجافة gm/cm^3 1.4 قد أختير من الجانب الجاف للمحتوى المائي الامثل وتم تمثيل

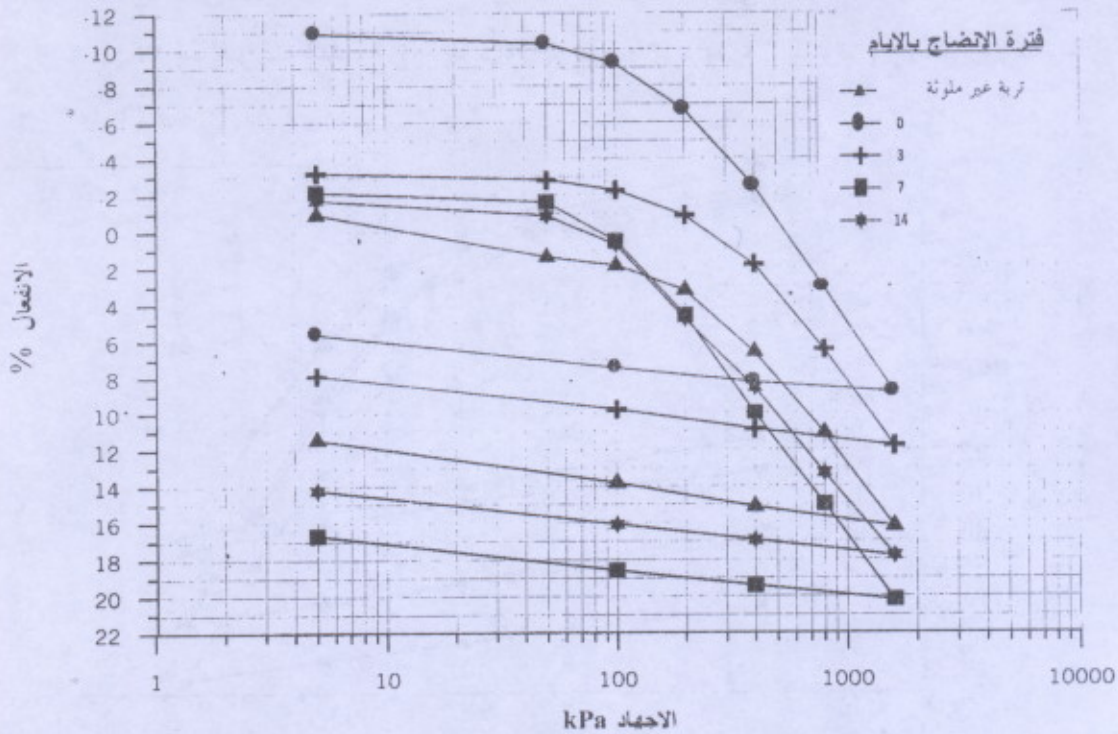
نتائج هذا الفحص من خلال العلاقة بين الانفعال الطولي و لوغاريتم الاجهاد لتراكيز (10% و 50% و 98%) ولفترات انضاج (١ يوم و٣ يوم و٧ يوم و ١٤ يوم) وهي موضحة في الاشكال(٢ و ٣ و ٤).



الشكل(٢) العلاقة بين الانفعال الطولي و لوغاريتم الاجهاد للتربة غير الملوثةو الملوثة بحامض كبريتيك ذي تركيز 10% و بنسبة خلط 25% مع أضافة محتوى مائي ولفترات أنضاج مختلفة،الكثافة الجافة= 1.4



الشكل (٣) العلاقة بين الانفعال الطولي و لوغاريتم الاجهاد للتربة غير الملوثة و الملوثة بحامض كبريتيك ذي تركيز 50% و بنسبة خلط 25% مع أضافة محتوى مائي ولفترات أنضاج مختلفة،الكثافة الجافة= 1.4 gm/cm^3



الشكل (٤) العلاقة بين الانفعال الطولي و لوغاريتم الاجهاد للتربة غير الملوثة و الملوثة بحامض كبريتيك ذي تركيز 98% و بنسبة خلط 25% مع أضافة محتوى مائي ولفترات أنضاج مختلفة،الكثافة الجافة= $1.4\ gm/cm^3$

تاثير حامض الكبريتيك على معاملات الانضمام

تم حساب مؤشر الانضغاط Cc ومؤشر الانتفاخ Cr من علاقات الاجهاد – نسبة الفراغات وكذلك تم حساب معامل الانضغاطية a_v , معامل التغير الحجمي m_v لمنسوب اجهاد بين 100 kPa و 200 kPa ولجميع فترات الانضاج المحددة .

والجدول 8 يمثل نتائج تلك الحسابات والقيم المناظرة لها في حالة التربة غير الملوثة.

الجدول (٨) قيم المعاملات المختلفة للتربة الملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة وبنسبة اضافة ٢٥% ولفترات انضاح مختلفة مع اضافة محتوىمائي متغير (الكثافة الجافة = ١,٤٠gm/ cm^3)

تركيز الحامض	نسبة الفراغات الابتدائية e_o	فترة الانضاج بالايام	Cc	Cr	a_v $m^2/kN*10^{-4}$	m_v $m^2/kN*10^{-4}$
٠	0.95	ـــــ	٠,٣٢	٠,٠٣٥	٤,٦٨	٢,٤
10%	0.90	٠	٠,٣٦	٠,٠٣١	٣,٩٤	٢,٠٧
		٣	٠,٣٢٣	٠,٠٣١	٦,٤٨	٣,٤١
		٧	٠,٣١	٠,٠٢٩	٦,٤٤	3.4
		١٤	٠,٣٠٤	٠,٠٣	٤,٥٦	٢,٤
50%	0.879	٠	٠,٢٨١	٠,٠٤	١,٣	٠,٧
		٣	٠,٣٤	٠,٠٣٦	٣	١,٦
		٧	٠,٣٢	٠,٠٢٨	١,٣٦	٠,٧٣
		١٤	٠,٢٤	٠,٠٢٨	٢,٣	١,٢٢
98%	٠,٨٢٥	٠	٠,٣٢	٠,٠٣	٤,٥٥	٢,٥
		٣	٠,٣١	٠,٠٢٨	٢	١,١
		٧	٠,٣١	٠,٠٢٦	٦,٦	٣,٦
		١٤	٠,٢٨	٠,٠٢٦	٤,٥١	٢,٥

و يلاحظ من الجدول 8 و **الاشكال (٢ و ٣ و ٤)** ان التغير الحاصل في قيم (Cc وCr) كان ضـــئيلا" و ان تلك القيم تميل للنقصان مع زيادة فترة الانضاج ، كما و ان تاثير التركيزعلى التغير في تلك القيم كان قليلا"

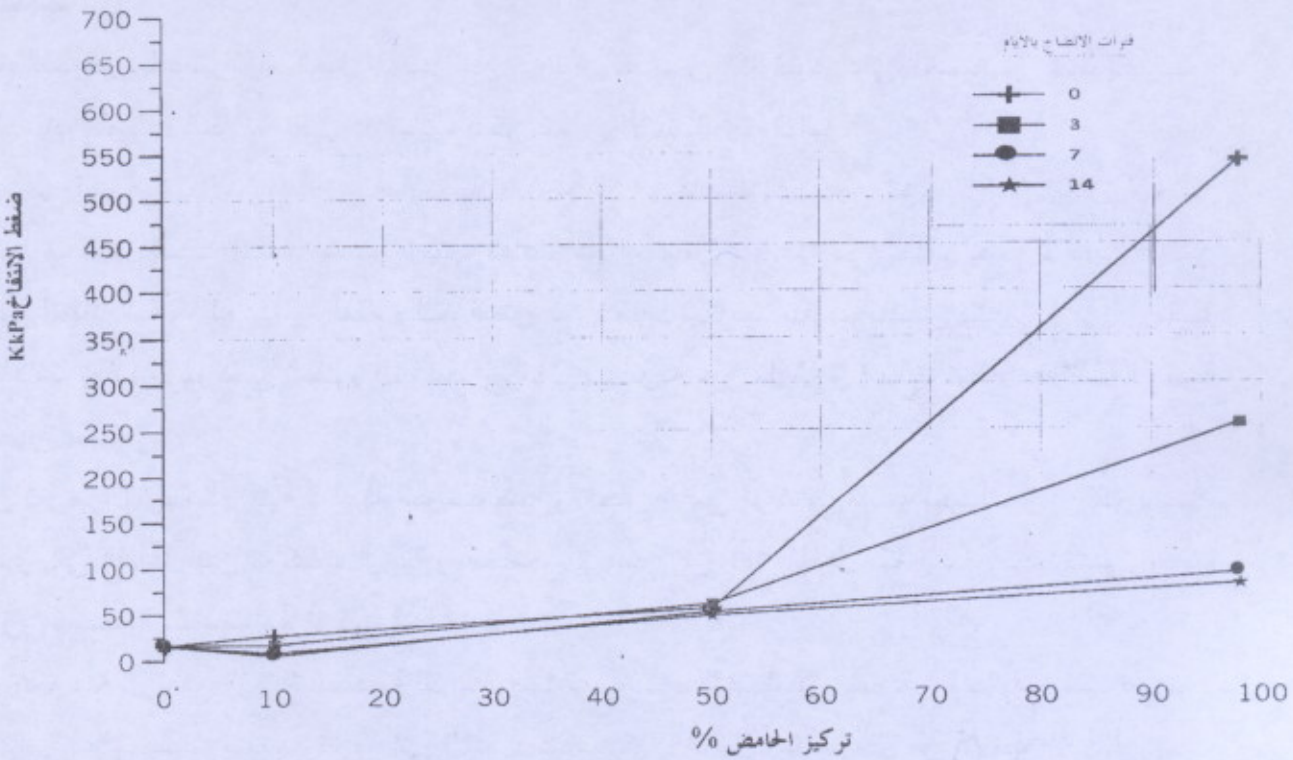
تاثير حامض الكبريتيك على ضغط الانتفاخ

تم حساب هذا الضغط من فحص الانضمام عند الضغط الذي يجعل الانفعال يساوي صفرا" للنماذج المغمورة لمدة ٤٨ ساعة بالماء قبل الفحص وقد سجل ضغط الانتفاخ ارتفاعا" كبيرا" مـــع زيـــادة تركيـــز الحـــامض وانخفاضا" مع زيادة فترة الانضاج كما يتضح من الجدول (٩) و الاشكال (٥ و ٦). و سبب هذا الضـــغط العالي هو أن التفاعل بين الحامض و مركبات

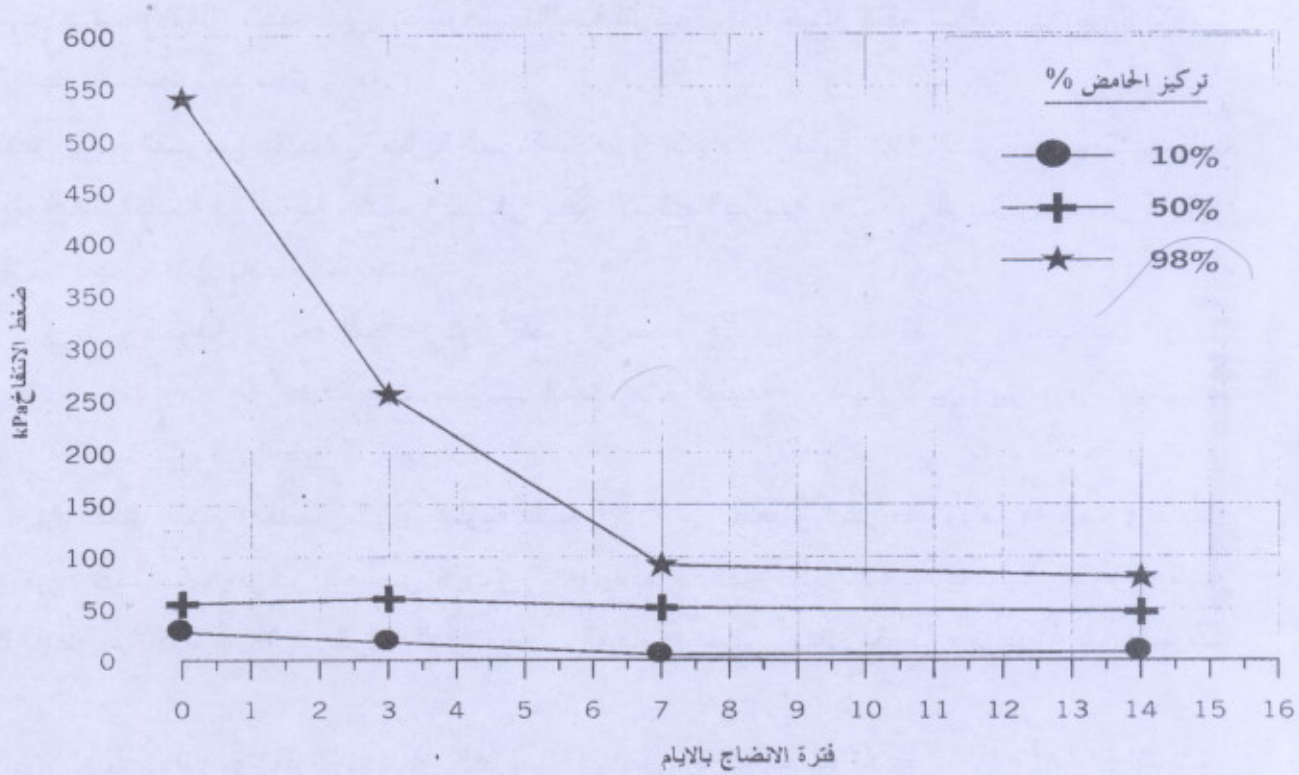
الكالسيوم في التربة ينتج الجبس ، ومعلوم أن حجم الجبس الناتج أكبر من حجم المواد المكونة له مما يسبب انتفاخ النموذج و تنامي هذا الضغط الانتفاخي . وكون الضغط يزداد مع زيادة التركيز ناتج عن كون أن نسبة الجبس الناتجة من التفاعل تتناسب طرديا"مع زيادة التركيز و بالتالي يزداد الحجم بشكل أكبر وكذلك فأن النموذج الملوث بحامض ذي تركيز قليل والمغمور بالماء سينتهي تفاعله بسرعة وبالتالي يتوقف الضغط الناتج من التفاعل والعكس عندما يكون التلوث بحامض ذي تركيز عال حيث ان استمرار غمرة بالماء طيلة فترة الفحص يجعل التفاعل متهيجا" لفترة اطول وبالتالي يستمر التفاعل فترة اطول ويؤدي الى زيادة ضغط الانتفاخ وبنفس الوقت فان زيادة فترة الانضاج تؤدي الى استهلاك الحامض نتيجة التفاعل مع مركبات التربة وتقل فعاليته وبالتالي يقل الضغط المتولد من التفاعل.

الجدول (٩) قيم ضغط الانتفاخ لتربة ملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفةولفترات انضاج مختلفة وبنسبة اضافة 25% مع اضافة محتوى مائي متغير (بكثافة موحدة قيمتها $1.4\ gm / cm^3$)

تركيز الحامض%	فترة الانضاج بالايام	ضغط الانتفاخ kPa
٠	----	١٦
10	٠	٢٧
	٣	١٧
	٧	٥
	١٤	٨
٥٠	٠	٥٥
	٣	٦٠
	٧	٥١
	١٤	٤٧
٩٨	٠	٥٤٠
	٣	٢٥٥
	٧	٩٢
	١٤	٨٠



الشكل (٥) العلاقة بين ضغط الانتفاخ و تركيز حامض الكبريتيك لتربة ملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة ولفترات أنضاج مختلفة مع اضافة محتوى مائى(الكثافة الجافة $1.4\ gm/cm^3$)



الشكل (٦) العلاقة بين ضغط الانتفاخ وفترات الانضاج لتربة ملوثة بحامض كبريتيك ذي تراكيز مختلفة مع اضافة محتوى مائى(الكثافة الجافة $1.4\ gm/cm^3$)

. الاستنتاجات:

من نتائج الفحوص المختبرية و العمل المنجز لدراسة تأثير حامض الكبريتيك على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الغرينية الطينية الحاوية على الكالسايت يمكن تدوين الاستنتاجات التالية :

١- ان اجراء فحص الانضمام بأستخدام جهاز الاودوميتر و بأستخدام الحجر المسامي الاعتيادي لايعطي نتائج صحيحة بسبب انسداد مساماته نتيجة تفاعله مع الحامض ، وعليه تم استبداله بقطع معدنية من مادة الحديد المقاوم للصدأ و المقاوم للحوامض بعد تثقيبها شعاعيا" بثقوب بأقطار بين ١ و١,٥ ملم وطلائها بمادة الايبوكسي المقاوم للحوامض واختبرت لتربة غير ملوثة و أعطت نتائج مقاربة لحالة الحجر المسامي.

٢- ان تعرض التربة الغرينية الطينية المرصوصة و الحاوية على مركبات كلسية لحامض الكبريتيك يؤدي الى التفاعل بين مركبات التربة و الحامض و ينتج عن هذا التفاعل تكون مادة جديدة هي الجبس و زيادة حجمية تتناسب مع تركيز الحامض.

٣- ان وجود حمل لمنع الزيادة الحجمية للتربة بعد تعرضها للحامض يؤدي الى تنامي ضغط انتفاخي عالي يسبب صعود التربة الى الاعلى عندما يكون الحمل المسلط اقل من ضغط الانتفاخ وبلغت قيمة ضغط الانتفاخ عند غمر التربة المرصوصة بحامض الكبريتيك ذي التركيز 98% بحدود 530 kPa . ان قيمة ضغط الانتفاخ تتزايد مع زيادة التركيز وتتناقص مع زيادة فترة الانضاج حيث انخفضت قيمة ضغط الانتفاخ بنسبة كبيرة خصوصا" بالنسبة لتركيز 98% حيث انخفضت بنسبة 85% للتربة الملوثة بالحامض مع محتوى مائي.

٤- تشير نتائج الفحوص الكيمياوية للتربة الملوثة بحامض الكبريتيك بنسبة 25% الى استهلاك معظم المركبات الكلسية في التربة وكذلك زيادة في نسبة الاملاح الكبريتية والاملاح الذائبة وانخفاض في قيمة الأس الهيدروجيني باتجاه الحامضية .

٥- تشير نتائج فحوص الاشعة السينية الى تناقص في مجموع نسب مكونات المعادن الطينية عند تلوثها بحامض الكبريتيك وزيادة في نسب مكونات المعادن غير الطينية (ومنها الجبس) وهذه الزيادة تتناسب طرديا مع الزيادة في تركيز الحامض.

٦- تزداد الكثافة الجافة العظمى للتربة الملوثة بنسبة 25% من حامض الكبريتيك وباضافة محتوى مائي متغير عندما يكون تركيز الحامض اقل من 10% بينما تتناقص تلك الكثافة عندما يكون تركيز الحامض 50% او 98% في الوقت الذي انخفض المحتوى المائي الأمثل مقارنة مع التربة غير الملوثة .

٧- الوزن النوعي للتربة الملوثة بحامض الكبريتيك انخفض مقارنة مع التربة غير الملوثة بشكل يتناسب عكسيا" مع تركيز الحامض بسبب تكون الجبس .

٨- سجلت قيم حد السيولة ومؤشر اللدونة للتربة الملوثة بحامض الكبريتيك ذي تركيز 10% وبنسبة 25% انخفاضا مما يدل على انخفاض في طاقة الانتفاخ بينما ازدادت تلك القيم للتربة الملوثة بحامض الكبريتيك ذي تراكيز 50% و 98% وبنفس النسبة مما يعكس زيادة في طاقتها الانتفاخية .

المصادر

Head , K.H. (1984) , Manual of Laboratory Testing , Pentech Press, London , vols. 1, 2 & 3.

Lukas , R. G. , and Gnaedinger , R. J. , (1972), Settlement Due to Chemical Attack of Soils, Proceedings of the Society Conference on Performance of Earth and Earth Supported Structures, Vol. 1, Part 2 , American Society of Civil Engineering , pp. 1087-1104 .

Mohammed , W. K., (1998), Concrete Footing on Limestone Foundations Subjected to Acidic Attack, M.Sc. thesis, Al-Nahrain University .

Slewa ,T.A., (1997), Assessment of the Effect of Sulphuric Acid Solution on Some Geotechnical Properties of Carbonate Rocks Using Ultrasonic Techniqe, M.Sc. Thesis University of Baghdad , College of Science, Department of Geological Science.

Sridharan , A., Nagaraj, T. S., and Sivapullaiah , P.V.,(1981), Heaving of Soil Due to Acid Contamination, ,Proceedings of the 10 th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering ,Stocholm ,Vol.2. PP.383-386.

المصادر العربية

السعدي ، كامل سعيد عبيد ، (٢٠٠٤)،تأثير حامض الكبريتيك على الخصائص الجيوتكنيكية لتربة من الغرين الطيني حاوية على الكالسايت، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية في جامعة بغداد.