

تمت الموافقة  
19.5.2010

جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
الجامعة التكنولوجية  
قسم البناء والانشاءات  
فرع طرق وجسور

(K)

معالجة التربة الجبسية باستخدام البنتونايت ودراسة الانهيارية  
Treatment of Gypseous soil by Bentonite with  
studying their collapsibility

مشروع مقدم الى قسم البناء والانشاءات في الجامعة التكنولوجية كجزء  
من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في هندسة البناء والانشاءات

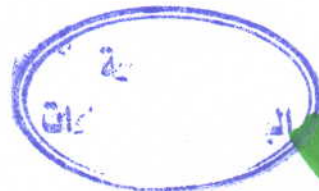
إعداد الطالبتين

براءة عدنان جواد

سحر سامي داود

بإشراف

الأستاذ الدكتور: حسين حميد كريم



2010م

طرق ٢٠١٠

# الاعتراف

يا ذا الذي الذي سعى وسقى للأنعم بالراحة والهناء والذي لم يخلد علمي بنسيء  
من أجل وعلمي في طريق النجاح والسعادة والى من علمني يا ذا الذي سلم الحياة  
بحكمة وصبر والى من طيبت بلا حدود

أبي العزيز

يا ذا الذي بلمس النقاء واللؤلؤ المكنون والى من تحت أقدامها الجنات والعبود والى  
لب قلبي وريحانة حباتي اللى من رضاها بغلاني وسعادتها لمنيتي اللى من  
حنانها وطيبها اللؤلؤ صفها الكو

أمي الحنون

## شكر وتقدير

الحمد لله الذي لا يبلغ مدحه القائلون

ولا يؤدي حقّه المجتهدون

حمداً يكون لحق قضائه وشكر أداؤه وبعد.....

نتوجه بالشكر والتقدير .....

إلى الأستاذ الدكتور حسين كريم المشرف على هذا

المشروع الذي منحنا من وقته الثمين ....

وما قدمه من توجيهاته سديدة التي ساهمت في انجاز

هذا المشروع

# المحتويات

## الجزء النظري:-

مقدمة عن التربة الجبسية	الفصل الأول
المقدمة	1-1
ما هي التربة الجبسية	2-1
مشاكل التربة الجبسية	3-1
المقدمة من هذه الدراسة	4-1

خصائص ومشاكل التربة الجبسية	الفصل الثاني
الجبس والتربة الجبسية	1-2
الخصائص الفيزيائية للتربة الجبسية	2-2
مشاكل التربة الجبسية الهندسية المقامة على التربة الجبسية	3-2
تحسين التربة الجبسية	4-2

## الجزء العملي:-

التجارب والاستنتاجات	الفصل الثالث
إيجاد المحتوى الجبسي	1-3
التجارب الخاصة بحساب الانهيارية	2-3
اختيار نسبة البنتونايت المثلى	3-3
الاستنتاجات والتوصيات	4-3

# المفصل الأول

مقدمه عن التجربة الجبسية

INTRODUCTION

## 1- المقدمة: - Introduction

هناك مساحات كبيرة من سطح الكرة الأرضية مغطاة بترربة سريعة التأثير بالتغيرات الكبيرة بمقدار الحجم الكلي لها عندما تصبح مشبعة بالماء. بالنهاية تدعى هذه المواد بالتربة الانهيارية واحدة من أهم هذه التربة الانهيارية تسمى بالتربة الجبسية. تتكون الصخور الجبسية نتيجة لتبخر المياه المالحة للبحيرات المتكونة في المناطق الصحراوية أو شبه الصحراوية. بصورة عامة تنتشر الصخور الجبسية في بقاع كبيرة من الكرة الأرضية مثل الولايات المتحدة الأمريكية حيث تستعمل هذه المساحات الكبيرة لصناعة الجبس وكذلك كمواد مالئة. وكذلك فإن التربة الجبسية يمكن أن تتواجد في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تغطي ما يقارب ٠.٦% مساحات العالم الكلية وما يقارب (٢٠-٣١.٧) من مساحة العراق حيث تحتوي تربة العراق على حوالي (١٠-٧٠) (نشأت ، 1993). هذه النسبة العالية التي تحتويها تربة العراق من الصخور الجبسية تمثل تحدياً للمهندسين المدنيين من حيث صعوبة التعامل معها نتيجة لسلوكها المتغير والخطير.

## ٢-١ ماهي التربة الانهيارية: - Collapsible Soils

تعرف التربة الانهيارية على أنها التربة الغير المشبعة والتي تعاني من انحاده ترتيب في جزيئاتها وحصول تغيير كبير في حجمها عندما تتعرض الى الترطيب سواء كانت تحت احمال أو بدونها. وتعتبر التربة الجبسية حسب هذا التعريف من التربة الانهيارية والتي تتكون اساسا من كبريتات الكالسيوم المائية حيث يتواجد معدن الجبس في تركيب التربة

كماده رابطة عندما تكون التربة جافه وعادة تكون الصخور والتربة  
الجبسيه قويه جدا اذا كانت جافه ولكن اذا ماتعرضت الى الترطيب  
سيحصل اذابه فيها وتصبح التربة هشه وضعيفه جدا وهذا هو سبب  
خطورتها (Mitchell, 1976).

### ٣-١ مشاكل التربة الجبسيه: - Problems of Gypseous Soils

للتربة الجبسيه العديد من المشاكل التي تهدد المنشآت الهندسيه والتي  
تشكل تحديا للمهندسين المسؤولين عن هذه المشاريع المنشاه على هذه  
النوعيه من التربة. في ما يلي استعراض لبعض المشاكل الناتجه عن النسيه  
العاليه للصخور الجبسيه في تربه العراق :-

١. مشاكل ناتجه عن انهيار التربة الجبسيه مثل فندق سامراء السياحي و  
خزان الماء المرتفع في سامراء.

٢. مشاكل ناتجه عن زياده ترشح الماء الى داخل التربة كما في سد  
الموصل .

٣. مشاكل ناتجه عن تليين التربة كالذي حدث في معمل تكرير بيجي.

٤. مشاكل ناتجه عن هجوم الكبريتات كالذي حدث في سد بنايات  
في العبايه.

## 1-2 الهدف من هذه الدراسة - Aim of the Study

ان الهدف من هذا المشروع هو دراسة التربه الجبسيه وذلك من خلال حساب المحتوى الجبسي لعدد من نماذج التربه الجبسيه في منطقة الثرثار غرب العراق وتبيان مدى تأثيرها على المنشآت الهندسيه وذلك من خلال دراسه معالجتها وذلك باستخدام البنتونايت وتحديد نسبة البنتونايت المثلى التي تحقق افضل تحسن للتربه الجبسيه التي سنعالجها وذلك من خلال حساب الانهياريه لها Collapbsibility .



# المفصل الثاني

خصائص ومشاكل الترب الجبسية

PROPERTIES OF GYPSEOUS  
SOILS & THEIR PROBLEMS

## ٢-١ الجبس والتربة الجبسية: - Gypsum & Gypseous Soils

الصخور الجبسية عبارة عن املاح معدنية اي كبريتات الكالسيوم او كبريتات الكالسيوم المائية وكلاهما ذات تشكيل بلوري. يعتبر الفن وروميرو (Alfen and Romero, 1971) ان التربة تعتبر جبسية في حاله احتوائها على نسبة اقل من ٢ % من الجبس . بينما وصفه البرزنجي (١٩٧٣) (التربة بحسب محتوى الجبس كالآتي

جدول (٢-١) تصنيف التربة الجبسية (البرزنجي ١٩٧٣).

GYPSUM CONTENT	CLASSIFICATION
٠.٠-0.3	Non-Gypsiferous
٠.٣-٣.٠	Very-slightly gypsiferous
٣.٠-١٠	Slightly gypsiferous
١٠-٢٥	Moderately gypsiferous
٢٥-٥٠	Highly gypsiferous
٥٠	Gypsiferous soil to be described by other fraction such as clayey or sandy gypsiferous soil

## ٢-٢ الخصائص الفيزيائية للتربة الجبسية:- Physical Properties of Gypseous Soils

من الضروري معرفة الخواص الفيزيائية والهندسية للتربة الجبسية لمعرفة سلوك هذه التربة وكيفية التعامل معها بالنسبة للمشاريع الهندسية. (Neaimi, 2001). ومن أهم الخواص الفيزيائية والهندسية للتربة الجبسية يمكن أن نتلخص بما يلي (كريم ٢٠٠٩; Ibrahim, 2007)

### ٢-٢-١ النفاذية:- Permeability

يمكن تعريف النفاذية بأنها المواد المسامية والتي تسمح بمرور أو نزوح الماء أو السوائل الأخرى خلال الفراغات الداخلية المترابطة والمادة التي تحتوي على فجوات مستمرة تسمى نفاذه.

### ٢-٢-٢ مقاومة القص للتربة الجبسية:- Shear Strength

تتكون إجهادات القص بالتربة نتيجة لتحميل التربة وعندما تصل إجهادات القص إلى قيمة محددة فإن ذلك يسبب حدوث تشوه القص مما يسبب فشل كتلة التربة لذا يمكن تعريف مقاومة القص على أنها مقاومة التشوه الحاصل نتيجة حركة جزيئات التربة المستمرة أو كتلة التربة بتأثير إجهادات القص. تعتمد مقاومة القص في التربة بشكل أساسي على أحد المركبات التالية:

١. المقاومة الانشائية لحركة التربة تكون بسبب تشابك الجزيئات فيما بينها.
٢. المقاومة الجزيئية لتغيير موقع جزيئات التربة المنفردة في نقاط الاتصال.
٣. التماسك والتلاصق بين سطوح جزيئات التربة.

### ٢-٣ مشاكل التراكيب الهندسية المقاومة على التربة الجبسية:-

ان المشكله الحقيقيه البتئى تواجه المنشآت المقامه على التربه الجبسيه هي كدوبان الجبس عند تعرضه للماء مسببا قلقا في الهيكل الحبيبي للتربه لذا يمكن تلخيص مشاكل التربه الجبسيه بالنقاط التاليه:

١. التربه الجبسيه ذات قابليه كبيره للانتفاخ:-

ان نسبه الانتفاخ للتربه الجبسيه قد تصل او تتجاوز (١٥%) في حاله عدم وجود ائقال تذكر عليها وبحسب موقع النموذج من السطح اذ كلما اقتربت المسافه من السطح قل الانتفاخ وهذه الظاهره تشير الى عدم صواب الاسلوب الشائع حاليا في حفر الاسس في مناطق التربه الجبسيه والتي يفضلها الكثيرون لسهولته وسرعته ورخص كلفته والمتضمنه خمر الموقع بالماء تمهيدا لحفر مواقع الاسس السببه يعود الى ان الغمر بالماء يسبب ارتفاعا في مستوى قاع حفره الاسس ولذا فان الاساس الذي ينشأ بعد فترة وجيزه سيكون معرضا لهبوط يعادل مقدار الانتفاخ مضافا اليه الهبوط

٢. وجود الانفاق وكهوفه صغيره قريبه من سطح التربه الجبسيه :

ان وجود الانفاق وكهوفه صغيره قريبه من السطح والتي حفرتها مياه الامطار والسيول او الازواء الغير منتظم تحت سطح التربه وغير الظاهره للعيان يشكل مشكله يجب التحري عنها اضافه لما تسببه القوارض والحشرات من انفاق قبل البدء الفعلي للأعمال الهندسيه المدنيه لذا فان استخدام الطرق الجيوفيزيائيه يكون ضروريا قبل البدء بالعمل هي طريقه فعاله ومفيده ورخيصه الكلفه نسبيا لما توفر من معلومات عن التربه الجبسيه

٣. تظفر المباني والمنشآت على التربه الجبسيه

تعاين المنشآت والمباني القائمة على التربة الجبسية من تشققات بعد سنوات من انشائها وذلك بسبب مشاكل المطول التي تعاين منها التربة الجبسية حيث تنضغط التربة عند تسليط القوى عليها وهي مغمورة بالماء ولا يتوقف الانضغاط عمليا بعد فترة من الزمن تكون نسبة الهبوط طرديه مع الثقل المسلط فيما اذا استمر الثقل او الاساس حتى لو كانت التربة يابسه وتتضاعف في حاله الانغمار بالماء

٤. مشاكل زياده نزوح الماء خلال التربة الجبسية  
ان استمراريه تدفق الماء سواء كانت من انبوب مكسور او نزوح مستمر من قناة خرسانية او سده ترابييه غير مكسوه مستفاعة تربتها من منطقه تربتها جبسية تؤدي الى زياده ذوبان التربة الجبسية وهناك امثله واقعيه عديده حدثت خلال السنوات الماضيه في مختلفه مواقع التربة الجبسية كما في التعليقات الترابيه في سامراء

٥. مشاكل في الطرق والمطارات القائمة على التربة الجبسية  
ان الحاجه انشاء طرق جديده في الشرق الاوسط بحيث تغطي مساحات واسعه بضمنها تلك المناطق التي تحوي تربتها على نسبة عاليه من الجبس ادى الى خلق مشاكل كبيره حيث يؤدي ذوبان الاملاح ومن ضمنها الجبس من التربة المراد انشاء الطرق عليها عند تعرضها للغمر بالماء لفترات طويله الى انخفاض كبير في مقاومه تلك التربة.

هناك العديد من الطرق التي تهدف الى تحسين التربة الجبسية نذكر منها:

١ - المعالجة باستخدام المضافات الكيميائية:

وهدفها تقليل اذابة التربة الجبسية خلال الغمر بالماء.

٢ - المعالجة باستخدام السمنت:

باستخدام السمنت المقاوم للكبريتات والذي يضاف بنسب مختلفة وهذا سيؤدي الى تحسين مقاومة الانضغاط وتحسين الانضغاطية Compressibiliy وكذلك معامل المرونة E و Stiffness

٣ - المعالجة باستخدام النورة Lime

باستخدام النورة Lime والتي تضاف بنسب مختلفة وهذا سيؤدي الى تحسين مقاومة الانضغاط وتحسين الانضغاطية وتقليل النفاذية.

٤ - المعالجة باستخدام المعدن الطينية ( الكاولين Kaolin)

باستخدام الكاولين والبننتونايت والتي تضاف بنسب مختلفة وهذا سيؤدي الى تحسين الانهيارية ومقاومة القص.

وهناك العديد من الدراسات التي اجريت في قسمنا ومنها على سبيل المثال لا الحصر

( Younan,1980: Kattab,1986,Abood, 1994: Al- obaidi,1992; Al-Zory,1993Al-Hadithy

وفي مشروعنا هذا سيتم استخدام البننتونايت بنسب مختلفة ودراسة كل من الانهيارية في كل نسبة للتوصل الى النسبة المثلى..

# الجزء العملي

## الفصل الثالث

المحتوى الجبرسي في النمادج (نسبة GC%)  
ستنتاجات التجارب والا

1- إيجاد المحتوى الجبرسي في النمادج (نسبة GC%):

لإيجاد المحتوى الجبسي نعتمد على الخطوات التالية:-  
الخطوة الأولى: نأخذ تربة وزنها ٣٦.٧٩ غم من التربة الجبسية الجافة بالهواء  
الخطوة الثانية: نضع النموذج من التربة في الفرن الحراري في درجة ٤٥ درجة  
منوبة لمدة ٢٤ ساعة ثم نزنها ولتكن 1x  
الخطوة الثالثة: نفس النموذج من التربة الجافة نضعها في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة  
منوبة ولمدة ٢٤ ساعة ثم نزن النموذج ٢x  
ملاحظة:- يجب التأكد من ثبوت وزن النموذج في درجة ٤٥ درجة سيليزية وذلك  
بوضعه مرة ثانية في الفرن لتأكد من ثبوت الوزن وهذا خاص بالتربة الطينية

### الحسابات:-

لمعرفة النسبة المئوية لمحتوى الجبسي نستخدم المعادلة التالية:

$$100 * 4.7778 * \{(2x - 1x) \setminus (32.8 - 1x)\} = \%Gc$$

٤.٧٧٧٨:- النسبة العكسية بين وزن الماء الى وزن النموذج

١- التربة الأولى من ذرايح التثرثار:-

$$100 * 4.7778 * \{(32.8 - 32.5) \setminus (32.8 - 1x)\} = \%Gc$$

$$15 = \%$$

٢- التربة الثانية من ذرايح التثرثار:-

$$100 * 4.7778 * \{(32.8 - 50.9) \setminus (49.2 - 50.9)\} = \%Gc$$

$$12 = \%$$

٣- التربة الثالثة من التثرثار:-

$$100 * 4.7778 * \{(32.8 - 69.1) \setminus (67.8 - 69.1)\} = \%Gc$$

$$14 = \%$$

٤- التربة الرابعة من التثرثار:-

$$100 * 4.7778 * \{(32.8 - 56.4) \setminus (55.3 - 56.4)\} = \%Gc$$

$$11 = \%$$

٥- التربة الخامسة من التثرثار:-

$$100 * 4.7778 * \{(32.8 - 58.0) \setminus (58.3 - 59.59)\} = \%Gc$$

$$21 = \%$$



وسوف يتم الاعتماد على النموذج ذو المحتوى الجبسي ٢١% لأنها التربة الحاوية على أكثر انهيارية وأكثر خطورة وسوف يتم معالجتها بالبنتونايت والجدول التالي يوضح المحتوى الجبسي للتربة الجبسية

جدول (٣-١) لتوزيع موقع ومحتوى التربة الجبسية الخمسة

محتوى الجبسي	الموقع	معد
١٥%	من ذرايح التفرار	التربة الأولى
١٣%	من ذرايح التفرار	التربة الثانية
١٤%	من التفرار	التربة الثالثة
١١%	من التفرار	التربة الرابعة
٢١%	من التفرار	التربة الخامسة

## ٢- التجارب الخاصة بحساب الانهيارية *Collapseability*

١- إعداد وتجهيز النموذج بالاعتماد على الكثافة:-

الخطوة الأولى: تم تحديد الكثافة ومقدارها  $m^3 \setminus kn^{14}$

الخطوة الثانية: أخذت إبعاد الحلقة (Ring)



لغرض إيجاد حجمه

الخطوة الثالثة: احتساب وزن التربة التي يستوعبها

(Ring) باستخدام المعادلة التالية:-

$$\text{وزن} = \text{كثافة} * \text{الحجم} = 14 \setminus m^3 \setminus KN * 83.94 \setminus cm^3 = 1174.53 \setminus gm$$

$$1174.53 \setminus gm = 1.17453 \setminus Kg$$

$$1174.53 \setminus gm$$

الخطوة الرابعة: تحضير (Ring) وذلك بوضع ورقة الترشيع من الأسفل مقصوفة على مسافة (Ring) ومن الأعلى نضع غطاء الحلقة (Ring) وبعدها نضع النموذج المحضر (تربة + Ring المحضر) في جهاز الضغط ونبدأ بتحميل عينة الجهاز الضغط النموذج وحتى يصل إلى كثافة المطلوبة وذلك لوصوله إلى حافة (Ring) وبعدها نأخذ النموذج الضغوط ونرفع الغطاء الحلقة عينة ونضع ورقة ترشيع من الأعلى مقصوفة على مسافة (Ring) ويوضع في خلية الجهاز (الأوديوميتر).

### ب- فحص الانهيارية (Collapsibility):

لأجل القيام بفحص الانهيارية تم أخذ النسب التالية:

- ١- بدون إضافات والفحص جافه رطب
- ٢- بإضافة ٥% بنتونايت والفحص جافه رطب
- ٣- بإضافة ١٠% بنتونايت والفحص جافه رطب
- ٤- بإضافة ١٥% بنتونايت والفحص جافه رطب
- ٥- بإضافة ٢٠% بنتونايت والفحص جافه رطب

### الأدوات المستخدمة في فحص الانهيارية:-

- ١- جهاز الاوديوميتر
- ٢- مقياس النزول
- ٣- إيثقال العمل
- ٤- ساعة توقيت
- ٥- معدات وأدوات مختبريه لغرض تسوية النموذج

### طريقه الفحص:-

يوضع النموذج المحضر داخل خليه الانضمام مع وجوب وضع العبر المسامي الجافه أسفل والعلوي النموذج ووضع ورقه ترشيح مناسبة لغرض حماية الجهاز من الجبس الذي سوف يذوب بعد أضافه الماء مع ملاحظة تطابق العبر العلوي مع قطر النموذج وتجنب تماسه مع قطر الحلقة ثم يثبت طوق خليه الانضمام وقرص التحميل الدائري وتشد كفافه البراغي الموجودة. توضع خليه الانضمام في مكانها الصحيح في جهاز الانضمام ويثبت ذراع التحميل ويثبت مقياس النزول على القرص الدائري ويتم تصفير مقياس الجهاز استعدادا لبدء الفحص. يوضع النموذج في جهاز فحص الانضمام وبمحتوى رطوبته الطبيعي بعد ذلك نبدأ بتسليط الأحمال وبصوره تراحمية حيث يتم مضاعفه الحمل المسلط في كل مره وكالاتي : (٢٥-٥٠-١٠٠-٢٠٠-٤٠٠-٨٠٠) kPa يبدأ التحميل حيث يترك لمده ساعة للأحمال من (٢٥ kPa) إلى (٢٠٠ kPa)

عندما نصل إلى (٢٠٠kPa) يترك النموذج تحت هذا الحمل لمدة ١ ساعة ،بعد ذلك يتم إضافة الماء إلى النموذج ويترك لمدة ٤ ساعة يتم تسجيل التغير بالحجم نتيجة نقصان الماء ويحسب الانهيار من خلال المعادلة:

$$C_p = (e_1 - e_0) \setminus e_0 * 100$$

بعد ذلك يتم إكمال الفحص حتى يتم الوصول إلى أقصى حمل (٨٠٠ kPa) بعد هذا يتم رفع الحمل بصورة منتظمة وذلك بتقسيم الأحمال على أربعة وتعاد نفس العملية بعد إضافة النسب التالية من مادة البنتونايت وهي: (٥%-١٠%-١٥%-٢٠%).

### التجربة الأولى بدون إضافة :-

تأخذ التربة بدون أي إضافات ويكون الفحص جاف في البداية وبعدما رطب تحويل من قراءة الجواز إلى ملم:-

(قراءة الجواز الكلية-قراءة الجواز بعد وضع الحمل)\*الدقة الجواز

١- عند وضع ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهي جافه

$$mm \cdot 11 = 0.02 * (2445 - 2500)$$

٢- عند وضع ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهي جافه

$$mm \cdot 222 = 0.02 * (2389 - 2500)$$

٣- عند وضع ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهي جافه

$$mm \cdot 338 = 0.02 * (2331 - 2500)$$

٤- عند وضع ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهي جافه

$$mm \cdot 43 = 0.02 * (2285 - 2500)$$

٥- عند وضع ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهي رطب

$$mm \cdot 223 = 0.02 * (1385 - 2500)$$

حساب ارتفاع النموذج بعد وضع كل ثقل من الأثقال علما ان سمك الحلقة

(Ring) هو ٩ ملم وذلك من خلال المعادلة التالية:-

$$2H_0 = \text{الارتفاع الحقيقي} - \text{قراءة الجواز ب ملم}$$

١- في حالة عدم وجود أي ثقل:-

$$mm19=0.19$$

٢- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.11

$$mm18.89=0.11-19$$

٣- في حالة إضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.222

$$mm18.778=0.222-19$$

٤- في حالة إضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.338

$$mm18.662=0.338-19$$

٥- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.43

$$mm18.57=0.43-19$$

٦- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm2.23

$$mm16.77=2.23-19$$

لحساب سلك التربة بعد استخراج الفجوات منه نستخدم المعادلة التالية

$$2H_s = \text{وزن التربة الحقيقي} / (\text{مساحة } Gs * \text{كثافة الماء})$$

$$2H_s = 117.57 \setminus (1 * 2.56 * 44.18)$$

$$mm10.4 = 2H_s$$

لحساب نسبة الفجوات في التربة يجب تقسيم حجم الفجوات على حجم التربة الصلد

بدون فجوات وذلك موضع في المعادلة التالية

$$2H_s \setminus (2H_s - 2H_o) = e_o$$

١- احتساب نسبة الفجوات قبل إضافة أي ثقل وهو جاف

$$0.82692307 = 10.4 \setminus (10.4 - 19) =$$

٢- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$0.816346153 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.89) =$$

٣- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$0.8055769 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.778) =$$

٤- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$0.7944233 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.662) =$$

٥- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$0.7855769 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.57) =$$

٦- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$0.6125 = 10.4 \setminus (10.4 - 16.77) =$$

وبعد ايجاد نسبة الفجوات في كل ثقل من الأثقال نقوم باحتساب نسبة الانهيارية الموجودة في التربة الجبسية وهي خالية من الوحدات وذلك من خلال المعادلة التالية:

$$C_p\% = \{(e_0 - e_f) / (1 + e_0) * 100\}$$

$$= \{(0.7855769 - 0.6125) / (1 + 0.7855769) * 100\}$$

$$= 9.693052145$$

حيث ان:-

$e_0$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نيت وهو جاف

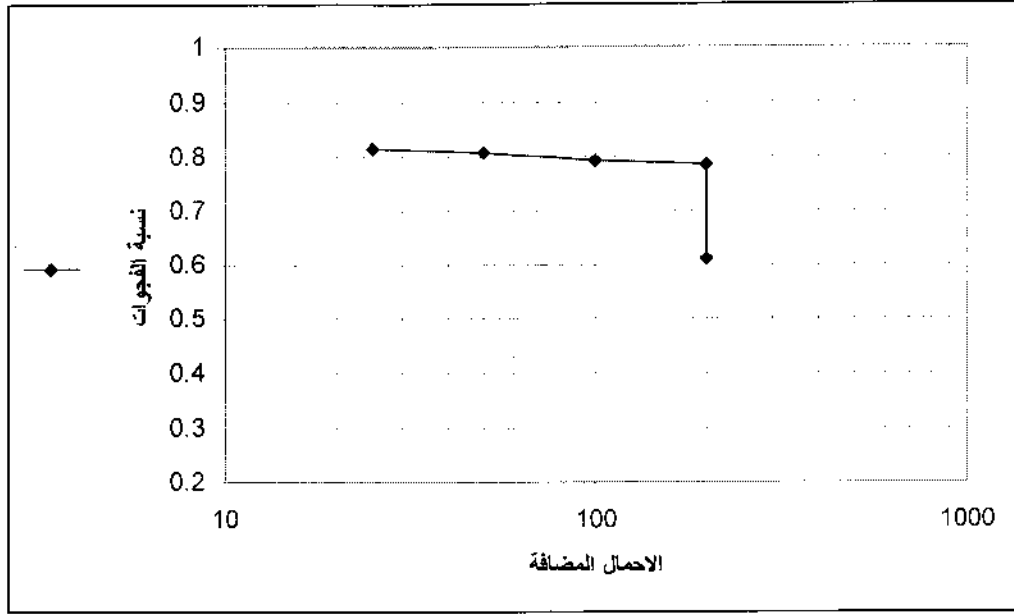
$e_f$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نيت وهو رطب

وفي الجدول التالي توضيح للحسابات اعلاه

جدول (٢-٣) يوضح الاحمال والقراءات ونسبة الفجوات الانهيارية بدون اضافة

الأحمال المضافة	القراءات النهائية	تغير dial إلى (mm)	$2H_0$	$e_0$	$C_p\%$
٠	٢٥٠٠	٠	١٩	٠.٨٢٦٩٢٣	
٢٥	٢٤٤٥	٠.١١	١٨.٨٩	٠.٨١٦٣٤٦	
٥٠	٢٣٨٩	٠.٢٢٢	١٨.٧٧٨	٠.٨٠٥٥٧٦٩	
١٠٠	٢٣٣١	٠.٣٣٨	١٨.٦٦٢	٠.٧٩٤٤٢٣	
٢٠٠	٢٢٨٥	٠.٤٣	١٨.٥٧	٠.٧٨٥٥٧٦٩	٩.٦٩
٢٠٠	١٣٨٥	٢.٢٣	١٦.٧٧	٠.٦١٢٥	

شكل (١-٣) يوضح نسبة الانهيارية في التربة الجبسية بدون اخافة



### التجربة الثانية ( اخافة ٥% بنتونايت )

ناخذ تربة جبسية ونظيفه عليها ٥% من البنتونايت ويكون الفحص جافه مره  
واخرى رطب

تحويل من قراءة الجهاز الى ملم:-

(قراءة الجهاز الكلية-قراءة الجهاز بعد وضع الحمل)\*الدقة الجهاز

١- عند وضع ثقل مقدار ٢٥ نيوتن وهو جافه

$$mm \cdot 0.74 = 0.02 * (2463 - 2500)$$

٢- عند وضع ثقل مقدار ٥٠ نيوتن وهو جافه

$$mm \cdot 0.92 = 0.02 * (2454 - 2500)$$

٣- عند وضع ثقل مقدار ١٠٠ نيوتن وهو جافه

$$mm0.134 = 0.002 * (2433 - 2500)$$

٤- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$mm0.174 = 0.002 * (2413 - 2500)$$

٥- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$mm1.6 = 0.002 * (1700 - 2500)$$

حساب ارتفاع النموذج بعد وضع كل ثقل من الأثقال علما أن سمك الحلقة

(Ring) هو ١٩ ملم وذلك من خلال المعادلة التالية:-

$$2H_0 = \text{الارتفاع الحقيقي} - \text{قراءة البصاريه ملم}$$

١- في حالة عدم وجود أي ثقل وهو جاف

$$mm19 = 0 - 19$$

٢- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٥ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.074 جاف

$$mm18.926 = 0.074 - 19$$

٣- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٥٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.092 جاف

$$mm18.908 = 0.092 - 19$$

٤- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ١٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.134 جاف

$$mm18.866 = 0.134 - 19$$

٥- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm0.174 جاف

$$mm18.826 = 0.174 - 19$$

٦- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm1.6 رطب

$$mm17.4 = 1.6 - 19$$

لحساب سمك التربة بعد استخراج الفجوات منه نستخدم المعادلة التالية

$$2H_s = \text{وزن التربة الحقيقي} / (\text{مساحة ring} * G_s * \text{كثافة الماء})$$

$$2H_s = 117.52 / (1 * 2.56 * 2.48) = 18.56$$

$$mm10.4 = 2H_s$$

لحساب نسبة الفجوات في التربة يجب تقسيم حجم الفجوات على حجم التربة الصلد

بدون فجوات وذلك موضع في المعادلة التالية

$$2H_s / (2H_s - 2H_0) = e$$

١- احتساب نسبة الفجوات قبل اضافة ابي ثقل وهو جاف

$$= (10.4 - 19) \setminus 10.4 = 0.83692307$$

٢- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$= (10.4 - 18.926) \setminus 10.4 = 0.819807692$$

٣- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$= (10.4 - 18.908) \setminus 10.4 = 0.81808$$

٤- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$= (10.4 - 18.866) \setminus 10.4 = 0.81403866$$

٥- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$= (10.4 - 18.826) \setminus 10.4 = 0.81092307$$

٦- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$= (10.4 - 17.4) \setminus 10.4 = 0.67307623$$

وبعد ايجاد نسبة الفجوات في كل ثقل من الأثقال نقوم باحتساب نسبة الانهيارية الموجودة في التربة الجبسية وهي خالية من الوحدات وذلك من خلال المعادلة التالية:

$$\begin{aligned} C_p\% &= \{(e_0 - e_f) \setminus (1 + e_0)\} * 100 \\ &= \{(0.7855769 - 0.6125) \setminus (1 + 0.7855769)\} * 100 \\ &= 9.693052145 \end{aligned}$$

حيث ان:-

$e_0$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو جاف

$e_f$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو رطب

وهي الجدول التالي توضح للحسابات اعلاه

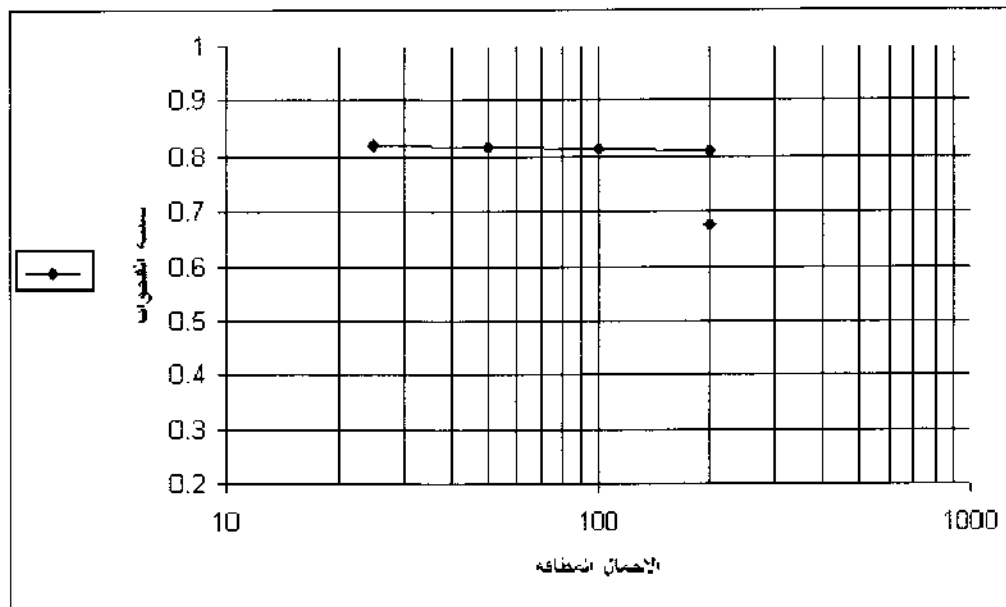
جدول (٣-٣) يوضح الاحمال والقراءات ونسبة الفجوات والانهيارية لنسبة بنتونايت ٥%

الاحمال المضافة	القراءات النهائية	تغير dial إلى (ملم)	2H0	e 0	Cp%
٠	٢٥٠٠	٠	١٩	٠.٨٣٦٩٢	



٢٥	٢٤٦٣	٠.٠٧٤	١٨.٩٢٦	٠.٨١٩٨١	
٥٠	٢٤٥٤	٠.٠٩٢	١٨.٩٠٨	٠.٨١٨٠٨	
١٠٠	٢٤٣٣	٠.١٣٤	١٨.٨٦٦	٠.٨١٤٠٤	
٢٠٠	٢٤١٣	٠.١٧٤	١٨.٨٢٦	٠.٨١٠١٩	٧.٥٧
٢٠٠	١٧٠٠	١.٦	١٧.٤	٠.٦٧٣٠٧٦	

شكل (٢-٣) يوضح نسبة الانصهار في التربة الجبسية لنسبة بنتونايت ٥%



### التجربة الثالثة ( اخافه ١٠% بنتونايت)

ناخذ تربة جبسية ونظيفه عليهما ١٠% من البنتونايت ويكون الفحص جافه مره  
واخرى رطب

تحويل من قراءة الجواز الى ملم:-

(قراءة الجواز الكلية-قراءة الجواز بعد وضع الحمل)\*الدقة الجواز

١- عند وضع ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جافه

$$mm \cdot 0.004 = 0.002 * (2498 - 2500)$$

٢- عند وضع ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جافه

$$\text{mm}0.184 = 0.002 * (2408 - 2500)$$

٣- عند وضع ثقل مقدار ه ١٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm}0.342 = 0.002 * (2329 - 2500)$$

٤- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm}0.51 = 0.002 * (2245 - 2500)$$

٥- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠ نيوتن وهو رطب

$$\text{mm}1.552 = 0.002 * (1730 - 2500)$$

حساب ارتفاع النموذج بعد وضع كل ثقل من الأثقال علما ان سمك الحلقة

(Ring) هو 19mm وذلك من خلال المعادلة التالية:-

$$2H_o = \text{الارتفاع الحقيقي} - \text{قراءة الجوارب ملم}$$

١- في حالة عدم وجود أي ثقل وهو جاف

$$\text{mm}19 = 0 - 19$$

٢- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٥ نيوتن ومقدار هبوطه هو 0.004mm جاف

$$\text{mm}18.996 = 0.004 - 19$$

٣- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٥٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو 0.184mm جاف

$$\text{mm}18.816 = 0.184 - 19$$

٤- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ١٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو 0.342mm جاف

$$\text{mm}18.658 = 0.342 - 19$$

٥- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو 0.51mm جاف

$$\text{mm}18.49 = 0.51 - 19$$

٦- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو 1.552mm رطب

$$\text{mm}17.448 = 1.552 - 19$$

لحساب سمك التربة بعد استخراج الفجوات منه نستخدم المعادلة التالية

$$2H_s = \text{وزن التربة الحقيقي} \backslash (\text{مساحة ring} * Gs * \text{كثافة الماء})$$

$$2H_s = 117.52 \backslash (1 * 2.57 * 24.18)$$

$$\text{mm}10.4 = 2H_s$$

لحساب نسبة الفجوات في التربة يجب تقسيم حجم الفجوات على حجم التربة الصلد بدون فجوات وذلك موضع في المعادلة التالية

$$2H_s \setminus (2H_s - 2H_o) = e_o$$

١- احتساب نسبة الفجوات قبل إضافة أي ثقل وهو جاف

$$0.82692307 = 10.4 \setminus (10.4 - 19) =$$

٢- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$0.826538 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.996) =$$

٣- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$0.809330769 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.816) =$$

٤- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm } 0.794038461 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.658) =$$

٥- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm } 0.777884615 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.49) =$$

٦- احتساب نسبة الفجوات بعد إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm } 0.7776923 = 10.4 \setminus (10.4 - 17.448) =$$

وبعد إيجاد نسبة الفجوات في كل ثقل من الأثقال نقوم باحتساب نسبة الانهيارية الموجودة في التربة الجبسية وهي خالية من الوحدات وذلك من خلال المعادلة التالية:

$$\begin{aligned} C_p \% &= \{(e_o - e_f) \setminus (1 + e_o) * 100\} \\ &= \{(0.7778846 - 0.677692) \setminus (1 + 0.7778846)\} * 100 \\ &= 5.6354786 \end{aligned}$$

حيث أن:-

$e_o$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نيت وهو جاف

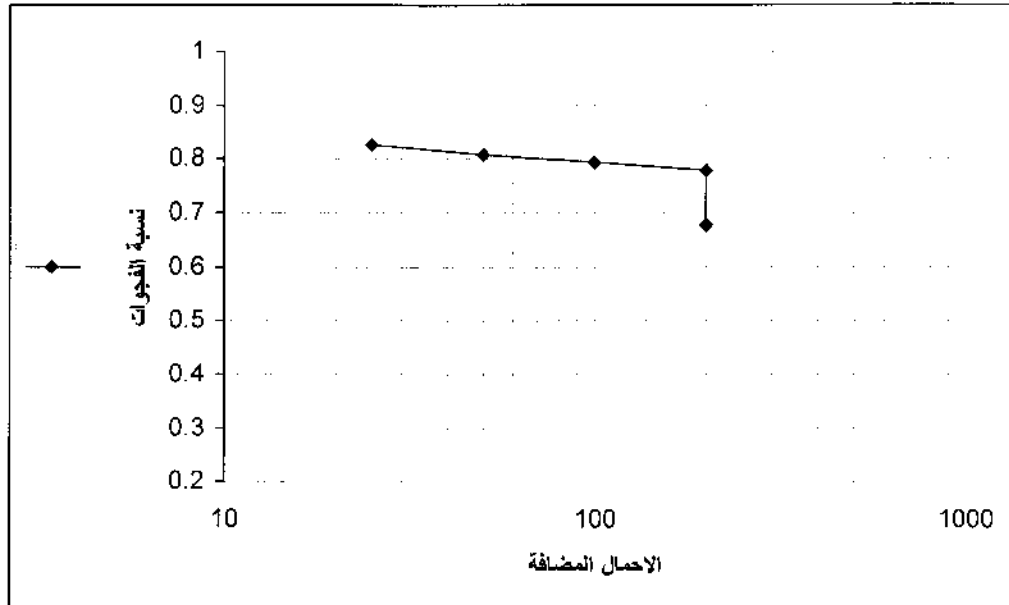
$e_f$ :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نيت وهو رطب

وفي الجدول التالي توضيح للحسابات أعلاه

جدول (٣-٤) يوضح الاحمال والقراءات ونسبة الفجوات الانهيارية لنسبة بنتونايت ١٠ %

الاحمال المضافة	القراءات النهيائية	تغير dial الى (ملم)	$2H_0$	$e_0$	$C_p\%$
٠	٢٥٠٠	٠	١٩	٠,٨٢٦٩٢	
٢٥	٢٤٩٨	٠,٠٠٤	١٨,٩٩٦	٠,٨٢٦٥٣٨	
٥٠	٢٤٠٨	٠,١٨٤	١٨,٨١٦	٠,٨٠٩٢٣٠٧	
١٠٠	٢٣٢٩	٠,٣٤٢	١٨,٦٥٨	٠,٧٩٤٠٣٨٤	
٢٠٠	٢٢٤٥	٠,٥١	١٨,٤٩	٠,٧٧٧٨٨٤	٥,٦٣٥
٢٠٠	١٧٣٠	١,٥٥٢	١٧,٤٤٨	٠,٦٧٧٦٩٢٣	

شكل (٣-٣) يوضح نسبة الانهيارية في التربة الجبسية



### التجربة الرابعة ( اضافة ١٥ % بنتونايت )

نأخذ تربة جبسية ونظيفه عليها ١٥ % من البنتونايت ويكون الفحص جافه مره  
واخرى رطب

تحويل من قراءة الجهاز إلى ملم:-

(قراءة الجهاز الكلية-قراءة الجهاز بعد وضع الحمل)\*الدقة الجهاز

١- عند وضع ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$mm^{0.124} = 0.002 * (2438 - 2500)$$

٢- عند وضع ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$mm^{0.18} = 0.002 * (2410 - 2500)$$

٣- عند وضع ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$mm^{0.354} = 0.002 * (2323 - 2500)$$

٤- عند وضع ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$mm^{0.514} = 0.002 * (2243 - 2500)$$

٥- عند وضع ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$mm^{1.49} = 0.002 * (1755 - 2500)$$

حساب ارتفاع النموذج بعد وضع كل ثقل من الأثقال علما ان سمك الحلقة

(Ring) هو  $mm^{19}$  وذلك من خلال المعادلة التالية:-

$2Ho =$  الارتفاع الحقيقي-قراءة الجهاز ب ملم

١- في حالة عدم وجود أي ثقل وهو جاف

$$mm^{19} = 0 - 19$$

٢- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن ومقدار هبوطه هو  $mm^{0.124}$  جاف

$$mm^{18.876} = 0.124 - 19$$

٣- في حالة إضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو  $mm^{0.18}$  جاف

$$mm^{18.82} = 0.18 - 19$$

٤- في حالة إضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو  $mm^{0.354}$  جاف

$$mm^{18.646} = 0.354 - 19$$

٥- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو  $mm^{0.514}$  جاف

$$mm^{18.486} = 0.514 - 19$$

٦- في حالة إضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو  $mm^{0.79}$  جاف

$$mm^{17.51} = 0.79 - 19$$

لحساب سلك التربة بعد استخراج الفجوات منه نستخدم المعادلة التالية

$$2H_s = \text{وزن التربة الحقيقي} \backslash (مساحة ring * Gs * كثافة الماء)$$

$$2H_s = 117.52 \backslash (1 * 2.57 * 44.18)$$

$$2H_s = 10.8 \text{ mm}$$

لحساب نسبة الفجوات في التربة يجب تقسيم حجم الفجوات على حجم التربة الصلب

بدون فجوات وذلك موضع في المعادلة التالية

$$e_0 = (2H_s - 2H_o) \backslash 2H_s$$

١- احتساب نسبة الفجوات قبل اضافة أي ثقل وهو جاف

$$e_0 = (10.8 - 19) \backslash 10.8 = 0.82692307$$

٢- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$e_0 = (10.8 - 18.876) \backslash 10.8 = 0.815 \text{ mm}$$

٣- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$e_0 = (10.8 - 18.82) \backslash 10.8 = 0.80961538 \text{ mm}$$

٤- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$e_0 = (10.8 - 18.766) \backslash 10.8 = 0.7928846 \text{ mm}$$

٥- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$e_0 = (10.8 - 18.686) \backslash 10.8 = 0.7775 \text{ mm}$$

٦- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$e_0 = (10.8 - 17.51) \backslash 10.8 = 0.683653846 \text{ mm}$$

وبعد ايجاد نسبة الفجوات في كل ثقل من الأثقال نقوم باحتساب نسبة الانهيارية

الموجودة في التربة الجبسية وهي خالية من الوحدات وذلك من خلال المعادلة

التالية:

$$CP\% = \{(e_0 - e_f) \backslash (1 + e_0) * 100$$

$$= \{(0.7775 - 0.683653846) \backslash (1 + 0.7775)\} * 100$$

$$= 5.277$$

حيث ان:-

$e_0$  :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو جاف

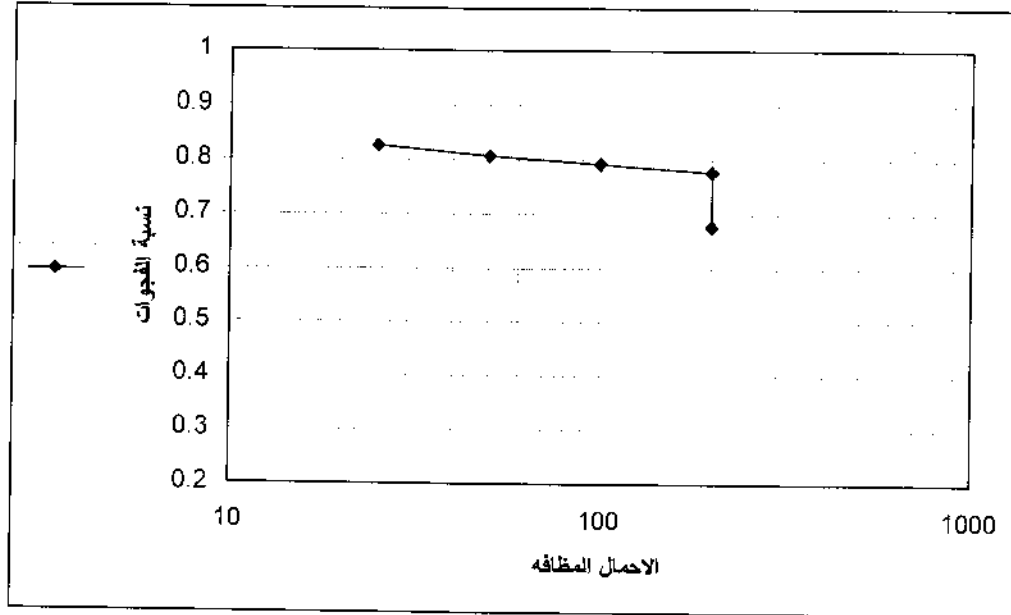
$e_f$  :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو رطب

وفي الجدول التالي توضيح للحسابات اعلاه

جدول (٣-٥) يوضح الاحمال والقراءات ونسبة الفجوات الانهيارية لنسبة بنتونايت ١٥%

الأحمال المضافة	القراءات النهائية	تغير dial إلى (mm)	2H0	e 0	Cp%
٠	٢٥٠٠	٠	١٩	٠.٨٢٦٩٢	
٢٥	٢٤٣٨	٠.١٢٤	١٨.٨٧٦	٠.٨١٥	
٥٠	٢٤١٠	٠.١٨	١٨.٨٢	٠.٨٠٩٦١٥٣	
١٠٠	٢٣٢٣	٠.٣٥٤	١٨.٦٤٦	٠.٧٩٢٨٨٤	
٢٠٠	٢٢٤٣	٠.٥١٤	١٨.٤٨٦	٠.٧٧٧٥	٥.٢٧٧
٣٠٠	١٧٥٥	١.٤٩	١٧.٥١	٠.٦٨٣٦٥٣	

شكل (٣-٤) يوضح نسبة الانهيارية في التربة الجبسية لنسبة بنتونايت ١٥%



### التجربة الخامسة (إضافة ٢٠% بنتونايت)

نأخذ تربة جبسية ونظيفه عليهما ١٥% من البنتونايت ويكون الفحص جافه مره  
وأخرى رطب

تحويل من قراءة الجهاز إلى ملم:-

(قراءة الجهاز الكلية-قراءة الجهاز بعد وضع الحمل)\*الدقة الجهاز

١-عند وضع ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جافه

$$(2421-2500) \times 0.001 = 0.168 \text{ mm}$$

٢-عند وضع ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جافه

$$\text{mm}^{\circ}, 22 = 0,002 * (2390 - 2500)$$

٣- عند وضع ثقل مقدار ه ١٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm}^{\circ}, 384 = 0,002 * (2308 - 2500)$$

٤- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠ نيوتن وهو جاف

$$\text{mm}^{\circ}, 532 = 0,002 * (2234 - 2500)$$

٥- عند وضع ثقل مقدار ه ٢٠ نيوتن وهو رطب

$$\text{mm} 1,804 = 0,002 * (1598 - 2500)$$

حساب ارتفاع النموذج بعد وضع كل ثقل من الأثقال علما ان سمك الحلقة

(Ring) هو mm 19 وذلك من خلال المعادلة التالية:-

$$2Ho = \text{الارتفاع الحقيقي} - \text{قراءة البصاري على سلم}$$

١- في حالة عدم وجود أي ثقل وهو جاف

$$\text{mm} 19 = 0 - 19$$

٢- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٥ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm 0,158 جاف

$$\text{mm} 18,842 = 0,158 - 19$$

٣- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٥٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm 0,22 جاف

$$\text{mm} 18,78 = 0,22 - 19$$

٤- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ١٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm 0,384 جاف

$$\text{mm} 18,616 = 0,384 - 19$$

٥- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm 0,532 جاف

$$\text{mm} 18,468 = 0,532 - 19$$

٦- في حالة إضافة ثقل مقدار ه ٢٠٠ نيوتن ومقدار هبوطه هو mm 1,804 رطب

$$\text{mm} 17,196 = 1,804 - 19$$

لحساب سمك التربة بعد استخراج الفجوات منه نستخدم المعادلة التالية

$$2Hs = \text{وزن التربة الحقيقي} ( \text{مساحة} * Gs * \text{كثافة الماء} )$$

$$2Hs = 117,57 \setminus ( 1 * 2,56 * 24,18 )$$

$$\text{mm} 10,4 = 2Hs$$

لحساب نسبة الفجوات في التربة يجب تقسيم حجم الفجوات على حجم التربة الصلدة

بدون فجوات وذلك موضع في المعادلة التالية



$$2HS \setminus (2HS - 2H0) = e0$$

١- احتساب نسبة الفجوات قبل اضافة ابي ثقل وهو جاف

$$0.82792307 = 10.4 \setminus (10.4 - 19) =$$

٢- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٥ نيوتن وهو جاف

$$0.811730769 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.842) =$$

٣- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٥٠ نيوتن وهو جاف

$$0.80576923 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.78) =$$

٤- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ١٠٠ نيوتن وهو جاف

$$0.79 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.616) =$$

٥- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو جاف

$$0.777576923 = 10.4 \setminus (10.4 - 18.468) =$$

٦- احتساب نسبة الفجوات بعد اضافة ثقل مقداره ٢٠٠ نيوتن وهو رطب

$$0.653461538 = 10.4 \setminus (10.4 - 17.196) =$$

وبعد ايجاد نسبة الفجوات في كل ثقل من الاثقال نقوم باحتساب نسبة الانهيارية الموجودة في التربة الجبسية وهي خالية من الوحدات وذلك من خلال المعادلة التالية:

$$\begin{aligned} C_p\% &= \{(e_0 - e_f) \setminus (1 + e_0) * 100\} \\ &= \{(0.7775769 - 0.6534615) \setminus (1 + 0.777576)\} * 100 \\ &= 6.8875893 \end{aligned}$$

حيث أن:-

$e_0$  :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو جاف

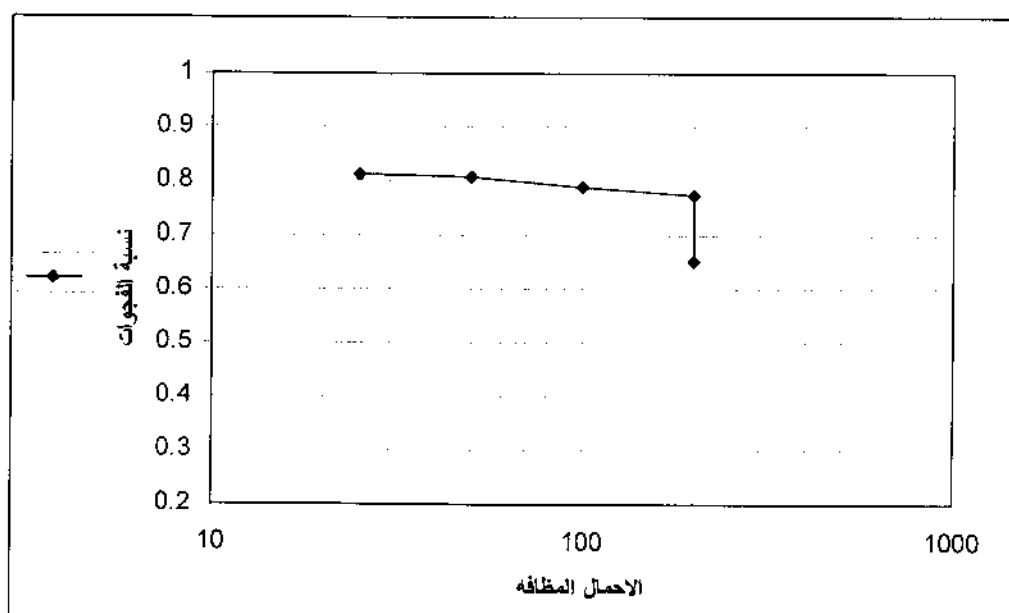
$e_f$  :- نسبة الفجوات في التربة للثقل مقداره ٢٠٠ نبت وهو رطب

وفي الجدول التالي توضيح للحسابات اعلاه

جدول (٦-٣) يوضح الاحمال والقراءات ونسبة الفجوات والانهيارية لنسبة بنتونايت ٢٠%

الاحمال المضافة	القراءات النهائية	تغير dial الى (علم)	2H0	e 0	Cp%
0	٢٥٠٠	٠	١٩	٠,٨٢٦٩٢	
٢٥	٢٤٣٨	٠,١٥٨	١٨,٨٤٢	٠,٨١١٧٣٠٧٦	
٥٠	٢٤١٠	٠,٢٢	١٨,٧٨	٠,٨٠٥٧٦٩٢	
١٠٠	٢٣٣٣	٠,٣٨٤	١٨,٦١٦	٠,٧٩	
٢٠٠	٢٢٤٣	٠,٥٣٢	١٨,٤٦٨	٠,٧٧٥٧٦٩	٦,٨٨٧
٣٠٠	١٥٩٨	١,٨٠٤	١٧,١٩٦	٠,٦٥٣٤٦١٥٣	

شكل (٣-٤) يوضح نسبة الانضغاطية في التربة الجبسية لنسبة بنتونايت ٢٠%



والجدول التالي يوضح خلاصة النتائج للتجارب الخمسة وحساب  $C_p$  لها  
جدول (3-7) يوضح الترب الجبسية و  $C_p$  لها

الانضغاطية $C_p$ %	التربة الجبسية
9.69	1- التربة الجبسية بدون اضافة
7.57	2- التربة الجبسية باضافة 5% بنتونايت

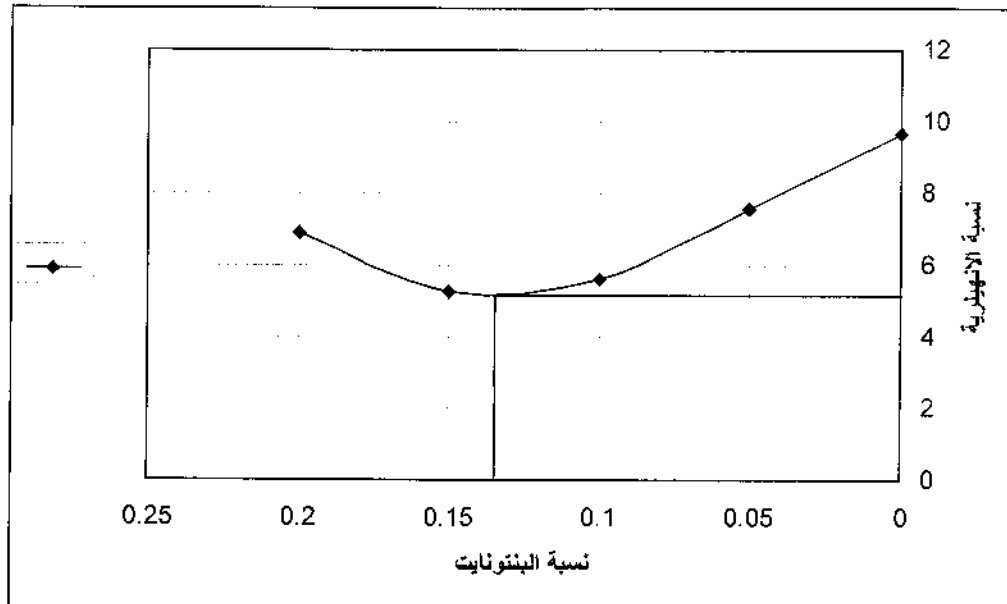
5.635	3- التربة الجبسية باخلقة 10% بنتونايت
5.277	4- التربة الجبسية باخلقة 15% بنتونايت
6.887	5- التربة الجبسية باخلقة 20% بنتونايت

يتبين من الجدول (3-7) لنتائج  $C_p$  % للتجارب الخمسة ان اضافة 15% بنتونايت قد قلل مقدار الانهيارية الى اقل ما يمكن واصبحت محدود 5.277 بينما عند اضافة 20% ازدادت الانهيارية ثانية ، ومنه نستدل على انه نسبة الاضافة المثلى هي ما بين (10% - 15%)

### اختيار نسبة البنتونايت المثلى:-

من خلال التجارب السابقة لفحص الانهيارية لتربة الجبسية ومعالجتها بالبنتونايت استطعنا عمل منحنى بين نسبة البنتونايت ونسبة الانهيارية واستخراج النسبة المثلى للبنتونايت التي تحقق اقل انهيارية وهي النسبة الواقعة بين ما بين (10%-15%) وبعد اضافة 30%

شكل (3-6) يوضح العلاقة بين نسبة الانهيارية ونسبة البنتونايت



## الاستنتاجات والتوصيات

## Conclusions

١- تم حساب المحتوى الجبسي مختبريا للعديد من الترب الجبسية المأخوذة من منطقة الترنار ومعددها خمسة ولمواقع مختلفة وكان المحتوى الجبسي كالتالي (١١ أو ١٢ أو ١٤ أو ١٥ أو ٢١ %).

٢- أظهرت الترب الجبسية غير المعالجة باستخدام البنتونايت خواص غير جيدة بسبب المحتوى الجبسي العالي ( الذي يزيد عن ٢٠%).

٣- لأجل القيام بفحص الانهيارية تم اخذ النسب التالية:

بدون إضافات والفحص جاف رطب  
بإضافة ٥% بنتونايت والفحص جاف رطب  
بإضافة ١٠% بنتونايت والفحص جاف رطب  
بإضافة ١٥% بنتونايت والفحص جاف رطب  
بإضافة ٢٠% بنتونايت والفحص جاف رطب

٤- كانت نتائج الانهيارية للترب الجبسية كالتالي

بدون إضافات 9.69%  
بإضافة ٥% بنتونايت 7.57%  
بإضافة ١٠% بنتونايت 5.635%  
بإضافة ١٥% بنتونايت 5.277%  
بإضافة ٢٠% بنتونايت 6.887%

نستنتج بأن إضافة بنتونايت بنسبة ١٥% أعطت أقل انهيارية للتربة ولكن عند إضافة بنتونايت ٢٠% يزداد الانهيارية وحيه فإن أفضل نسبة إضافة هي تتراوح ما بين ١٥% إلى أقل من ٢٠% .

### التوصيات Recommendations

- ١- من الممكن توسيع الدراسة الحالية لتشمل خاص أخرى مثل مقاومة القص Shear Strength .
- ٢- من الممكن استخدام مواد مضافة أخرى مثل الكاولين و النورة والسمنت.

## References المصادر

### المصادر الأجنبية

- 1- Clemence, S.P. and Finbarr, A. O. (1981) .  
Distribution for collapsible soils. J. Geotec. Eng. ,  
Vol. 107, No. Gt3.P- 305-317.
- 2- Ibrahim, A.N. (2008). Application of geophysical  
survey and remote sensing techniques , Geotechnical  
Eng. Dep Ph.D. Un. of Technology.
- 3- Alfen and Romero (1971)
- 4- Neaimi (2001). Evaluation of delayed compression  
of gypseous soil with emphasis on neural network  
approach. Ph.D Thesis. e Geotechnical Eng. Dep , Un.  
of Technology.
- 5- Mitchell (1971).

### المصادر العربية

- ١- د. حسين حميد كريم . تأثير الصخور الجبسية على المشاريع الهندسية - دراسة حالة سد الموصل . مشروع تخرج من قبل احمد عادل حسين ، نور جاسم محمد . قسم هندسة البناء والانشاءات - الجامعة التكنولوجية . ٢٠٠٩ .
- ٢- عصام نشأت ، الخصائص الهندسية للتربة الجبسية في العراق رسالة دكتوراه مقدمة الى جامعة بغداد ١٩٩٣ .
- 3 - البرزنجي (١٩٧٣) تصنيف التربة الجبسية .  
مشروع صف رابع ، مشروع التخرج . قسم هندسة بناء والانشاءات - الجامعة التكنولوجية