



استخدام طاقة باطن الارض (مياه الابار) لاغراض التبريد في المعهد التقني / نجف (الجزء الاول)

منتظر عبودي محمد
المعهد الفني/النجف

ا.م.د. عبد الكاظم جعفر الياصري
المعهد التقني/النجف

Received: 9 / 4 / 2012

Accepted: 31 / 10 / 2013

الخلاصة

ان الاستخدام الصناعي للمياه الجوفية في العراق لاغراض تكييف البنايات لاتزال جدا محدودة الاستخدام، ولبيان اهمية هذا المصدر الطبيعي في باطن الارض اجريت دراسته تحضيريه وتجريبية لتوضيح فائدة هذه المياه في مجال التبريد وتمهيدا لتمويلها من قبل دائرة البحث والتطوير في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي لعمل منظومات اكبر. تركّز البحث على دراسته المياه الجوفية في المعهد التقني/نجف الواقع على منطقة بحر النجف جنوب العراق حيث تم دراسته الظروف المناخية كبداية شملت قياس درجات الحرارة في اوقات مختلفه من السنة. اظهرت النتائج امكانية الاستفادة من فروقات درجات الحرارة بين مياه البئر والتي تعد ثابتة على مدار العام وبين القاعات الدراسية المراد تبريدها، حيث تم استهداف قاعتين بهذا البحث احدهما تم وضع منظومة تبريد باستخدام مياه الابار والاخرى تم وضع اجهزة تكييف باستخدام طاقة الكهرباء حيث سيتم اخذ الفروقات في درجات الحرارة بين القاعتين اضافة الى استهلاك الطاقة. تم استخدام اسلوب نظري وعلمي لغرض تصميم المنظومة حيث تم حساب الحمل الحراري الاساسي للقاعة اضافة الى اجراء قياسات عملية لدرجات حرارة وسرعة جريان الماء والهواء .

USING OF GEOTHERMAL ENERGY (WELL WATER) FOR COOLING PURPOSE IN NAJAF TECHNICAL INSTITUTE (PART 1)

Asst. prof. Dr. Abdulkadhum J. K. AL-Yasiri
Head of Foundation of Technical Education
Dr.a.alyasiri@gmail.com

Asst. Prof. Montadher A. Muhammed
Najaf Technical Institute
Montadher.A.AL.Moussawi@student.shu.ac.uk

Abstract

The industrial using of wells water in Iraq for buildings air conditioning are unknown or limited. So to state the benefits of this natural source an experimental and theoretical study in this field was established in order to be funded by ministry of higher education to do larger cooling systems. The study concern on the ground water found in Najaf Institute which locate at Najaf sea south of Iraq. As a starting step the climate conditions was studied to determine the temperatures in a different periods of the year. The results proofed the benefits of temperature difference between the well water and the studying halls.

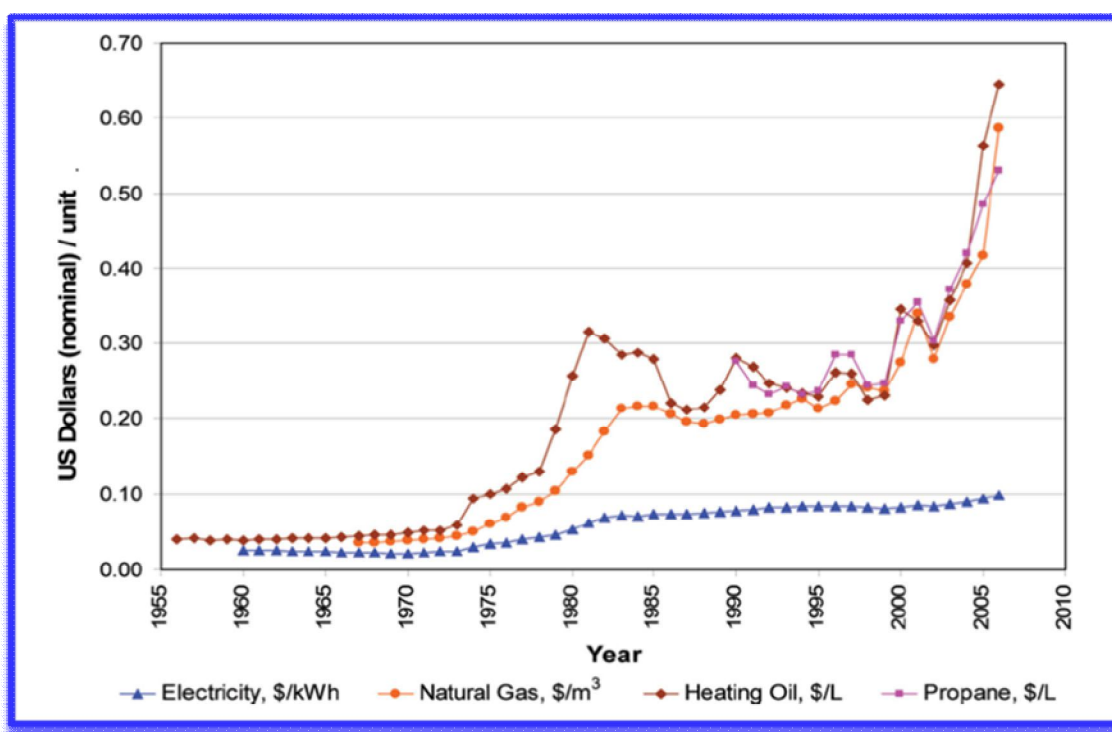
Two studying halls were chosen, one of them used an air conditioner (capacity 2 ton), the other used well water cooling system. The temperature difference between two halls were taken, as well as, the electricity consuming. A theoretical –experimental procedure was used to make design of cooling system. The heat load for the hall, temperatures and velocity of water and air were measured.

Keywords: Geothermal, Heat Load, Cooling, Water Well.

1. المقدمة

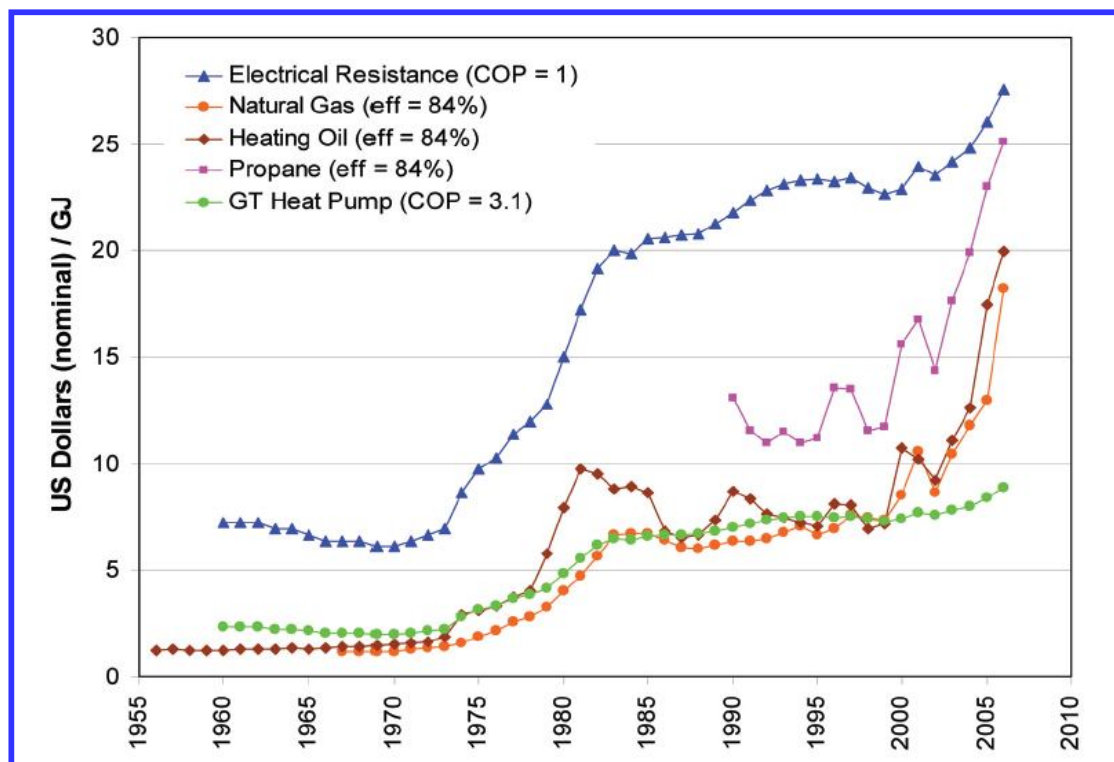
بدأت الاستفادة من طاقة باطن الأرض عام 1852 عندما طور اللورد كلفن هذا المفهوم, في عام 1940 استخدم روبرت ويبر مصدر طاقة باطن الأرض لغرض التدفئة وشاع بعدها استخدامه بصورة محدودة بين عامي 1960 - 1970 نتيجة لنقص التزود بالبترول مما دفع الكثير للبحث عن مصادر بديلة . (Lund et al. 2004). توجد اليوم في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا أكثر من 500,000 وحدة تبريد وتدفئة تستخدم طاقة باطن الأرض إضافة إلى 400,000 وحدة في أوروبا حيث زاد استخدام هذه الطاقة بمعدل زيادة 10% في السنوات العشر الماضية (Manitoba Budget Papers 2004). وقد زاد الاهتمام بهذا النوع من الطاقة بشكل كبير جدا في العام الحالي نتيجة الزيادة غير الطبيعية بسعر الغاز الطبيعي والنفط الخام.

يبين الشكل رقم 1 كلفة الطاقة الكهربائية، الغاز الطبيعي وغاز البروبان خلال الخمسين عاما الماضية في الولايات المتحدة وحدها. (George et al 2006)



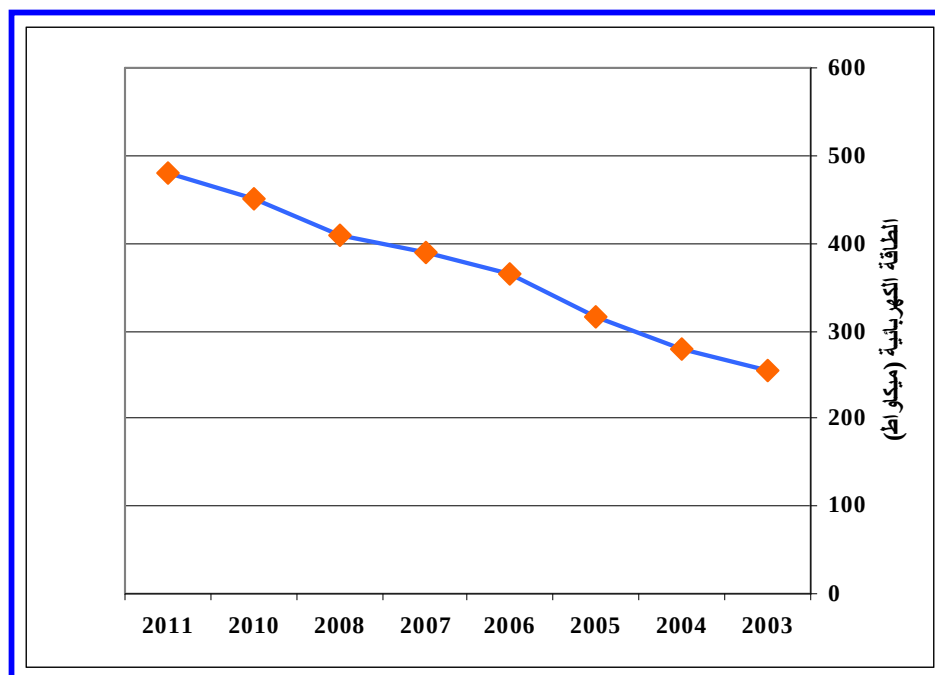
شكل رقم 1 يبين كلفة الطاقة الكهربائية، الغاز الطبيعي وغاز البروبان بالدولار خلال الخمسين عاما الماضية في الولايات المتحدة.

يبين الشكل رقم 2 مقارنة كلفة أنواع الطاقة المستخدمة (دولار لكل 10^9 جول) مع طاقة باطن الأرض (George et al 2006), حيث يبين الشكل ان تكلفة استخدام الزيت للتدفئة مقارنة بطاقة باطن الأرض للسنوات 1960-1970 تكون اقل تكلفة, بينما تبين السنوات 2000-2010 ان طاقة باطن الأرض هي الاقل تكلفة .



شكل رقم 2 يبين مقارنة تكلفة انواع الطاقة المستخدمة (دولار لكل 10^9 جول) خلال الخمسين عاما الماضية في الولايات المتحدة على فرض ان الكفاءة (COP) = 84% وهي مقدار الحرارة المتولدة مقسومة على مقدار الطاقة اللازمة لتشغيل طاقة باطن الارض). (COP) (coefficients of performance) تساوي 1-3

الشكل رقم 3 يبين تزايد استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة النجف الاشرف للسنوات 2003-2011 حيث يتبين لنا تضاعف الاستهلاك للطاقة الكهربائية من 255 ميكا للعام 2003 الى 480 ميكا للعام 2011. (بيانات دائرة توزيع كهرباء النجف).



شكل رقم 3 يبين تزايد استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة النجف الاشرف للسنوات 2011-2003.

ان فكرة الاستفادة من مياه الابار لغرض التبريد في المعهد التقني/النجف جاءت نتيجة اهمية هذا النوع من الطاقة البديلة ولاسباب منها المناخ الحار الذي تمتاز به المحافظة اضافة الى مشاكل الطاقة الكهربائية والميزة التي تتمتع بها هذه المياه بصغر المدى الذي تتغير فيه درجات حرارتها خلال السنة حيث ان الارض نوعا ما اكثر حرارة من الهواء الخارجي شتاء فتكون بذلك مصدرا للحرارة (Source) واكثر برودة منه صيفا فتكون خزانة للحرارة (Sink) وتكون هذه الدرجات sink/source اكثر قربا لدرجة حرارة الغرفة مقارنة بدرجة حرارة الهواء الخارجي.

ان استخدام المياه الجوفية في هذا البحث يجب ان لا يؤثر على الخزين الموجود في هذا المورد الحيوي في باطن الارض وهو مستخدم اساسا لاغراض السقي لذا فان جزءا منه لاغراض السقي والباقي يعود تلقائيا الى باطن الارض بعد مروره بمنظومة التبريد المقترحة, وان درجة الحرارة للماء الراجع ستعود الى معدلاتها الطبيعية بعد مرور الزمن.

قام فرغلي وزملائه (Fargally et al. 2010) بدراسة نظرية لغرض استخدام مياه الابار للتدفئة في مصر. حيث قام بتصميم منظومات تدفئة عن طريق وضع انواع محددة من الرادياترات اضافة الى مبادلات حرارية تستخدم سائلين مختلفين بدرجة الحرارة. حيث تم حساب الحمل الحراري الاساسي اضافة الى حمل ماء البئر. وقد بينت النتائج امكانية استخدام مياه الابار لغرض تدفئة البنايات.

درس جون اري (Jonn Are 2011) الاداء الحراري للرادياترات باستخدام طاقة باطن الارض, حيث قام بعمل تصاميم تعتمد على اسلوب حل عددي وقياسات تجريبية لاثبات فعالية التبادل الحراري.

قام فنلان وزملائه (Fenlan et al. 2008) بتصميم نظري لمنظومات تسخين للمباني والاستفادة من طاقة باطن الارض في مدينة تانجيان الصينية, حيث تم حساب الحمل الحراري الاساسي اضافة الى تصاميم نظرية للانابيب والمبادلات الحرارية. وقد ناقش الباحثين مستقبل طاقة باطن الارض للمدينة للسنوات العشر المقبلة.

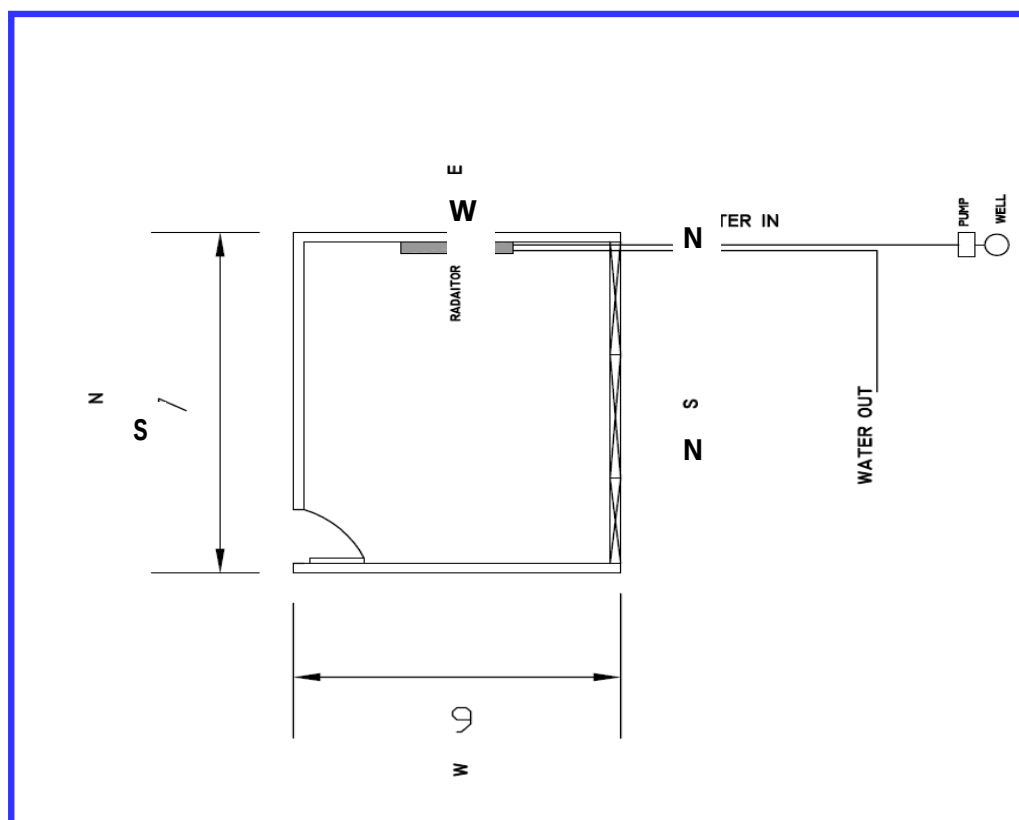
ان دراسة استخدام المياه الجوفية لأغراض التبريد في العراق هي ذات أهمية كبيرة في توفير الطاقة البديلة وعدم تلوث البيئة باستخدام هذه الطاقة النظيفة، ويؤمل ان تؤدي هذه الدراسة الى تسليط الضوء الكافي لتطوير استخدامات المياه الجوفية بالشكل الذي يؤدي الى المساعدة في إيجاد حلول للاستهلاك المتزايد للطاقة.

توجد لحد الان ثلاثة ابار في المعهد التقني النجف يبعد بعضها عن الآخر حوالي 1000 متر تستخدم حالياً للسقي فقط ومن المؤمل استخدام اثنان منها لغرض تبريد عدد من القاعات الدراسية.

في البحث الحالي تم استخدام أسلوب نظري وعملي لغرض تصميم منظومة تبريد تستخدم مياه الابار حيث تم حساب الحمل الحراري الاساسي لقاعة دراسية في المعهد التقني-النجف اضافة الى اجراء قياسات عملية لدرجات حرارة وسرعة جريان الماء والهواء .

2. التصميم النظري للحمل الحراري

ان ابعاد القاعة الدراسية 6×7، الاتجاهات وموقع نصب الراديتور والانابيب موضحة في الشكل 4:



الشكل رقم 4 يبين ابعاد القاعة الدراسية،الاتجاهات وموقع نصب الراديتور والانابيب.

1- حساب الحمل الحراري: قبل البدء بتصميم منظومة التبريد يجب حساب مقدار الحمل الحراري للقاعة الدراسية. ان حساب الحمل الحراري عادة ما يكون غاية في التعقيد بسبب المتغيرات والعوامل المتعددة (نوع مادة العزل للبناء، الحرارة المتولدة نتيجة الاضواء والاشخاص،.....الخ) ولكن في البحث الحالي تم التركيز على الاحمال الحرارية الاساسية، حيث يوجد



مصدران اساسيان لاكتساب الحرارة,النوع الاول الذي يكتسب مباشرة من الجدران,النوافذ,الابواب,الارضية والسقف. ولغرض اجراء الحسابات سوف نفرض بان الاكتساب من خلال الاسطح سيكون بمعدل منتظم. ان معدل الحرارة المكتسبة للاسطح (Q_s) يتم حسابها بضرب مساحة كل سطح على حدة (A_s) بفرق درجات الحرارة المصممة ومعامل انتقال الحرارة (U) (Fargally et al. 2010):

$$Q_s = A_s U (T_i - T_o) \quad \text{eq.(1)}$$

النوع الثاني من الحرارة المكتسبة هي المتسببة بواسطة جريان الهواء داخل القاعة والتغييرات الحاصلة في الهواء في كل ساعة ويمكن تعريفها على انها حجم الهواء داخل القاعة في ساعة واحدة مقسوما على الحجم الحقيقي للقاعة نفسها. ان هذا الهواء يحتاج لان يبرد عن طريق تبريد الفراغ المحيط وان الحرارة المطلوب ازالتها (Q_v) تحسب من حاصل ضرب حجم الغرفة C بنسبة تبديل الهواء (A_{ch}) والفرق في درجات الحرارة الداخلية والخارجية اضافة الى السعة الحرارية للهواء (HCA).

$$Q_v = C \times A_{ch} \times (T_i - T_o) \times HCA \quad \text{eq.(2)}$$

النوع الثالث هو الحمل الثانوي المتولد نتيجة تواجد الاشخاص داخل القاعة (10 اشخاص) = 300 كيلوجول/ساعة $\times 10 = 3000$ اضافة الى الحرارة المتولدة من الاضاءة (120 كيلوجول/ساعة $\times 5 = 600$)

2. تصميم المبادل الحراري

نظرا لنوع الماء المستخدم وكما في التحليل الكيميائي المبين في الجدول رقم 2 فان وجود الاملاح يحدد نوع المادة المستخدمة وان افضل نوعية تم الحصول عليها هي سبيكة من الالمنيوم والبراص كونها تعطي افضل مقاومة للتآكل وافضل توصيل حراري, حيث سيتم حساب مساحة التوصيل الحراري المطلوبة لانجاز عملية التبريد من المعادلة التالية:

$$Q = UA \Delta T_m C_f \quad \text{eq.(3)}$$

حيث

U- معامل انتقال الحرارة الكلي ($\text{kJ per hr.m}^2.^\circ\text{C}$)

A-المساحة (m^2), C_f معامل التصحيح لمعدل فرق متوسط الحرارة وتتراوح قيمته (1- 0.8) (Martin 2002)

ΔT_m معدل الفرق بين درجات الحرارة المتبادلة بين سطح الراديتور والهواء الملامس. ويتم حسابها من المعادلات 4,5 و6:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \left\{ \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right\}} \quad \text{eq.(4)}$$

$$\Delta t_1 = t_{out1} - t_{in2} \quad \text{eq.(5)}$$

$$\Delta t_2 = t_{in1} - t_{out2} \quad \text{eq.(6)}$$

يتم بعد اختيار الراديتور نظريا حساب كفاءته الفعلية عمليا عن طريق فرض سرعة الماء الداخل والخارج (1400 كغم/ساعة) من الراديتور اضافة الى فرض سرعة الهواء المار عبر الراديتور (4326 م³/ساعة) واخذ قياسات درجات حرارة الماء والهواء الداخلة والخارجة.

3. حساب الحمل الحراري للماء المار خلال الراديتور: ويعتمد على كمية وسرعة الماء المار خلال الراديتور الى المزروعات وسيتم الفرض بان سرعة الضخ ثابتة لمدة 12 ساعة, اضافة الى العزل الحراري للانابيب ابتداء من البئر الى الراديتور ولغرض الحفاظ على

ثبات درجة الحرارة فقد استخدمت انابيب معزولة بالصوف الزجاجي اضافة الى وضعها داخل خندق بعمق 70 سم لضمان عدم تعرضها للتلف والشمس كما في **الشكل 5**.



شكل رقم 5 يبين حفر خندق بعمق 70 سم لغرض مد الانابيب من البئر للقاعة.

ان الحمل الحراري المزال نتيجة دخول ماء البئر وخروجه يحسب من المعادلة:

$$Q = \dot{m}_w C_{p_w} \Delta T_w \dots\dots\dots \text{eq.(7)}$$

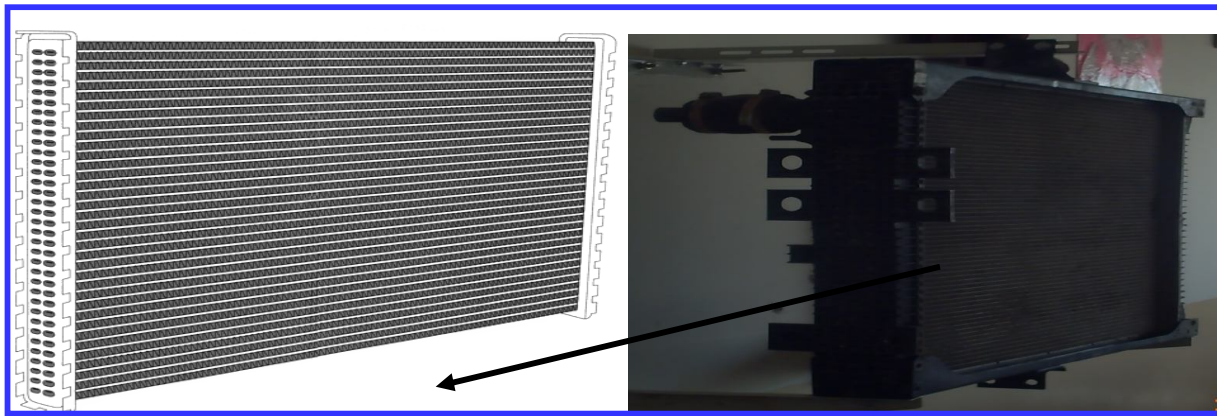
والحمل الحراري المكتسب نتيجة لفقدان الهواء الحرارة اثناء مروره خلال الراديتور يحسب من المعادلة:

$$\Delta T = T_{in} - T_{out} \dots\dots\dots \text{eq.(8)}$$

حيث ان ΔT في كلا المعادلتين تمثل الفرق بين درجات الحرارة الداخلة والخارجة للماء وللhواء على التوالي و كما ياتي:

3. المواد والاجهزة المستخدمة في الجانب العملي

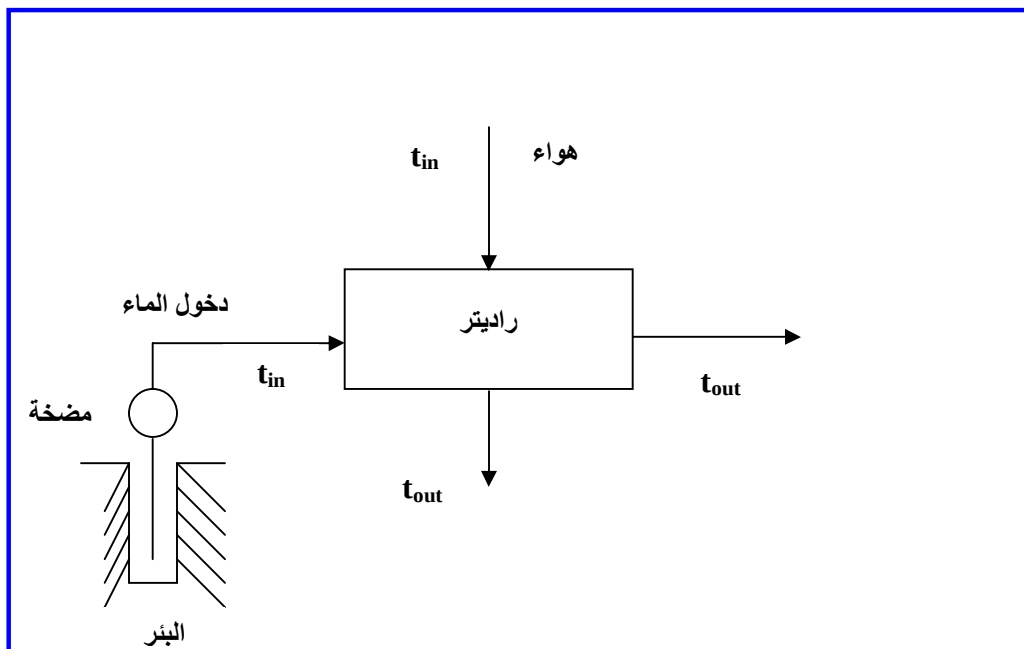
- 1- راديتور (سبيكة براس-المنيوم) (50%Cu, 10% Zn, 40% Al) وتم اختياره لاسباب منها مقاومة التاكل والاداء الحراري الجيد اضافة الى سهولة الصيانة وخفة الوزن. ان مواصفات الراديتور مبينة في **جدول 1**.



شكل 6 أ. صورة للراديتير بعد تثبيته داخل القاعة الدراسية ب. رسم تخطيطي للراديتير المقترح استخدامه في منظومة تبريد الابار.

جدول 1 يبين مواصفات الراديتير المستخدم لغرض التبريد باستخدام مياه الابار.

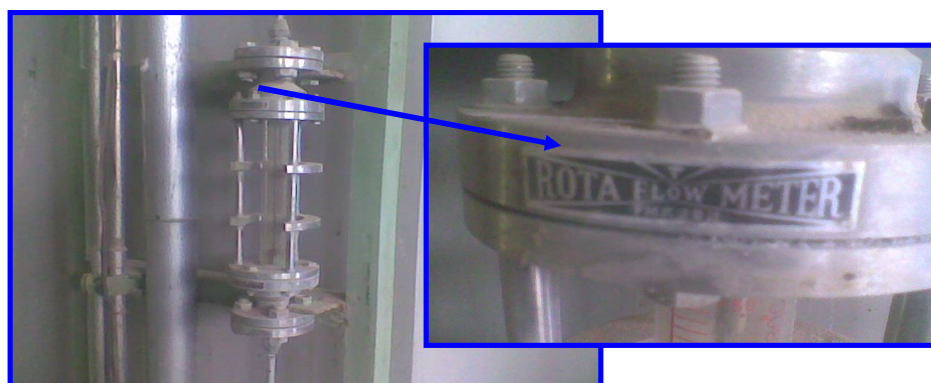
CP - 586.8 KJ/KG.C	السعة الحرارية
k - 292.22 W/m.C	معامل التوصيل الحراري للمعدن
2.84mm	قطر الانابيب الداخلية
$\rho=6274 \text{ Kg/m}^3$	الكثافة
1.5 mm/fin	كثافة الزعانف
(L x H x W) - 970mm x 750mm x 70mm 2 صف 35 انبوب لكل صف	ابعاد الراديتير
Nylon 6,6	مادة نهاية الانبوب



شكل 7 يبين المنظومة المقترحة للتبريد باستخدام ماء البئر.

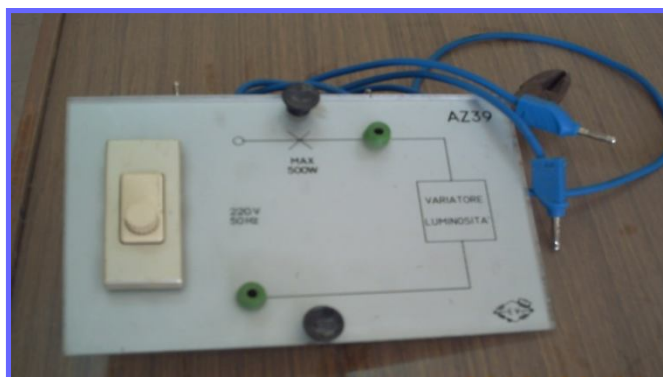
2- مقياس سرعة الجريان: يستخدم لقياس جريان الماء خلال الراديتر.

Rota meter (FM 5-40 L), $\mu=0.251$ GP 30 °C.



شكل 8 يبين مقياس سرعة الجريان لماء البئر.

3- جهاز التحكم بالفولتية
يستخدم لضبط سرعة المروحة AZ39, 500W



شكل 9 يبين جهاز التحكم بالفولتية.

4- جهاز قياس الامبيرية والفولتية
لقياس مقدار الطاقة الكهربائية المستخدمة لتشغيل المروحة. Digital Clavometer CE.

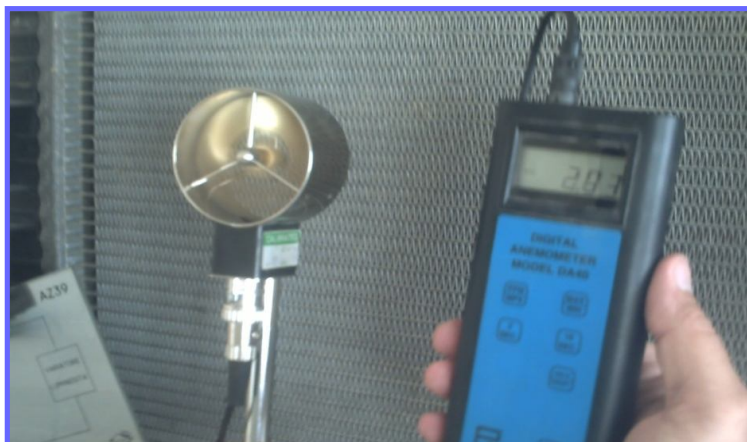


شكل 10 يبين جهاز قياس الامبيرية والفولتية.

5- جهاز قياس سرعة الهواء

يستخدم لقياس سرعة الهواء المار من المروحة عبر الراديتور.

Digital Anemo-Meter Model DA-40



شكل 11 يبين جهاز قياس سرعة الهواء.

6- جهاز قياس درجات الحرارة الخارجية والداخلية

لقياس درجة الحرارة داخل وخارج القاعة الدراسية اضافة الى درجات حرارة الماء الداخل والخارج من الراديتور.

Digital thermometer (K-Type)



شكل 12 يبين جهاز قياس درجات الحرارة الخارجية والداخلية (K-type)

7- انابيب حديدية وبلاستيكية باقطار مختلفة مع وصلات لغرض اوصول الماء الى الراديتور ومادة عازلة (الصوف الزجاجي) لغرض العزل الحراري.

ان التصميم المقترح لمنظومة التبريد يمكن تلخيصه بالخطوات التالية:

الخطوة 1: تحديد الحمل الحراري الكلي للقاعة باستخدام معادلة 1 و 2 اضافة الى الحمل الثانوي

الخطوة 2: اختيار الراديتور المناسب من جدول تجريبي سابق [Martin 2002]

الخطوة 3: تقدير كمية الماء المستهلك للمزروعات والمار خلال منظومة التبريد لتحديد حمل الماء البارد. ويتضمن اجراء حسابات عملية لقياس سرعة الماء والهواء ودرجات الحرارة الداخلة والخارجة وباستخدام المعادلات 7 و 8.

الخطوة 4: استخدام قيمة الحمل الحراري الكلي لحساب المساحة المطلوبة لغرض التبادل الحراري لنوع الراديتور المستخدم وباستخدام المعادلات 3, 4, 5 و 6.

الخطوة 5: اجراء مقارنة مع قاعة ثانية تستخدم اسلوب تبريد بالكهرباء (مكيف سعة 2 طن)

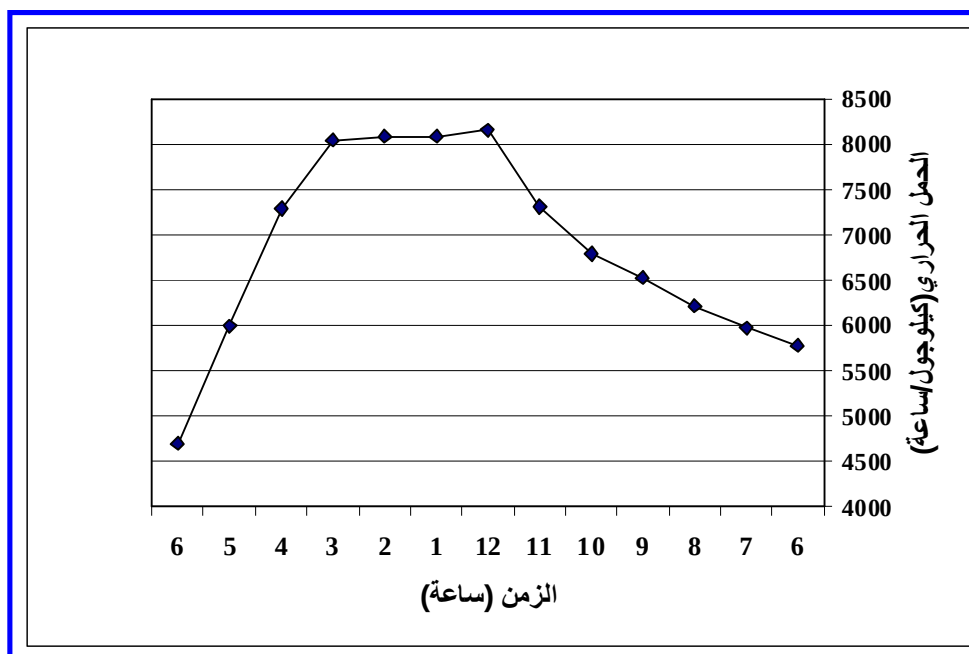
5- النتائج والمناقشة

تم قياس درجة حرارة البئر صيفا على سطح الارض في شهر آب اضافة الى قياس درجة حرارة المناخ حيث بينت النتائج ان مياه البئر على سطح الارض مناسبة للتبريد

معدل درجات حرارة ماء البئر (شهر آب) على عمق 75 متر = 20 درجة مئوية

معدل درجات حرارة الجو (شهر آب) 43 درجة مئوية وقد وصلت العام الماضي الى 55 درجة مئوية.

ان حساب معدل الحمل الحراري في فصل الصيف وخلال 12 ساعة (6 صباحا-6 مساء) مبين في الشكل 13.



الشكل 13 يبين معدل الحمل الحراري في فصل الصيف وخلال 12 ساعة (6 صباحا-6 مساء) .

تم اجراء تحليل كيميائي لهذه المياه (دائرة صحة النجف) (جدول رقم 2) وتبين منه ان نسبة الكبريتات مرتفعة تصل الى حوالي 47.91 ملغ/لتر مما تطلب اختيار معدن مناسب لا يتأثر بالكبريتات SO_3 اضافة الى وجود نسبة لا تتجاوز الـ 28.29 ملغ/لتر من املاح الكالسيوم. ان تأثير هذه الاملاح على منظومة التبريد قد تم تجاوزه باختيار المعدن المناسب .

جدول 2 يبين المحتويات الملحية لنموذج ماء الابار في المعهد التقني نجف.

المعدل (ملغ/لتر)							
PH	CL	Na+K	Mg	Ca	Pb	SO_4	HCO_3
7.8	31.75	47.95	10.78	28.29	12.34	47.91	1.67

اما نوع الراديتير المستخدم فقد تم تحديده في البداية اعتمادا على عمل سابق قام به باحثون في مجال الطاقة البديلة (Martin 2002) وكما مبين في الجدول 3.

جدول 3 يبين مدى الطاقة لوحدة المساحة للراديتير عند فرق درجات حرارة = 25 م° بين الهواء والماء (Martin 2002).

الراديتير		الأبعاد (ملم)		مدى الطاقة لوحدة المساحة $Kj/hr.m^2 \times 10^3$
النوع	الموديل	العمق	مدى الارتفاعات	
حديد صب (مفتوح)	عمود عدد 2	70	980-430	7.2-6.44
	عمود عدد 4	160	980-430	12.32-11.72
حديد صب (مسطح)	عمود عدد 2	71	980-430	8-7.88
	عمود عدد 4	161	980-430	14-13.8
سبيكة المنيوم براص	فتوح النهايات	75	970-630	26-25.56
	مغلق النهايات	160	435-285	23.16-22.96

حيث تم اختيار راديتير سبيكة براص المنيوم (مفتوح النهايات) في منظومة التبريد. ان حساب الحمل الحراري للقاعة قد تم باستخدام المعادلتين 1 و 2 وكما تبين النتائج في الجدول 3 و 4 على التوالي:

جدول 4 يبين حساب النوع الاول من الحمل الحراري الذي يكتسب مباشرة من الجدران

نوع الجدار	المساحة m^2	×	الفرق في درجة الحرارة $^{\circ}C$	×	قيمة U $Kj/hr.m^2.^{\circ}C$	=	الحرارة المكتسبة Kj/hr	المجموع Kj/hr
خارجي	14	×	12	×	3.164	=	531.552	
شبابيك	8.4	×	12	×	17.2	=	1733.76	
جدران داخلية	60.8	×	12	×	2.54	=	1850.136	
سقف	42	×	12	×	3.164	=	1594.656	
ارضية	42	×	12	×	1.24	=	624.96	6335.064

جدول 5 يبين حساب الحمل الحراري للنوع الثاني من الحرارة المكتسبة بواسطة جريان الهواء داخل القاعة والتغيرات الحاصلة في الهواء في كل ساعة

التغير في الهواء	×	حجم الغرفة m^3	×	الفرق في درجة الحرارة $^{\circ}C$	×	السعة الحرارية للhواء $Kj/hr.m^3.^{\circ}C$	=	الحرارة المكتسبة Kj/hr	المجموع Kj/hr
1	×	134.4	×	12	×	1.136	=	1832.1408	1832.1408

جدول 6 يبين الفرق في درجات الحرارة الداخلة والخارجة ($^{\circ}C$) للماء والهواء اثناء عملية التشغيل لمدة 8 ساعات

الساعة	درجة حرارة الماء الداخل	درجة حرارة الماء الخارج	درجة حرارة الهواء الداخل	درجة حرارة الهواء الخارج
1	20	22	35	27
2	20	22	36	27.5
3	20	22	36.5	28
4	20	22	36.5	28
5	20	22	37	28
6	20	22	37.5	28.5
7	20	22	38	29
8	20	22	38.5	29



الحمل الثانوي = الحمل المتولد نتيجة تواجد الاشخاص 3000 كيلوجول/ساعة + الحرارة المتولدة من الاضاءة 600 كيلوجول/ساعة = 3600 كيلوجول/ساعة
 المجموع الكلي للحمل الحراري = 6335.064 + 3600 + 1832.1408 = 11767.2048 كيلوجول/ساعة
 حساب الحمل الحراري المزال نتيجة دخول ماء البئر وخروجه من الراديتور لغرض ازالة الحمل الحراري الكلي:

$$Q = \dot{m}_w C_{p_w} \Delta T_w$$

 الحمل الحراري للماء = 1400 كغم/ساعة $\times$ 4.2 كيلوجول/كغم. م $\times$ 2^o م = 11760 كيلوجول/ساعة
 اما حساب السرعة الملائمة للهواء المار عبر الراديتور فتم حسب الحمل الحراري المطلوب ازالته وفقا للمعادلات:
 يتم حساب سرعة الهواء حسب المعادلة التالية [Kevin 2011]

$$v_c = 0.65 [g \ l \ dt / (273 + t_e)]^{1/2}$$

وسرعة جريان حجم الهواء من المعادلة التالية

$$m^0 = 0.019 [g (t_e - t_s) / (273 + t_e)]^{0.4} l^{1.2}$$

$$m^0 = m^3 ls \text{ سرعة جريان حجم الهواء}$$

(m/s) = v_c سرعة الهواء في مركز الجريان

$g = 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ التعجيل الارضي

$l = \text{(m)}$ المسافة الشاقولية من اسفل السطح

$dt = t_e - t_s$ فرق درجات الحرارة بين السطح ودرجة حرارة الغرفة

$t_s = \text{(}^o\text{C)}$ درجة حرارة سطح الراديتور

$t_e = \text{(}^o\text{C)}$ درجة حرارة الغرفة

سرعة حجم جريان الهواء المطلوبة = 4326 م³/ساعة
 الحمل الحراري للهواء = سرعة الهواء م³/ساعة $\times$ 1.136 كيلوجول/م³. م $\times$ 2^o م = 11767 كيلوجول/ساعة
 وعليه يمكن حساب المساحة المطلوبة لغرض التبادل الحراري لنوع الراديتور المستخدم ودرجة الحرارة المطلوبة وباستخدام المعادلات 3, 4, 5 و 6 كما في **الجدول رقم 6**.

جدول 6 يبين حساب المساحة المطلوبة لغرض التبادل الحراري.

نوع الغرفة	ابعاد القاعة (m ²)	درجة الحرارة المطلوبة للقاعة	الحمل الحراري المتوقع Kj/hr	الحمل الحراري المصمم للتبريد Kj/hr	مساحة الراديتور المطلوبة (m ²)	ابعاد الراديتور (mm)		
						الارتفاع	الطول	العمق
قاعة دراسية	42	29	11000	11050	2.96	90	1000	2960
قاعة دراسية	42	27	12500	12550	3.5	100	1200	2960

مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من التجربة اعلاه مع القاعة التي تستخدم مكيف سعة 1 طن مبينة في **الجدول** ادناه:



جدول 7 يبين مقارنة بين منظومة التبريد بالابار و مكيف سعة 1 طن

الاضرار بالبيئة	نوع التبريد	عمر الاجهزة التخميني	ساعات التشغيل	الكلفة بالدينار	سرعة الوصول الى درجة حرارة 29 °م	استهلاك الطاقة الكهربائية	
طاقة نظيفة	جاف	7 سنوات	8 ساعات	700 الف	2.15-2 ساعة	0.7 امبير	منظومة التبريد المقترحة
ضوضاء + مساهم في الاحتباس الحراري + ملوث للبيئة (غاز الفريون)	جاف	5 سنوات	8 ساعات	350 الف	55-45 دقيقة	8 امبير	مكيف سعة 1 طن

نلاحظ من **الجدول 6** ان منظومة التبريد المقترحة اقل استهلاكاً للطاقة اضافة الى كونها طاقة نظيفة على الرغم من ان سرعة الوصول لدرجة الحرارة المطلوبة يأخذ وقتاً أطول وكلفة أكثر.

6- الاستنتاجات والتوصيات

ان طاقة باطن الارض (مياه الابار) تمثل طاقة نظيفة لغرض تبريد المباني، حيث ان التصميم النظري للمبادل الحراري وحسابات الحمل الحراري والقياسات العملية لدرجات الحرارة وسرعة الجريان قد بينت كفاءة هذه الطاقة كطاقة مساعدة وليست بديلة وقد بينت النتائج امكانية استخدام منظومات تبريد اكبر لغرض الوصول الى درجات حرارية اوطأ. كما تم مناقشة محددات الاستخدام.

المصادر

1. **Cao Fenlan, Li Jun**, Design of Geothermal Heating System in Tianjin, China, Tianjin Geothermal Exploration and Development-designing Institute, No. 189 Weiguo Road, Hedong District, Tianjin 30050 organized by UNU-GTP, TBLRREM and TBGMED, in Tianjin, China, 11-18 May, 2008.
2. **H. M. Farghally, F. H. Fahmy, and M. A. H. EL-Sayed**, Geothermal Hot Water and Space Heating System in Egypt, European Association for the Development of Renewable Energies, Environment and Power Quality (EA4EPQ), International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPPQ'10), Granada (Spain), 23rd to 25th March, 2010.
3. **George R. Watzlaf and Terry E. Ackman**, "Underground Mine Water for Heating and Cooling using Geothermal Heat Pump Systems, Mine Water and the Environment "25: 1-14 © IMWA Springer-Verlag 2006.
4. **Lund JW**, Geothermal heat pumps – an overview. GHC Bull 22 (1): 1-2, (2001).
5. **P.L Martin and D.R Oughton, Faber & Jells**, "Heating and Air Conditioning of Buildings", Butterworth-Heinemann, England, 2002.



-
6. **Jonn Are Myhren**, Potential of Ventilation Radiators (Performance assessment by numerical, analytical and experimental investigations), Doct Thesis, Hani nge- St ockhol m, S widen, April 2011.
 7. **Kevin Woods** , Alfonso Ortega The thermal response of an infinite line of open loop wells for ground coupled heat pump systems, International Journal of Heat and Mass Transfer Volume 54, Issues 25–26, December 2011, Pages 5574–5587.



تحسين الخواص الجيوتكنيكية للتربة الإنتفاخية بإستعمال الاسمنت

المدرس علاء داود سلمان المرشدي

كلية الهندسة/ جامعة بغداد

Received: 25/ 12 / 2013

Accepted: 13 / 10 / 2013

الخلاصة

التربة الإنتفاخية هي نوع من التربة التي لها قابلية الإنتفاخ بسبب تشبعها بالماء ويعود ذلك إلى نوع المعادن الطينية المكونة لها حيث يزداد حجم التربة بشكل كبير مسبباً أضراراً كبيرة للمنشآت المستندة فوقها (ظهور العديد من المشاكل المتمثلة بالتصدعات والتشققات في المباني وكذلك حدوث ارتفاعات وتواءات كبيرة في الأرصفة والطرق المشيدة على هذه التربة) وتنتشر التربة المنتفخة في أنحاء متعددة من العالم، وتنتشر هذه التربة في مناطق عديدة من العراق. ونتيجة لهذه المشاكل والأضرار الكبيرة التي تحدث في المنشآت المقامة عليها لذلك فمن الضروري دراسة خواص هذه التربة وكيفية معالجتها. وفي هذا البحث تم معالجة التربة الإنتفاخية بإستخدام الاسمنت (لقد اعتمدنا أسلوب المزج حيث تم مزج المادة المضافة بنسبة 8% مع التربة الإنتفاخية). ومن أجل معرفة كون المادة مناسبة في تحسين خواص التربة تم إجراء مجموعة من الفحوص والتي تتمثل بحدود أتربرك (القوام) والوزن النوعي وفحص القص المباشر ونسبة الإنتفاخ ومقدار ضغط الإنتفاخ. لقد بينت الفحوص التي أجريت على النماذج المأخوذة من تربة أبو غريب إن حدود أتربرك تقل بعد إضافة الاسمنت إلى التربة، عند محتوى الرطوبة الامثل فإن الكثافة العظمى تزداد مع زيادة نسبة الاسمنت المضافة للتربة وعند إضافة الاسمنت إلى التربة وإجراء فحص القص المباشر نلاحظ زيادة ملحوظة في مقدار قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة حيث يزداد كل من قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة بزيادة نسبة الاسمنت، أما عن نسبة الإنتفاخ فإنها تقل مع زيادة الاسمنت المضاف إلى التربة وضغط الإنتفاخ يقل أيضاً إلى النصف تقريباً.

IMPROVEMENT OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF EXPANSIVE SOILS USING CEMENT

lecturer Alaa Dawood Salman

College of Engineering/University of Baghdad

Alaa _Dawood77@yahoo.com

Abstract

Expansive soils are distributed in many regions in world. (including Iraq), particularly in semiarid regions with alternating wet and dry seasons. Therefore, it is necessary to study the geotechnical properties of such soils due to the possible large damage of structures founded and constructed on this soil. The soil used in this research is from Abu-Ghreib site.

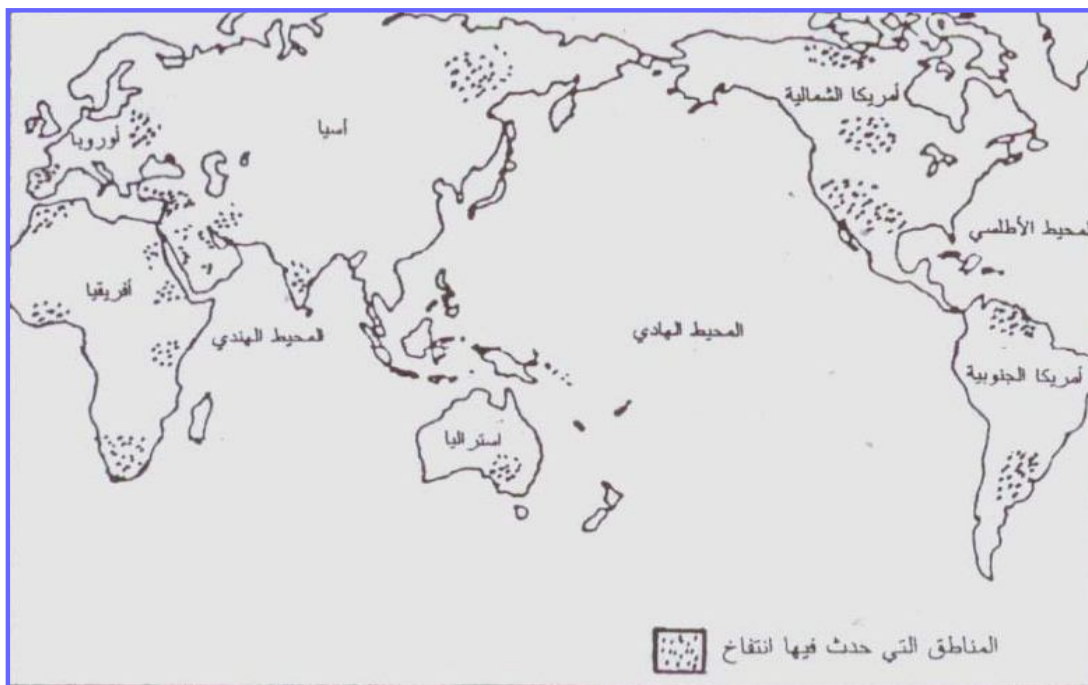
This paper reports the outcome of an investigation into the effect of cement on geotechnical properties of expansive soil, to ascertain its suitability for use as a modifier or stabilizer in the treatment of the soil. Classification, consistency indices, specific gravity, compaction, direct shear, and swell percentage and swell pressure tests, were conducted on specimens of expansive soil. Results of tests showed that the soil was a CH soil, according to the USCS classification system. Liquid limit, plastic limit and plasticity index are reduced by adding 8% of cement, at optimum moisture content the maximum dry density value increase with increase the percentage of cement adding to the expansive soil and conducting direct shear test, an obvious increase is noticed in the amounts of cohesion (C) and internal friction angle (ϕ). While swell percentage decreases by adding cement and while the swell pressure decreases to the half of its original values.

Keywords: Expensive Soil, Cement, Internal Friction Angle, Cohesion

المقدمة

التربة القابلة للانتفاخ هي التربة التي يتغير حجمها نتيجة تغير المحتوى المائي لها حيث يزداد حجمها وتنتفخ عندما تمتص الماء وينقص حجمها ويتقلص عندما تجف , إن تغير الحجم يؤدي إلى تشوهات في التربة تكون على شكل هبوط يسبب إنكماش التربة نتيجة جفافها أو على شكل إنتفاخ نتيجة امتصاصها للماء وزيادة رطوبتها وانتفاخ التربة يؤدي إلى تصدعات وانهدارات إنشائية تتضمن انتفاخ في الأرصفة وتشققات في الجدران والجسور الأرضية المسلحة وتشوهات في البلاطات الأرضية وهياكل الأبواب, وقد تكون هذه التشوهات خفيفة أو متوسطة أو كبيرة حسب مقدار الانتفاخ (Das 2004, Lew2010).

وتنتشر التربة الإنتفاخية في مختلف أنحاء العالم حيث تنحصر في المناطق شبه القارية (الجافة) وتكثر التربة الإنتفاخية في المناطق التي تزيد كمية التبخر السنوية عن كمية هطول الأمطار. ويبين الشكل 1 توزيع التربة الإنتفاخية في العالم. ولم يتم التعرف على مشاكل التربة الإنتفاخية حتى عام 1930 حيث اعتبرت التربة الإنتفاخية السبب الرئيسي لانهدار أساسات احد المباني في ولاية أوريجون في الولايات المتحدة الأمريكية , ومنذ ذلك الحين كانت التربة الإنتفاخية مثار اهتمام العديد من المختصين حيث عقدت الندوات والمؤتمرات لدراساتها كما كتبت العديد من الكتب والتقارير حولها , وتعتبر التربة الإنتفاخية السبب الرئيسي لمعظم الأضرار التي تصيب المنشآت والطرق المقامة عليها والتي قد تصل قيمتها إلى مليارات الدولارات سنوياً. وقد قدرت الخسائر الناجمة عن تصدعات وانهدار المباني والطرق المقامة على التربة الإنتفاخية في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1985 بحوالي (10 مليار دولار) حيث أنفق نصف هذه الأموال على إصلاح وصيانة الطرق وحدها. وتعرض المباني الخفيفة والجدران والأرصفة للضرر أكثر من المنشآت الضخمة الثقيلة الوزن (Lew2010, McKeen1992).



الشكل 1 يبين توزيع مناطق وجود التربة الإنتفاخية في العالم (Donalson1969) [5]



الدراسات السابقة:

1- قام الباحث حسن (2011) [13] بدراسة تأثير غبار الاسمنت على خواص التربة الانتفاخية. من اجل التحقق من كون المادة مناسبة في التثبيت والمعالجة إجريت التجارب المختبرية من تصنيف التربة ,حدود الدونة ,الوزن النوعي ,تجربة الرص , فحص القص المباشر وكذلك تجربة نسبة الانتفاخ وضغط الانتفاخ .حيث بينت النتائج ان مقدار التماسك يزداد مع زيادة نسبة غبار الاسمنت الى 15% وتزداد زاوية الاحتكاك الداخلي مع زيادة نسبة الاسمنت وان نسبة الانتفاخ تقل مع زيادة نسبة غبار الاسمنت من 32% الى 48% عندما تكون نسبة غبار الإسمنت 20%. ضغط الانتفاخ يقل مع زيادة نسبة غبار الاسمنت من (620 كن/م²) الى (370 كن/م²).

2- قام الباحث علوش (2004) [14] بمعالجة نوعين مختلفين من الترب المنتفخة تم أخذهما من موقعين مختلفين ودراسة تأثير إضافة الكلس على خواص هذه الترب. وقد تم اختيار نوعي التربة بحيث كانت احدهما ذات قدرة ضعيفة على الانتفاخ في حين كانت التربة الثانية تمتاز بقدرتها العالية على الانتفاخ, وقد وجد من خلال الدراسة أنه باستخدام نسبة كلس صغيرة (2%) تم إيقاف الانتفاخ بشكل نهائي لكلا النوعين, كما لوحظ انخفاض في قيم حد السيولة ودليل اللدونة بزيادة نسب الكلس المضافة في حين كانت مقاومة القص والضغط الحر تزداد بزيادة نسبة الكلس المضافة حتى تصل لقيمة أعظمية (عند النسبة 6%) ثم تبدأ بعدها بالانخفاض, وقد وجد أن نسبة الكلس المضافة ترتبط بشكل كبير بمحتوى التربة من الغضار وبالتركيب الكيميائي للتربة (نوع المعدن ,وجود المادة العضوية ,وجود الجبس) وأنه يجب أن يراعى عند تثبيت الترب المنتفخة اختيار النسبة من الكلس التي تحقق مقاومة أعظمية ومعالجة نهائية للانتفاخ بما يضمن الحصول على مادة ترابية جيدة لأغراض الإنشاء.

3- قام الباحث نورية (2003) [15] بطريقة أكثر جدوى في تحضير تربة التأسيس الغضارية المنتفخة من خلال إظهار تأثير خلط التربة الغضارية المنتفخة بالإسمنت على خصائصها, حيث أظهر التأثير الإيجابي لخلط التربة بالإسمنت في تخفيض انتفاخ التربة و التقليل من ضغط الانتفاخ ومن ثمّ تقليل أو انعدام نهوض الأساس المقام عليها, إضافة لرفع قدرة تحمل التربة من خلال التحسن في مواصفات القص للتربة المعالجة بالإسمنت واقتراح النسبة المثالية من الإسمنت لمعالجة مشكلة الانتفاخ في التربة .

العوامل المؤثرة في مقدار الانتفاخ

1- العوامل الداخلية

ويقصد بها خواص التربة الهندسية وتشمل محتوى الماء الطبيعي والكثافة الجافة ومحتوى الطين , والتركيب المعدني للتربة, ونوع معادن الطين, وحدود أتربرج (حد السيولة وحد اللدونة) ونفاذية التربة حيث إن التربة الجافة تمتص أكثر من التربة الرطبة وبالتالي تنتفخ أكثر وكلما زادت الكثافة الجافة الأولية للتربة زاد الانتفاخ عند تعرضها للماء, والتربة الحاوية على معدن المونتموريلونايت تنتفخ أكثر من التربة الحاوية على معادن الكالونايت والألايت وذلك لضعف الترابط بين جزيئات معدن المونتموريلونايت حيث يتمكن الماء من الدخول بينها ويتسبب في تباعدها وبالتالي زيادة حجمها وانتفاخها (Lucian 2006) .

2- العوامل الخارجية

وتشمل العوامل الحقلية والعوامل المختبرية حيث تشمل العوامل الحقلية الأحوال المناخية (الرطوبة والحرارة) وسمك الطبقة القابلة للانتفاخ , والعمق التي توجد عليه, ونوعية المباني, ومدة تطبيق الأحمال على التربة , وتاريخ التربة وما تعرضت إليه في الماضي من رطوبة وجفاف وأحمال ومنسوب المياه الجوفية . ومن العوامل المؤثرة على مقدار الانتفاخ المقاس في المختبر طريقة الرص ونوعية العينات (مقلقلة أو غير مقلقلة), حجم العينة حيث انه كلما زادت تقلبات المناخ من رطوبة وجفاف كبيرة كلما زادت قابلية التربة للانتفاخ وكلما زاد سمك طبقة التربة القابلة للانتفاخ وقربها من منطقة الأساس للمباني كلما زاد خطر احتمال الانتفاخ وتعتبر المياه الجوفية مصدراً للرطوبة وامتصاص الماء. وكلما زادت قلقة عينات التربة زاد مقدار الانتفاخ المقاس في المختبر (Lucian 2006) .

تصنيف التربة القابلة للانتفاخ :

هناك العديد من الطرق المستخدمة في تصنيف مدى قابلية التربة للانتفاخ حيث يعتمد التصنيف بشكل أساسي على خواص التربة الجيوتكنيكية (حدود أتربرك, معيار اللدونة, محتوى الطين, محتوى الماء الطبيعي) في معظم طرق التصنيف وتم إضافة قيم ضغط الامتصاص للتربة في الطرق الحديثة كأحد العوامل لتصنيف قابلية التربة للانتفاخ.

1- طريقة (Chen 1988)

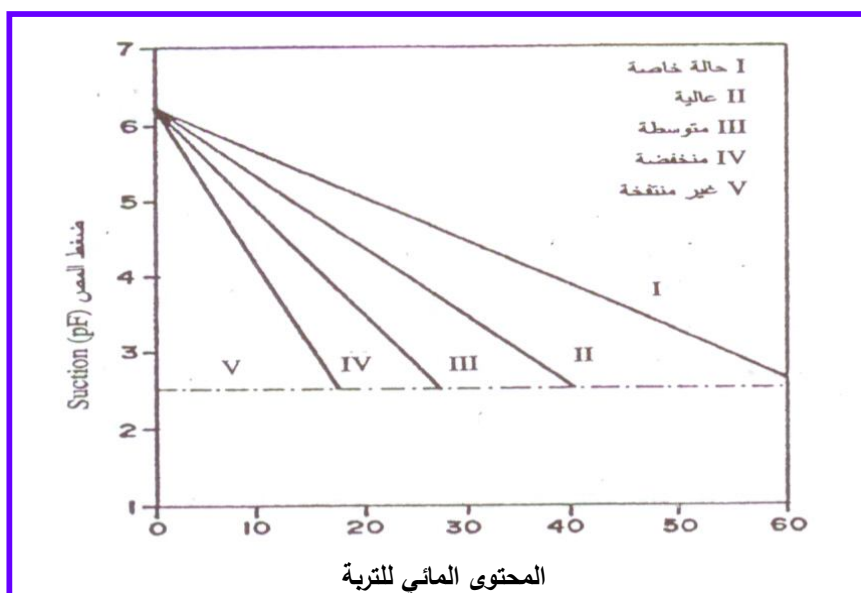
تصنف التربة بهذه الطريقة بالاعتماد على مؤشر اللدونة فقط وتصنف قابلية التربة للانتفاخ إلى منخفضة ومتوسطة وعالية وعالية جداً كما موضح في جدول رقم 1.

جدول 1 تصنيف التربة الانتفاخية (Chen 1988)^[3]

مؤشر اللدونة (PI)	تصنيف قابلية الانتفاخ
10 أو أقل	منخفضة
بين 10 و 35	متوسطة
بين 35 و 55	عالية
أكبر من 55	عالية جداً

2- طريقة (McKeen 1992)

يتم تصنيف التربة بهذه الطريقة على أساس المحتوى المائي بالإضافة إلى ضغط الامتصاص للتربة كما هو موضح في الشكل 2.



الشكل 2 يبين تصنيف التربة الانتفاخية (McKeen 1992)^[11]



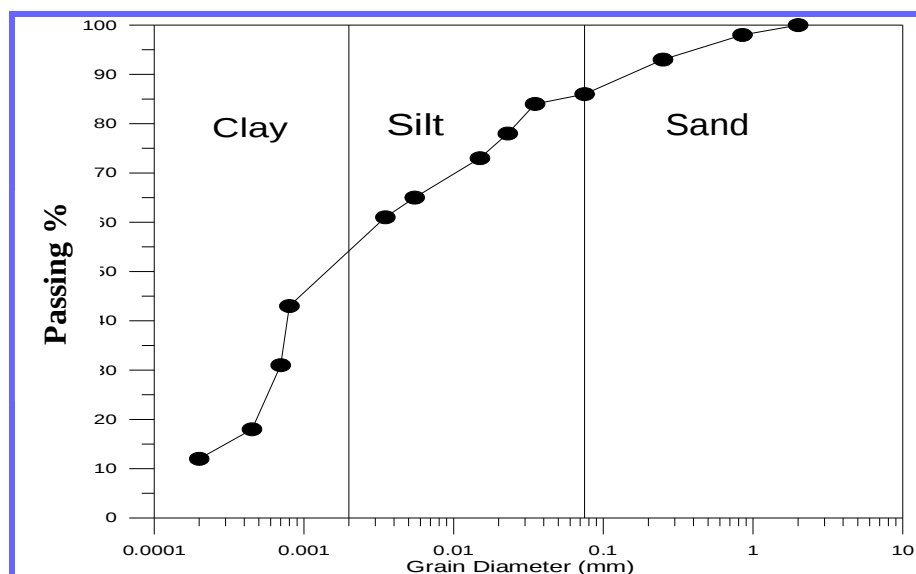
الخصائص الفيزيائية للتربة (Physical Properties of Soil)

1- الخصائص الدالة للتربة والتي تشمل الخصائص الحبيبية وتتعلق بخصائص الحبيبات التي تتشكل منها التربة بشكل منفصل، دون الربط بينها وبين الشكل الذي هي عليه في التركيب الطبيعي للتربة. ولذا فمن السهل دراسة الخصائص الحبيبية لأية عينة من التربة، سليمة كانت أم مخلخلة. وتدرس الخصائص الحبيبية للتربة عادة من خلال التدرج الحبيبي (**Particle size distribution**) باستعمال مناخل قياسية (**Standard sieves**) أو بالتحليل الحجمي بالهيدروميتر (**Hydrometer analysis**) للحبيبات ذات القياسات الناعمة من الطمي (**Silt**) والطين (**Clay**)، وهما الطريقتان الأكثر شيوعاً لهذا الغرض.

2- خصائص القوام (**Consistency properties**) وتعتبر عنها الحدود المعروفة بحدود أتربرك (**Atterberg's limits**)، وهذه الحدود هي :

- حد السيولة (**Liquid Limit - LL**) وهو محتوى الرطوبة الذي تتحول عنده التربة من حالة اللدونة إلى حالة السيولة.
- حد اللدونة (**Plastic Limit - PL**) وهو محتوى الرطوبة الذي تفقد به التربة خاصية اللدونة وتكون بحالة جافة نسبياً لا تسمح بتشكيلها إلى خيوط.
- دليل اللدونة (**Plasticity Index - PI**) وهو الفرق العددي بين قيمتي حد السيولة وحد اللدونة للتربة (**Bowles 1981**, **Head 1984**).

بالإضافة إلى فحوص الوزن النوعي والكثافة الجافة للتربة المستعملة في البحث ويبين الجدول 2 أهم الفحوص الفيزيائية للتربة ويوضح الشكل 3 التدرج الحبيبي للتربة المستعملة ويمكننا ان نصنف التربة على انها متوسطة بالنسبة الى قابليتها على الانتفاخ بالاعتماد مؤشر اللدونة (28) حسب الجدول 1.



الشكل 3 يبين التدرج الحبيبي للتربة المستعملة.

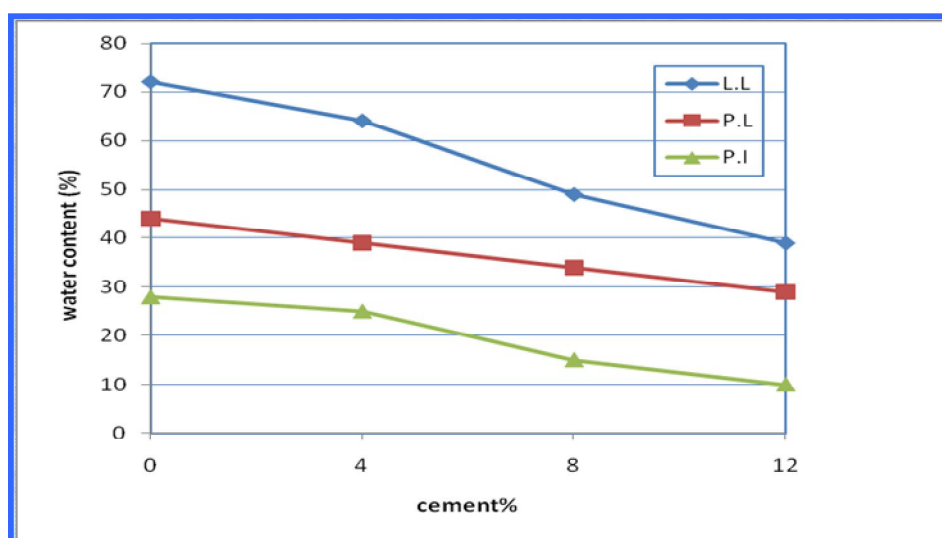
جدول 2 الخواص الفيزيائية للتربة المستعملة

الموصفة	القيمة	الخاصية
[Head, K.H. 1984] BS1377:1975 test No.1, A	16	(الكثافة الجافة) kN/m^3
[Head, K.H. 1984] A BS1377:1975 test No.2, A	72	(L.L %) حد السيولة
[Head, K.H. 1984] A BS1377:1975 test No.3, A	44	(P.L %) حد اللدونة
	28	(P.I) مؤشر اللدونة
[Head, K.H. 1984] USCS A	14	نسبة الرمل %
	32	نسبة الغرين %
	54	نسبة الطين %
	CH	التصنيف
[Head, K.H. 1984] BS1377:1975 test No.6B A	2.66	الوزن النوعي

النتائج والمناقشة

فحص حدود القوام (Consistency Limits Test)

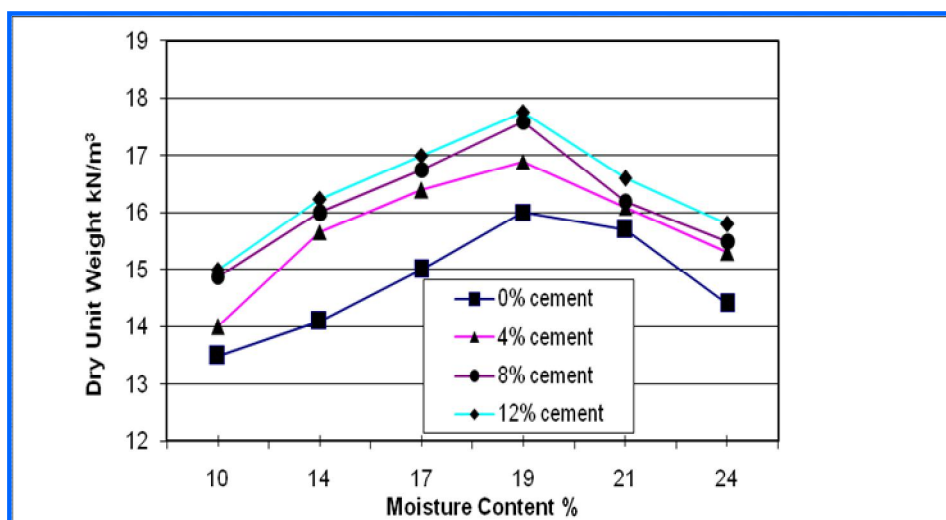
يبين الشكل 4 العلاقة بين نسبة الاسمنت كمادة مضافة وحدود السيولة واللدونة ومؤشر اللدونة حيث يبين الشكل مقدار الانخفاض في قيم حدود السيولة واللدونة بزيادة نسبة الاسمنت وان قيمة مؤشر اللدونة ستنخفض أيضاً، ويمكن تفسير ذلك ان مادة الاسمنت هي مادة ناعمة الدقائق وعند إضافتها إلى التربة تشغل الفجوات الموجودة بين جزيئات التربة المنفخة والتي تكون مشغولة بالماء قبل الإضافة وبذلك تعمل على تقليل نسبة الماء الموجود في التربة. إن إنخفاض حدود القوام للتربة من المؤشرات الجيدة للتربة المستخدمة كطبقة أساس في الطرق و المطارات، حيث إن مقاومة القص للتربة تزداد عند نقصان حدود القوام .



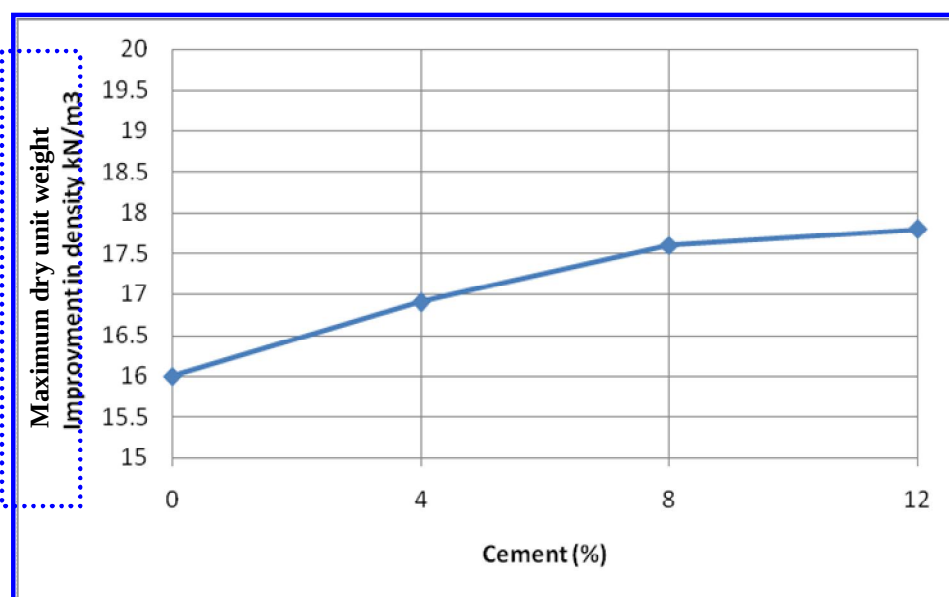
الشكل 4 يبين العلاقة بين نسبة الاسمنت وحدود السيولة واللدونة ومؤشر اللدونة.

فحص الرص (Compaction Test)

بعد إن تم إجراء فحص رص التربة ومن خلال **الشكل 5** الذي يوضح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة لتربة بدون إضافة مع الترب المخلوطة بنسب الإضافات المبينة. وبعد إضافة الاسمنت الى التربة وجد أن هناك زيادة في الكثافة الجافة العظمى بزيادة نسبة المادة المضافة ويمكن تعليل سبب الزيادة في قيمة الكثافة الجافة أن الاسمنت سوف يعمل على ملء الفراغات الهوائية الموجودة بين جزيئات التربة وبذلك سوف يعمل على زيادة كثافة الخليط وبنفس الوقت فإن هذه حبيبات التربة سوف تحتاج كمية ماء إضافية لغرض ترطيب سطحها للحصول على رص أفضل. ويبين **الشكل 6** العلاقة بين نسبة الاسمنت وقيمة الكثافة الجافة العظمى والذي يوضح مقدار التحسن الذي طرأ على مقدار الكثافة الجافة العظمى .



الشكل 5 يبين العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة العظمى لنسب إضافات مختلفة.

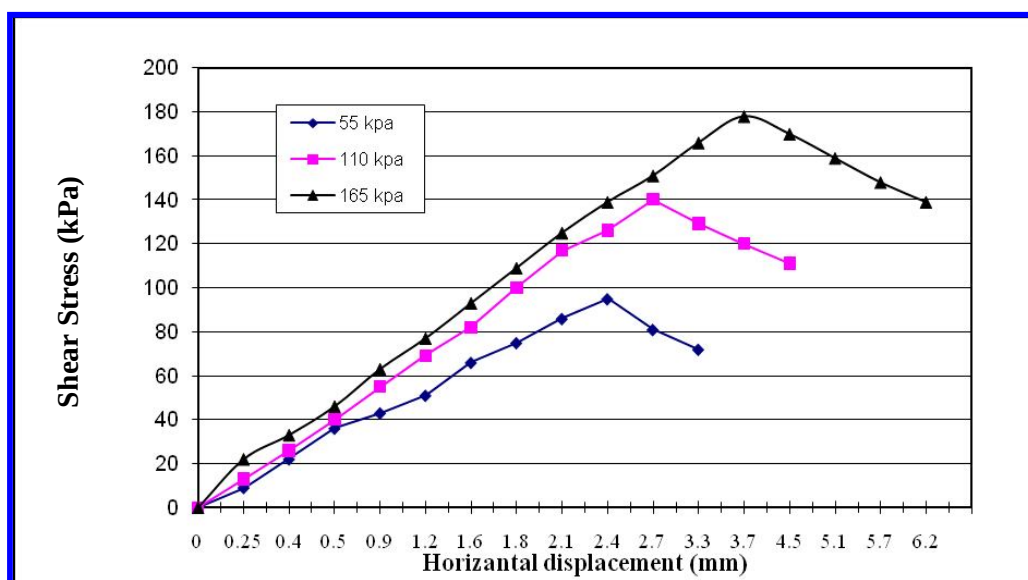


الشكل 6 يبين العلاقة بين نسبة الاسمنت وقيمة الكثافة الجافة العظمى .

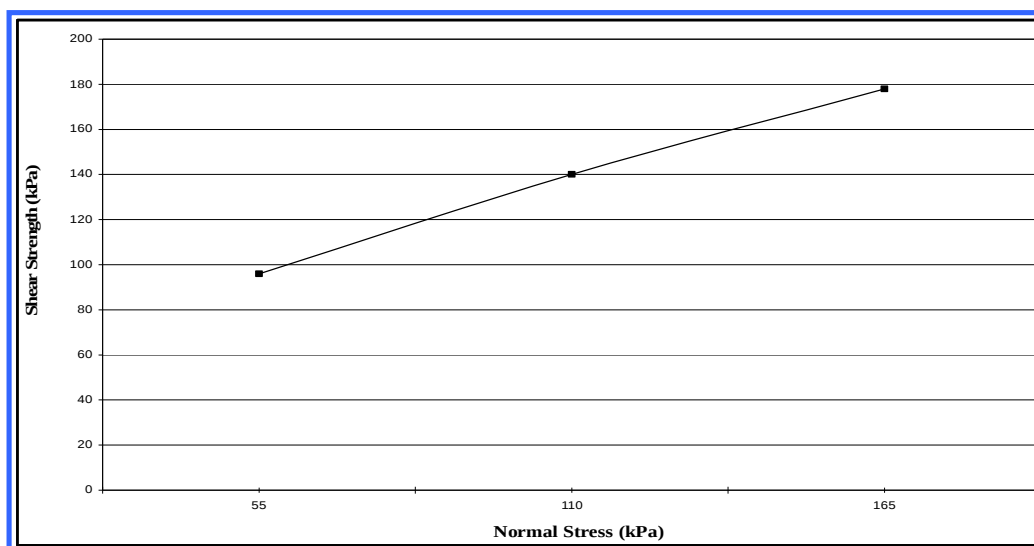


فحص القص المباشر (Direct Shear Test)

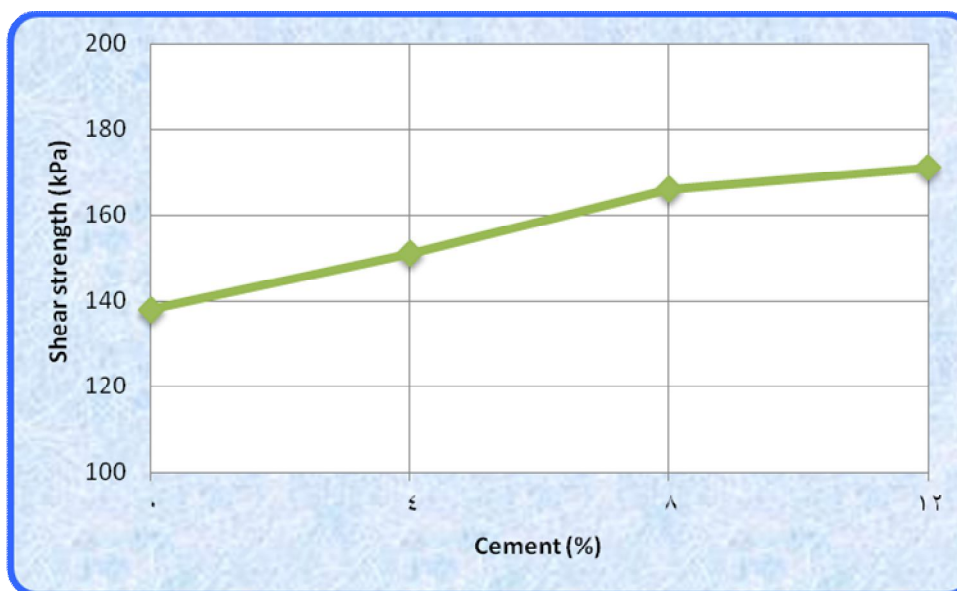
إن تأثير إضافة الاسمنت إلى التربة الإنتفاخية في هذا الفحص موضح في الشكل 8 الذي يبين العلاقة بين نسبة الاسمنت كمادة مضافة ومقاومة القص حيث نلاحظ أن هناك زيادة كبيرة في مقاومة القص بزيادة نسبة الاسمنت ويوضح الشكل 9 والشكل 10 الزيادة في قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة على التوالي. إن مادة الاسمنت عند إضافتها إلى التربة تعمل على زيادة قوى الاحتكاك أو قوة التلاصق أو القوتين معاً بينها وبين حبيبات التربة.



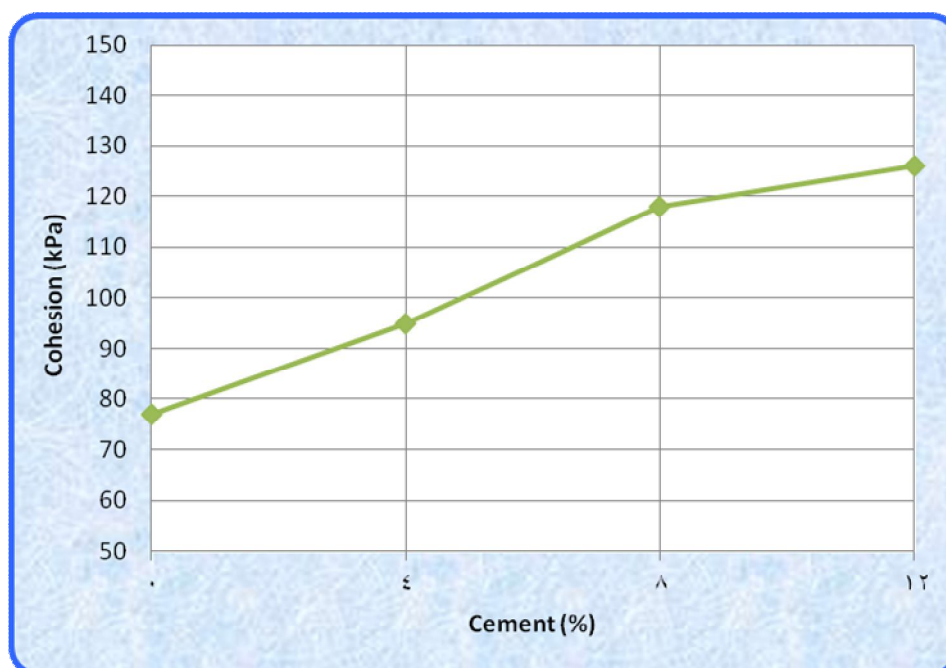
أ- العلاقة بين الإزاحة الأفقية وإجهاد القص



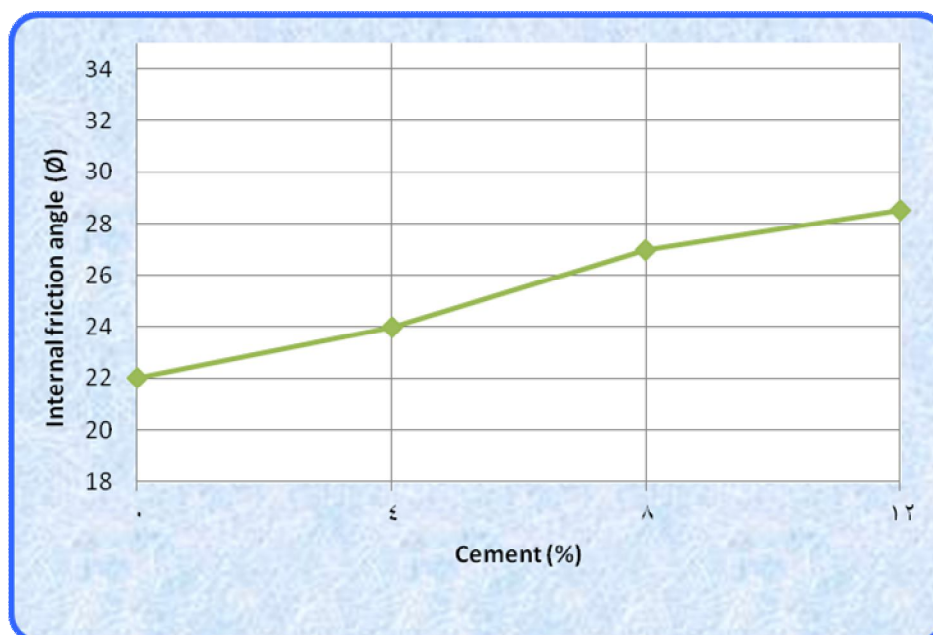
ب- العلاقة بين الإجهاد الطبيعي وإجهاد القص
الشكل 7 يوضح فحص القص المباشر لتربة إنتفاخية غير معالجة .



الشكل 8 يبين العلاقة بين نسبة الاسمنت ومقاومة القص.



الشكل 9 يبين العلاقة بين قيم التماسك للتربة ونسب الاسمنت.

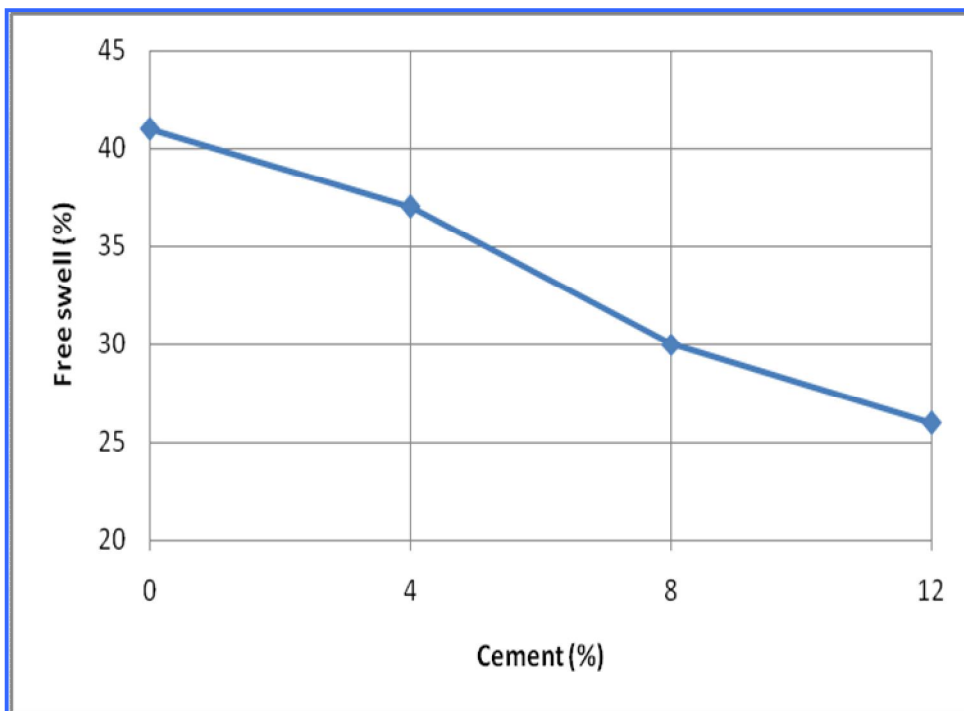


الشكل 10 يبين العلاقة بين قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ونسب الاسمنت.

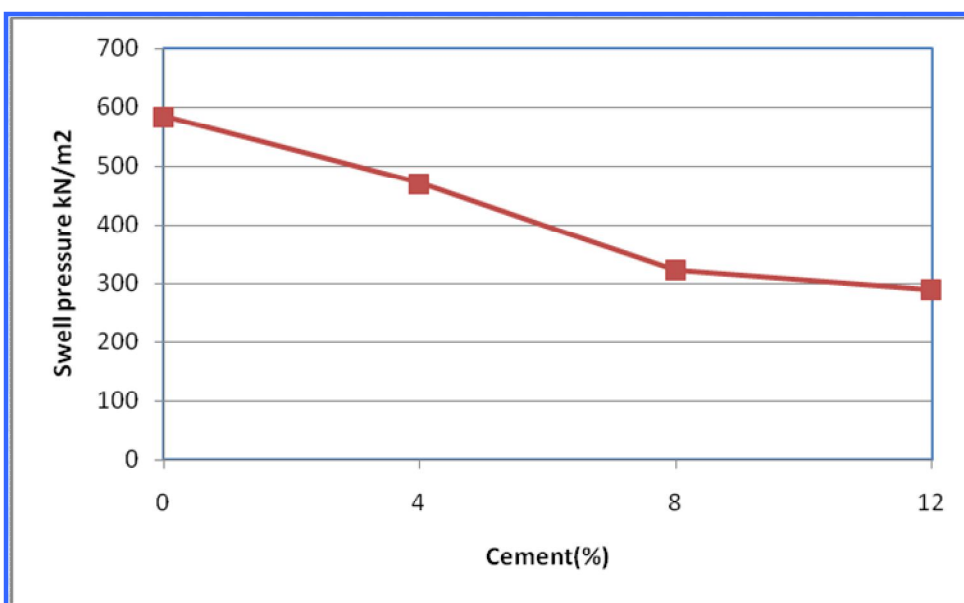
فحص الانتفاخ الحر (Free Swelling Test) :

في هذا الاختبار يتم وضع العينة في جهاز الودوميتر ويتم السماح لها بالانتفاخ بحرية تامة تحت حمل (7 كيلو باسكال) وذلك بترطيبها بالماء ويتم حساب مقدار الانتفاخ بعد انتفاخ العينة كنسبة مئوية :
 مقدار الانتفاخ = (التغيير الحاصل في إرتفاع العينة / الارتفاع الأصلي) $\times 100\%$.

وبعد ذلك يتم إضافة أحمال للعينة لإرجاعها إلى إرتفاعها الأصلي ويتم حساب ضغط الانتفاخ بقسمة مجموع الأحمال على مساحة العينة (Al-Zoubi, M.S. 2008, Krohn et al. 1980). والشكل 11 يوضح العلاقة بين نسبة الاسمنت ونسبة الانتفاخ الحر حيث يقل الانتفاخ بزيادة الاسمنت المضاف إلى التربة والشكل 12 يبين الانخفاض الحاصل في ضغط الانتفاخ بزيادة نسبة الاسمنت واننا قد نلاحظ ان نسبة الانتفاخ تكون مرتفعة وبالتالي فان قيم ضغط الانتفاخ ستزداد ايضاً وسبب ذلك ربما يعود الى التركيب الكيميائي للتربة (نوع المعدن , وجود المادة العضوية , وجود الاملاح) . بالإضافة الى ان ($L.L > 60$) وفعالية الطين = (نسبة الطين في التربة / مؤشر اللدونة) $= 1,9$ وهذا مؤشر على زيادة الانتفاخية للتربة اذ ان فعالية الطين أكبر من 1,25.



الشكل 11 يوضح العلاقة بين نسبة الانتفاخ الحر ونسبة الاسمنت .



الشكل 12 يوضح العلاقة بين ضغط الانتفاخ ونسبة الاسمنت.

معالجة التربة المنتفخة

يوجد العديد من الخيارات لمعالجة التربة المنتفخة وتخفيف آثارها على المنشآت المقامة عليها, ومن هذه الخيارات معالجة التربة بالطرق الآتية:

- 1- إستبدال التربة الانتفاخية بتربة جيدة عندما تكون التربة قريبة من سطح الأرض وذات سمك قليل يمكن استبدالها بتربة أفضل منها ويتم حدل ورص التربة الجديدة جيداً .
- 2- تغيير طبيعة التربة الانتفاخية وخواصها الهندسية ويتم ذلك بعدة طرق منها :
 - أ- الحدل المنتظم لطبقات التربة .
 - ب- الترطيب المسبق وذلك بإشباع التربة بالماء والسماح لها بالانتفاخ قبل بدء الإنشاء ومن عيوب هذه الطريقة إنها تستغرق وقتاً طويلاً قد يصل الى عدة شهور .
 - ج- معالجة التربة الانتفاخية كيميائياً وذلك بضخ المثبتات الكيميائية مثل الجير أو الاسمنت أو النورة بين فراغات التربة حيث تساعد على تقليل حدود السيولة ومعيار اللدونة وبالتالي تقليل الانتفاخ .
 - د- منع تسرب المياه للتربة المنتفخة المقام عليها المنشأ وذلك باستخدام عوازل للرطوبة مثل بعض الألواح المعدنية لتقليل تسرب الماء للتربة وبالتالي تقليل مقدار الانتفاخ وقد تكون هذه العوازل أفقية لمنع تسرب المياه من سطح الأرض أو عمودية تحيط بالمنشأ لمنع تسرب الماء بشكل أفقي (Donalson 1969, Hunt 2005).

- 3- تقوية المنشآت وذلك بتصميم عناصر المنشأ من بلاطات وجدران وأعمدة وأساسات لتتحمل الانتفاخ والضغط الناتج عليها.
- 4- استعمال الركائز كأساسات للمبنى بحيث تنقل الأحمال خلال التربة الانتفاخية إلى التربة غير الانتفاخية التي تركز عليها هذه الركائز.
- 5- عمل نظام تصريف للمياه في الموقع بعيد عن المنشآت بحيث يمنع تجمع المياه وتسربها للتربة القابلة للانتفاخ. ويمكن إستعمال أكثر من طريقة من الطرق السابقة وذلك بالاعتماد على خصائص تربة الموقع الانتفاخية وكذلك طبيعة المنشآت في الموقع وبالتالي لا توجد طريقة معالجة واحدة يمكن ان تكون فعالة وعملية لكل الحالات (Steinberg1985).

الإستنتاجات

- من خلال الفحوص التي تم إجراؤها والنتائج المبينة في البحث يمكن اعتبار نسبة (8%) من الاسمنت المضاف إلى التربة هي أفضل النسب التي يمكن تطبيقها عملياً وذلك للأسباب التالية :
- 1- لإعطائها حدود قوام قليلة للتربة .
 - 2- الحصول على قيم عليا لمقاومة القص عند هذه النسبة .
 - 3- زيادة في قيم الكثافة الجافة العظمى .
 - 4- زيادة ملحوظة في قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة وهذا مؤشر جيد لزيادة قابلية تحمل التربة .
 - 5- إنخفاض في نسبة الانتفاخ وكذلك ضغط الانتفاخ يقل وبذلك تقل قابلية التربة على الانتفاخ.

المصادر الأجنبية

1. Al-Zoubi, M.S. (2008), " Swell Characteristics of Natural and Treated Compacted Clays ", EJGE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.13, Bund.D.
2. Bowles, J.E. (1981), " Engineering Properties of Soils & Their Measurement", Mc. Graw-Hill, Inc.
3. Chen, F.H. (1988), "Foundations on Expansive Soils ", Amsterdam Elsevier Scientific Publishing Company.
4. Das, B.M. (2004), " Principle of Geotechnical Engineering", 5th edition: Thomson Learning, USA.



5. **Donalson, G.W. (1969)**, " The Occurrence of Problem of Heave and Factor Affecting its Nature" Second International Research and Engineering Conference on Expansive clay Soils", Texas A&M Press.
6. **Head, K.H. (1984)**, " Manual of Soil Laboratory Testing", Pentech Press, London , Vol.1, 2 &3.
7. **Hunt, R.E. (2005)**, " Geotechnical Engineering Investigation Hand Book", Taylor& Francis. New York.
8. **Krohn, J. P. and Slosson, J.E. (1980)**, " Assessment of Expansive Soils in the United States" Proceedings of Forth International Conference on Expansive Soils, Denver, Colorado, U.S.A.
9. **Lew, B. (2010)** ," Structure Damage Due to Expansive Soils a Case Study ", the Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol.15, Bund.M.
10. **Lucian,C.(2006)** ,"Geotechnical Aspects of Buildings on Expansive Soils in Kibaha, Tanzania: Preliminary Study", Licentiate Thesis. Division of Soil and Rock Mechanics Department of Civil and Architectural Engineering Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden.
11. **McKeen, R.G. (1992)**, " A Model for Predicting Expansive soil Behavior ", Proceeding of the Seventh International Conference on Expansive Soils, Dallas, Texas, U.S.A.
12. **Steinberg, M. L. (1985)**, "Controlling Expansive Soil Destructiveness by Deep Vertical Geomembranes on Four Highways" Transportation Research Record No. 1032, National Research Council, Washington, D.C., U.S.A.

المصادر العربية

- 13- **حسن, حيدر (2011)**, " تأثير إضافة غبار الاسمنت على الخواص الجيوتكنيكية للتربة المنتفخة " مجلة الهندسة الجامعة المستنصرية عدد 14 مجلد 31.
- 14- **علوش (2004)**, " معالجة التربة المنتفخة بالكلس " رسالة ماجستير جامعة الموصل - العراق .
- 15- **نورية, رنا (2009)**, " تحديد عمق منطقة الانتفاخ و نهوض الأساسات المقامة على تربة منتفخة مخلوطة بالإسمنت "مجلة البعث للعلوم الهندسية عدد 14 مجلد 31 .