



د. عمار عباس محمد  
2010/5/20

جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
الجامعة التكنولوجية  
قسم هندسة البناء و الانشاءات

١٥

## ايجاد قوة التحمل للتربة المثبتة باستخدام أجهزة مختلفة

مشروع مقدم الى الجامعة التكنولوجية في قسم هندسة البناء و  
الانشاءات كجزء من المتطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم  
هندسة الطرق و الجسور

اعداد

علي عبدالكريم سلمان

مجتبى عصام محمدمهدي

بأشراف

د. عمار عباس محمد

م.م زينة طارق



2010 م

طارق

# الإهداء

إلى النبي زعزاع الكلمات عن وصف عظيمة

ربي

إلى من أهدني طريق العلم والإيمان

ربي

إلى أتباع العزب و النهضة المباركة

أمي

إلى النبي وهب لي من جازته المنير

أبي

إلى القلوب الصافية التي تفيض بباب و حب الناس

لجودتي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

لأن شكرتم لأزيد منكم

صلى الله العظيم

شكر و تقدير

الحمد لله ذي الملكوت و الجبروت و الكبرياء و العظمة  
الحمد لله خالق النسان من سلالة من طين  
الحمد لله الذي يسر لنا هذا الامر و وفقنا لانجازه على  
هذا الوجه  
و الصلاة و السلام على خير الانام و على آله الطيبين  
الطاهرين  
نتقدم بفائق الشكر و الامتنان الى الدكتور الفاضل  
عمار عباس محمد على عونه المتواصل و نصائحه القيمة  
ولما بذله من جهد و متابعة قيمة طوال فترة المشروع

## الفهرس الفصل الاول

2	المقدمة
3	1-2 تكوين التربة وأنواعها
3	1-3 الهدف والغاية العلمية من المشروع
4	1-4 التربة المستخدمة بالمشروع
5	1-5 التثبيت باستعمال الاسمنت
10	1-6 التثبيت بالنورة
<b>الفصل الثاني</b>	
16	1-2 فحص المخروط الرملي
17	2-2 فحص إيجاد الكثافة النوعية
18	2-3 فحص الترسيب (المكثاف)
19	2-4 حدود أتربرك
21	2-5 الرص السطحي (الحدل)
26	2-6 فحص القص المباشر
27	2-7 فحص الانسقاط غير المحصور
<b>الفصل الثالث</b>	
	العمل المختبري و نتائج الفحوصات
30	1-3 نتائج الفحوصات التي تم اجرائها على التربة الأصلية

33	2-3 نتائج الفحوصات التي تم إجرائها على التربة المثبة بالاسمنت و النورة
	<b>الفصل الرابع</b>
43	المناقشة
43	1 - 4 تثبيت التربة بأستعمال الأسمنت او النورة
46	2 - 4 ايجاد العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و جهاز القص المباشر و جهاز الانضغاط غير المحصور
47	3 - 4 ايجاد العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و جهاز القص المباشر و جهاز الانضغاط غير المحصور
	<b>المصادر</b>

## المقدمة

ان الطرق الرئيسية التي تربط بين المدن كبيره وتتحمل إتقالا محوريه كبيره واجهادات عاليه لها تصاميم خاصة تعتمد على نوعيه تربة الأرض الطبيعية وعلى حجم المرور المقترح لاستخدام طريق كذلك يتأثر التصميم بالظروف البيئية فالتصميم في المناطق الباردة يختلف عنها في المناطق الحارة .

كما هو معروف فإن الطريق يتكون بصوره عامه من عدة طبقات تبدأ بالتبليط وينتهي بأرضيه الطريق كذلك المطارات وان كل طبقه من الطبقات يجب ان تكون مواصفاتها ومميزاتها تفي بالإغراض التي تستخدم لأجلها .

ان الدراسات ألدنيه تتركز حول أرضيه الطرق والمطارات التي تعتبر المسند الأساس والمسند القوي لباقي الطبقات والتي تتحمل معظم الاجهادات والإتقال المحورية المسلطة على الطريق سواء كان طريق او مطار او غيره والناشئة من تأثير السيارات على العجلات او الطائرات او حتى القطارات على السكك ، ولإغراض التصميم يجب أولا وقبل كل شئ اخذ المعلومات الاولييه حول الموقع ثم دراسة تربة الموقع . وتحديد مدى صلاحيتها كأرضيه للطريق ، فاذا كانت غير ناجحة فيجب تحديد أحسن وأسرع وأسهل الطرق للتثبيت وبأقل كلفه وباستعمال مواد التثبيت المتوفرة والآلات او المكائن المتوفرة.

## 1-2 تكوين التربة وأنواعها

يقتصر اهتمام المهندس المدني علي (5 إلى 10) متر من الطبقة العليا من التربة عند معالجته لبعض المشاريع الصغيرة والمتوسطة . اما بخصوص السنود العالية والجسور على الأنهار الكبيرة فيتوجب إجراء التحريات الى أعماق أكثر تحت سطح الأرض حيث يستفيد من معرفته الجيولوجية للمنطقة ومن مفهومه للعمليات التي أدت الى تكوين ترسبات خاصة من التربة في الموقع في إعداد الأساس لذلك المشروع وهذه المواضيع ذات علاقه مباشره بالجيولوجيا الهندسيه . ان كافة انواع الترب ناتجه عن الصخور سواء اكانت ناريه او ثانويه او صخور متحوله حيث تتعري هذه الصخور بعملية التنقيب الميكانيكي او التحلل الكهربائي او بالمحاليل ولما كان التركيب الكيميائي للصخور يختلف من نوع الى اخر فان هذا الاختلاف ينعكس على خصائص التربة الناتجه وان عملية تعرية الصخور تتاثر بالمناخ وبعوامل اخرى وهذا بدوره يؤثر على خصائص التربة .

## 1-3 الهدف والغاية العلمية من المشروع

أ- محاولة ايجاد علاقه بين جهاز الاختراق اليدوي وجهاز القص المباشر وذلك من اجل الحصول على النتائج الخاصه بفحص (direct shear test) باستخدام جهاز الاختراق للترب الناعمة الحبات وكذلك الترب الناعمة المثبتة بالاسمنت وبالنورة .

ب - دراسة التغيرات التي تحدث للكثافة الخاصة بالترب الطينية المثبتة بنسب مختلفة من الاسمنت والنوره .

ج - محاولة إيجاد علاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و جهاز الانضغاط غير المحصور كما في فقرة (أ).

د- دراسة الجدوى الاقتصادية من التثبيت بالاسمنت وإيجاد المحتوى الأمثل ودراسة الجدوى الاقتصادية من التثبيت بالنوره وإيجاد المحتوى الأمثل.

### 1-4 التربة المستخدمة بالمشروع

بسبب الاختلاف الكبيرة بين الأنواع التربة وخصائصها سنقتصر على دراسة الترب الناعمة والتي تمتاز بخصائص معينة تميزها عن الترب الخشنة الحبات حيث ان الترب الطينية تنتج عن التعرية الكيميائية chemical weathering

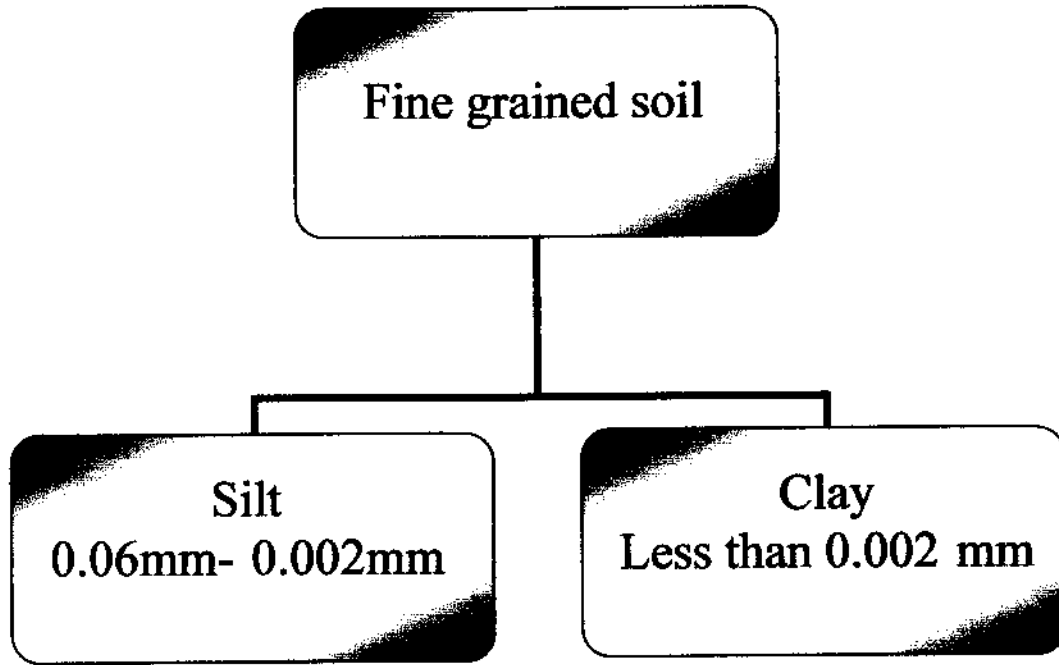
والتي تؤدي إلى تغير في أصدفه المعدنية للصخرة الاصلية نتيجة تأثير الماء الذي يحتوي على اثار حامضية او قاعدية كما ان هذا النوع من التعرية يؤدي الى تكوين حبيبات بلورية متناهية الصغر تعرف بالمعادن الطينية ( clay minerals ) .

علما ان الحبيبات الناتجة لاحتفظ بخواص الصخره الاصلية التي تكونت منها وبشكل عام فان هذه الحبيبات تكون مثل الصفيحة ( plate shape ) وان اهم ميزه لها عن الحبيبات الخشنة ان هناك تماسك او تجانب بينها وانها تكون المجموعتين



الأساسيتين التي تكون الترب الناتجة fine grained soil او التربة المتماكسة

cohesive soil وهي الطين clay والغرين silt



### 5-1 التثبيت باستعمال الاسمنت

التثبيت لاستعمال الاسمنت واحدة من الطرق المستعملة لتثبيت التربة وزيادة قوة

تحملها بصورة عامه يضاف الاسمنت والماء الى التربة المراد تثبيتها وبنسب معينه ثم

تخلط وترص للحصول على تربه قويه قادره على تحمل الانتقال المحوريه.

ان الغرض الرئيسي من استعمال الاسمنت هو زيادة القوة واعطاء الخليط مرونة عالية لتكون التربة المثبتة ناجحة وذات مواصفات مطابقة لمتطلبات المشروع المقترح.

استعمله عمليه التثبيت بالاسمنت لاول مره في انكلترا عام 1945 وقد اجريت عدة فحوصات من قبل المختبرات الاوربيه لايجاد النسب المثلى لمكونات التربة الاسمنتيه وتتراوح هذه النسب الداخلة في تكوين التربة الاسمنتيه بحدود (5%—15%) من وزن التربة ويساوي تقريبا بحدود (0,1—0,2) طن من الاسمنت لكل متر مكعب واحد من التربة ، ان الطرق الترابيه في العراق صالحه بانواعها المختلفه للتثبيت بالاسمنت علما ان تكون نسبة الأملاح الكبريتية اقل من (1%) ولا تزيد المواد العضويه عن (2%) ،ويمكن استعمال الاسمنت المقاوم للاملاح في حاله زيادة نسبة الكبريتات في التربة .

### 1-5-1 التربة المثبتة بالاسمنت

التربة الاسمنتيه تعرف بانها خليط من التربة المرصوصه بقوه وتتكون من الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والماء مضافه الى التربة الطبيعيه فعندما يبدأ الاسمنت تزداد قوه وصلابه الخليط ويصبح ذا متانه عاليه ، ان للتربة الاسمنتيه استعمالات واسعه في الطرق الخارجيه والداخليه ومدارج المطارات .

وكما ذكرنا سابقا فان من الممكن لاي تربه ان تتخلل في مزيج التربة الاسمنتيه لكن التربة الحبيبيه تكون اكثر فعاليه وتحتاج الي نسب قليله من الاسمنت للحصول على التثبيت المطلوب .

غالبا ما يستعمل فحص الضغط غير المحصور لحساب النسب المثلى للاسمنت المضافه الي التربة وعلى اساس قوة الضغط الناتجه والكثافه الجافه الناتجه .

استعملت التربة الاسمنتيه وعلى نطاق واسع في اوربا والولايات المتحده في رصف وانشاء مواقف السيارات ومدارج الطائرات وأنواع كثيره من الطرق وذلك لعدة أسباب أهمها:

1. قلة الكلفه الاوليه .
2. سرعة الانشاء .
3. الصلابه التي تعطيهها .
4. القوه العاليه التي تزودها للتربة المثبتة .

ان مواصفات التربة الاسمنتيه تخمن على اساس فحوصات القوه الغير المحصوره وذلك بعد اعطاء الوقت الكافي لاماهة الاسمنت لظهار القوه الحقيقيه للتربة المثبتة.

في التربة المثبتة المستعمله كقاعده او كقاعده ثانويه تحدد القوه ولخمس نماذج بعمر سبعة أيام لا تقل عن ( 2.76 MN / M2 ) لنماذج اسطوانه لها نسبة ارتفاع الى قطر (1:2) و ( 3.75MN/M2 ) لنماذج مكعبه.

## 1-5.2 العوامل المؤثرة على عملية الاماهة

ان عملية اماهة الاسمنت معقده وحساسة للتغير في الظروف الطبيعية اما التغير القليل جدا في تركيب الكيمائي فله تاثير كبير على قوة المادة عند تثبيتها وفيما يلي تأثير بعض المواد على عملية الاماهة :

### أ- المواد العضوية

موجوده في الطبقات العليا من التربة ولها تاثير مهم عند تثبيت طبقات التربة المسطحة ، وليس من الضروري ان تكون هذا المواد معيقه لاماهة الاسمنت ، المواد العضوية القادرة على اعاقه عمليه الاماهة تعتمد على قابلتها في التفاعل مع ايونات الكالسيوم ولوجود نسبة PH فالتربة المثبتة الحاوية على مواد عضويه لها (PH) اقل من تلك الخاليه من المواد العضويه وتحدد المواصفات البريطانية للتحري عن المواد العضوية في تربه اسمنتيه باستعمال 10% من الاسمنت العادي قيمة (PH) بعد مرور ساعة من إضافة الماء 1،12 على الأقل وتدل هذا النسبة على وجود المواد العضوية التي لها القابله على منع التصلب الصحيح للصحيح للاسمنت ومن الممكن معالجه هذه الحالة باستخدام كلوريد الكالسيوم كعامل مساعد.

## ب- الاملاح

قد تكون كميه الاملاح سببا لجعل التربة غير مناسبة للتثبيت ، وفي بعض الحالات فان مهاجمة الاملاح يعتبر خطرا ويمكن هذا في انتقال الاملاح نتيجة الحركة الموسمية للمياه الجوفية من منطقه تحت مستوى المياه الجوفية الى التربة المثبتة الموجه فوقها .

ان املاح الكالسيوم (الجبس ) تؤثر على منتجات الاسمنت اذ ترتبط مع الومينات الكالسيوم الثلاثيه للاسمنت بوجود زيادة من الماء لتكوين مركب سلفر الومينات الكالسيوم (الراتجات ) التي تشغل حجما كبيرا من كتلة التربة وتعمل على تفتيت التربة الاسمنتية ، كما ان لاملاح المغنسيوم تاثير مشابه الا انها اكثر خطرا لقابليتها العالية على النوبان ولتفاعلها مع سلكيات بالاضافه الى الالومينات.

ان الماء جزء مهم في التفاعل ، لكل نسبته الموجوده في التربة المثبتة لا تكون كافيه لذابة هذه الاملاح ما لم تكن هنالك كميات اضافية ولذا فليس لهذه الاملاح تاثير رغم وجودها بتركز عالي وجود مياه زائدة والتي قد تحصل عليها التربة من المياه الجوفية . لا يمكن معالجة الا بتقليل كميه المياه او حماية التربة منها.

## ج- كاربونات الكالسيوم

ان وجودها يساعد في تثبيت التربة وذلك بسبب تشبع المواد العضوية الموجودة في التربة وكذلك وجودها يحمي عملية التثبيت من المشاكل في التربة الجيرية وقد صدرت

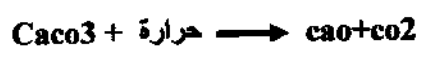
المواصفات البريطانية للتربة التي لها (PH) أعلى من (7) كدليل على وجود  
كربونات الكالسيوم بنسب ناجحة للتثبيت بالاسمنت.

### د- أكاسيد الحديد والالمنيوم

أكاسيد الحديد والالمنيوم الحرة موجودة في التربة الطبيعية وليس لها تأثير على  
التربة المثبتة بالاسمنت ولكن وجودها بنسب كبيرة وكما في الترب الناتجة من الصخور  
الحمراء المسامية يؤثر على أهامة الاسمنت وعموما يمكن تثبيت مثل هذه التربة  
باستعمال كميات من الاسمنت.

### 1-6 التثبيت بالنورة

ان النورة عبارة عن (أكسيد الكالسيوم) حيث يتم تحضيرها بحرق حجر الكلس الذي  
هو عبارة كربونات الكالسيوم داخل افران فيؤدي الحرق الى فقدان ثنائي اوكسيد  
الكربون وتبقى النورة الجبسية غير المطفأة



ومن المعتاد ان تطفأ النورة لتتحول الى النورة المطفأة او وهذه تكون على شكل  
مسحوق ناعم وليس من الضروري استعمال حجر الكلس النقي لتحضير النورة.

فمن الممكن حرق الصخور غير النقية وبذلك يتو الحصول على نورة حاوية على نسبة من الشوائب هي عناصر المغنيسيوم وفي هذه الحالة يطلق عليها النورة المغنيسية واذا كانت مطفاة فيطلق عليها النورة المغنيسية المطفاة .

وطبيعيا فان احتواء النورة على شوائب سيؤثر على فاعليتها . اما درجة نعومتها او اختلاف شكلها فان تأثيرهما قليل لذلك يجب الاعتماد على كمية التربة النقية في اعمال تثبيت التربة وليس على كميتها الكلية. ان النورة المطفاة هي الاكثر استعمالا في تثبيت التربة ولو ان النورة الحية اكثر فعالية وغالبا ما تضاف النورة الجافة الى التربة كما انه بالامكان اضافتها على شكل مستحلب يصل تركيزه الى 50%.

### 1-6-1 التربة المثبتة بالنورة

ان اضافة النورة الى التربة يؤدي الى زيادة تركيز ايونات الكالسيوم في الطبقة الايونية المزوجة المحيطة بجزيئات الطين مما يؤدي الى تعادل الشحنات حولها وبذلك نقل قابلية امتصاصها للماء اي تتخفف لدونتها.

وهنا تكمن احدى الفوائد الكبرى من استخدامها في تثبيت التربة الطينية. ومن الجدير بالذكر ان النورة تكون اكثر فعالية من التربة الطينية دون غيرها واستعمالها يكون اكثر ملائمة للتربة الطينية عالية اللدونة كما ان تفاعل النورة يكون اسرع من الطين المونتموريلونايت كما هو عليه في الطين نوع الكاولينايت بفارق اسابيع من الزمن.

ان احتواء التربة على نسبة عالية من المواد العضوية فإنه مضر جدا لعملية التثبيت بالنورة. وكذلك الحال بالنسبة للتربة الغرينية حيث ان النورة لا تكون فعالة في تثبيتها ولا ينصح باستعمال النورة في تثبيت التربة الرملية الا اذا كانت محتوية على نسبة ولو قليلة من الطين. اما التربة الحصوية او الحجارة المكسرة فلا يمكن تثبيتها بالنورة ما لم تكن المواد الناعمة فيها من النوع اللدن، ومن هنا يظهر الاختلاف في كمية النورة المناسبة لتثبيت أنواع التربة المختلفة.

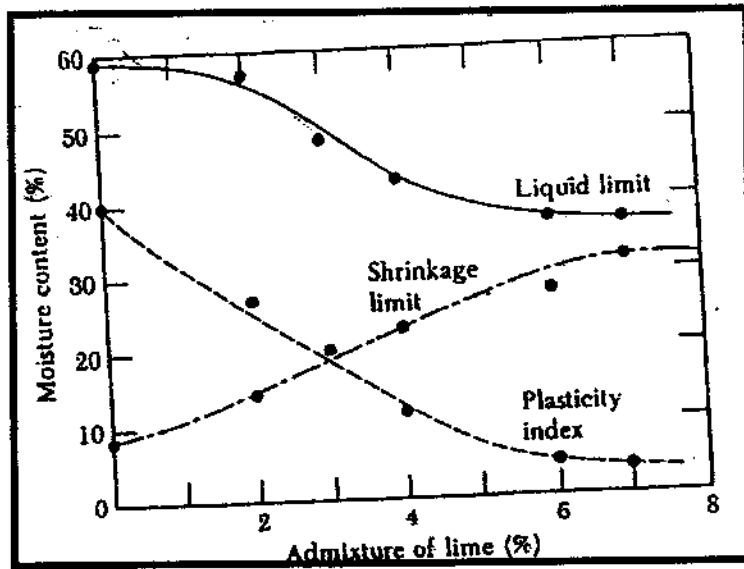
الجدول التالي يبين نسبة النورة اللازمة لتثبيت وتحسين عدة انواع من التربة

نسبة النورة المقترحة (%)		نوع التربة
لغرض التثبيت	لغرض التحسين	
لا ينصح	1-2	حجر مكسر ناعم
3	1-3	حصى جيد التدرج يحتوي طين
لا ينصح	لا ينصح	الرمل
2-5	لا ينصح	رمل يحتوي طين
2-5	1-3	غرين طيني
3-8	1-3	طين عالي اللدونة
لا ينصح	لا ينصح	تربة عضوية
3	لا ينصح	تربة مزيجيه

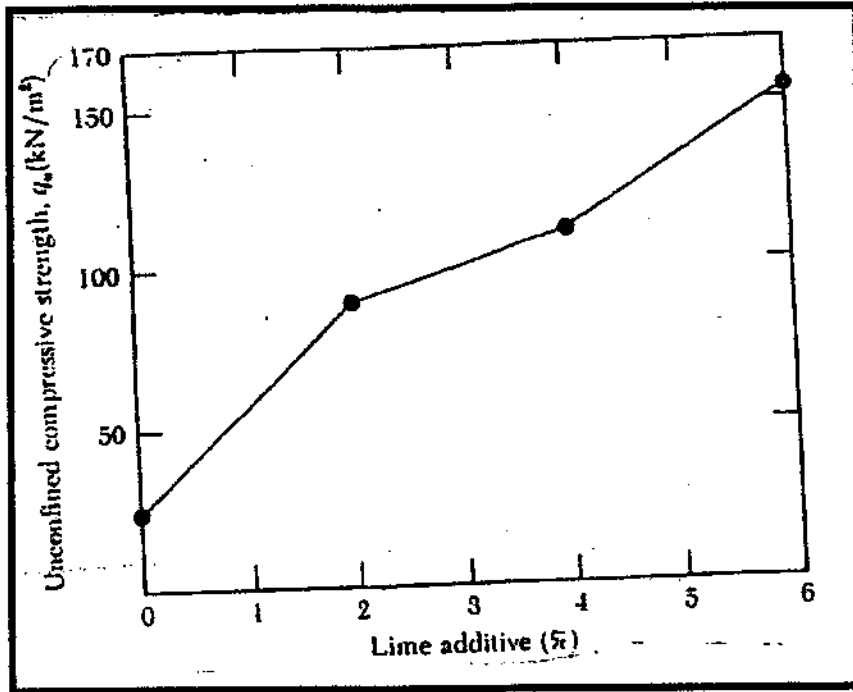


## 1-6-2 تأثير إضافة النورة على خواص التربة

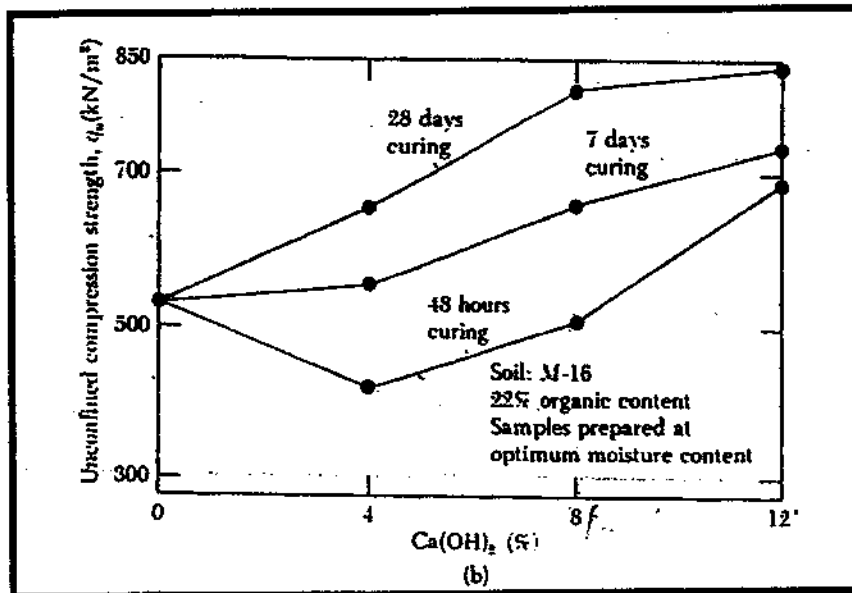
- 1- محتوى اللدونة : تعمل النورة على تقليل محتوى اللدونة للتربة العالية اللدونة وكذلك زيادة محتوى اللدونة للترب واطئة اللدونة (1-1)
- 2- قوة التربة : بصورة عامة فان اضافة النورة تؤدي الى زيادة القوة لجميع انواع الترب وكذلك تؤدي الى زيادة القوة مع مرور الوقت كما لوحظ انخفاض في الانضغاطية للتربة وزيادة معامل النفاذية كما في الشكل (2-1)
- 3- الكثافة : بصورة عامة فان اضافة النورة تؤدي الى تكوين هيكل ملبد حيث تؤدي الى تقليل الكثافة الجافة وزيادة المحتوى الرطوبي
- 4- وقت معالجة التربة : يؤثر على قابلية تحمل التربة كما في الشكل (3-1) ان النسبة المثلى لإضافة النورة الى التربة تحدد (3-4 %) من الكثافة الجافة للطين ويمكن ان تزداد هذه النسبة بزيادة نسبة الرطوبة الطبيعية . وان سمك الطبقة المعالجة بالنورة تتراوح 20-25 سم.



شكل رقم (1-1)



شکل رقم ( 2-1 )

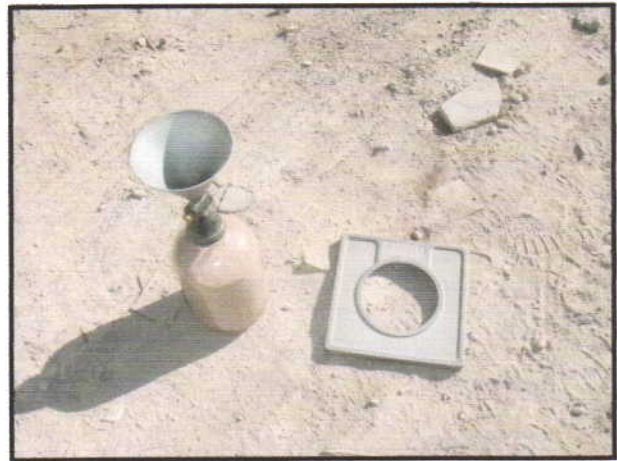
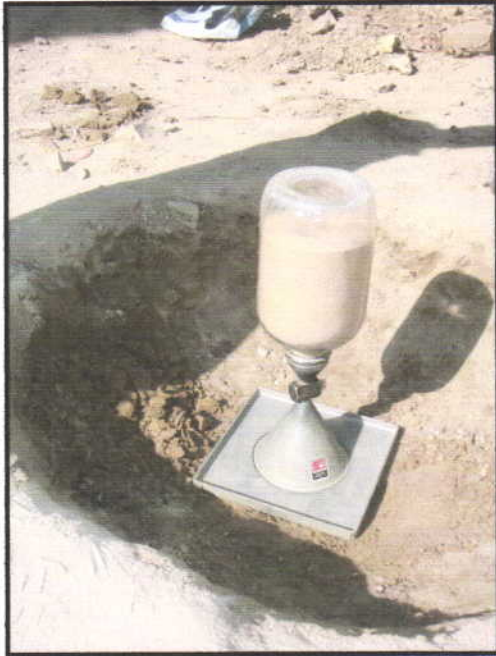


شکل رقم ( 3-1 )

الفصل الثاني  
التقسيم

## 1-2 فحص المخروط الرملي sand cone test

إن الأساس الذي تعتمد عليه هذه الطريقة في قياس حجم التربة هو ملئ الحفرة الذي اخذ منها نموذج التربة برمل معلوم الكثافة وحساب وزن هذا الرمل . يستعمل في هذا الفحص اسطوانة معدنية أو زجاجيه ذات مخروط في نهايتها مزود بصمام يسمح بانسياب الرمل من الاسطوانة إلى الحفرة بسرعة معينه للحفاظ على كثافة ثابتة عنده ملئ الحفرة والرمل يجب إن يكون متجانسا ويمر من مدخل رقم 20 ويبقى على مدخل رقم 30 وبعد تحديد وزن الرمل المعلوم الكثافة داخل الحفرة يتم تحديد حجم الحفرة ومن معرفة وزن التربة المحفورة ومحتواها الرطوبي يتم إيجاد الكثافة الجافة للتربة في الموقع .



## 2-2 فحص إيجاد الكثافة النومية

يعتبر هذا الفحص طريقه عامه للحصول على الوزن لكتله أي نوع من المواد المتكونة من جسيمات صغيره وزنها النوعي اكبر من (5 — 1) وينطبق هذا الفحص بصورة خاصة على التربة الناعمة (الرمل) العابر من مدخل رقم (4) ويعتبر الوزن النوعي (Gs) بمثابة معدل لقيمه الوزن النوعي لحبيبات التربة حيث إن الوزن النوعي لحبيبات التربة يكون دائماً اكبر من الوزن النوعي الظاهري للتربة) حيث يتضمن الأخير فجوات مملوءة بالماء والهواء الموجودة بالتربة ( . ويستعمل الوزن النوعي في حساب نسبة الفجوات في التربة وفي تحليل التربة بطريقه المكثاف ( الهيدرو ميتر ) وفي إيجاد كثافة التربة ودرجه التشبع وقد تم الاعتماد على المواصفة التالية بإجراء الفحص :-

Aashto t100\_70

ASTM D 854\_02