



د. عباس عزازي
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 محمد مهدي

بأشراف

د. عمار عباس محمد

م.م زينة طارق

2010 م



طارق

الإهداء

إلى النبي زعزاع الكلمات عن وصف عظمته

ربي

إلى من ألهمني طريق العلم والإيمان

ربي

إلى أتباع العزب و النعمة الهائلة

أمي

إلى النبي وهب لي من حباته الخير

أبي

إلى القلوب الصافية التي تفيض بالحب و حب الناس

لخوتي



لأن شكرتم لأزيدنكم

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 عون المتواصل و نصائحه القيمة

ولما بذله من جهد و متابعة قيمة طوال فترة المشروع

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

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

المقدمة

ان الطرق الرئيسية التي تربط بين المدن كبيره وتتحمل إتحالا 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 بصورة 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 ألدنيته 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 الاوليه 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 المكاتن 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 السدود 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 تتأثر 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 والنور .

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 بالنور 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

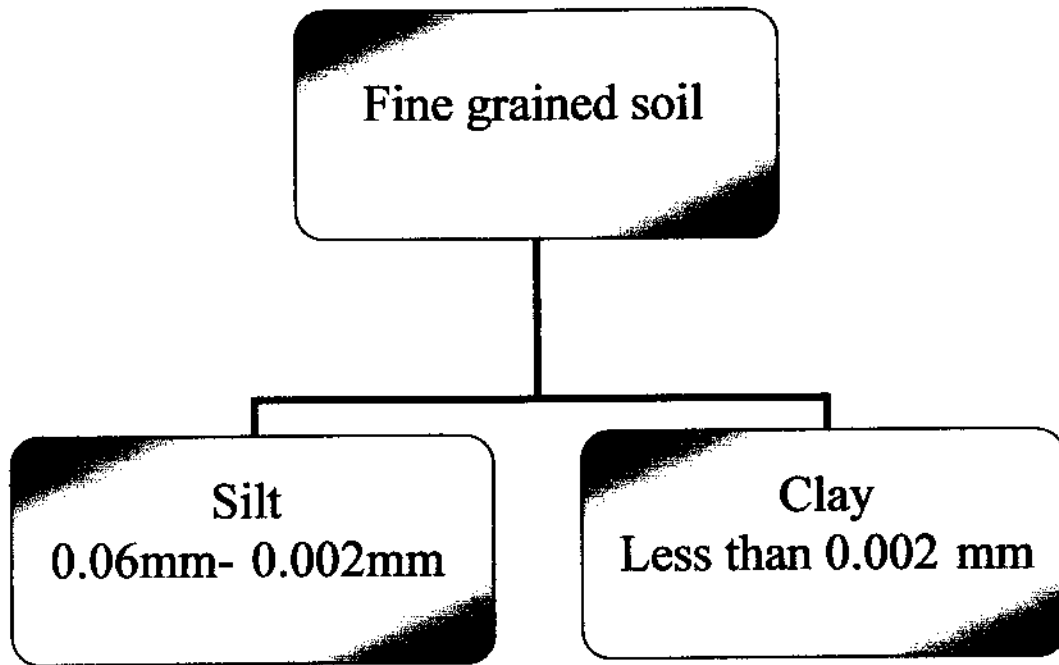
والتي تؤدي إلى تغير في ألصغفه المعدنيه للصخرة الاصلية نتيجة تأثير الماء الذي يحتوي على اثار حامضيه او قاعديه كما ان هذا النوع من التعرية يؤدي الى تكوين حبيبات بلورية متناهية الصغر تعرف بالمعادن الطينية (clay minerals) .

علما ان الحبيبات الناتجة لاحتفاظ 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 تجاذب بينها وانها تكون المجموعتين

الأساسيتين التي تكون الترب الناتجة fine grained soil أو التربة المتماسكة

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 بقوة وتتكون من الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي والماء مضافه الى التربة الطبيعیه 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 تربيه ان تدخل في مزيج التربة الاسمنتية لكن التربة الحبيبية تكون اكثر فعالية وتحتاج الى نسب قليلة من الاسمنت للحصول على التثبيت المطلوب .

غالبا ما يستعمل فحص الضغط غير المحصور لحساب النسب المثلى للاسمنت المضافة الى التربة وعلى اساس قوة الضغط الناتجة والكثافة الجافة الناتجة .

استعملت التربة الاسمنتية وعلى نطاق واسع في اوربا والولايات المتحدة في رصف وانشاء مواقف السيارات ومدارج الطائرات وأنواع كثيرة من الطرق وذلك لعدة أسباب أهمها:

1. قلة الكلفة الاولى .
2. سرعة الانشاء .
3. الصلابة التي تعطيها .
4. القوة العالية التي تزودها للتربة المثبتة .

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

في التربة المثبتة المستعمله كقاعده او كقاعده ثانوية تحدد القوة ولخمس نماذج بعمر سبعة أيام لا تقل عن $(2.76 \text{ MN} / \text{M}^2)$ لنماذج اسطوانة لها نسبة ارتفاع الى قطر $(1:2)$ و $(3.75 \text{ MN} / \text{M}^2)$ 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 قابليتها 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 12،1 على الأقل وتدل هذا النسبة على وجود المواد العضوية التي لها القابليه على منع التصلب الصحيح للصحيح للاسمنت ومن الممكن معالجه هذه الحالة باستخدام كلوريد الكالسيوم كعامل مساعد.

ب- الأملاح

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

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

ان الماء جزء مهم في التفاعل ، لكل نسبته الموجوده في التربة المثبتة لا تكون كافيته لإذابة هذه الأملاح ما لم تكن هنالك كميات اضافية ولذا فليس لهذه الأملاح تأثير رغم وجودها بتركز عالي وجود مياه زائدة والتي قد تحصل عليها التربة من المياه الجوفية . لا يمكن معالجة الا بتقليل كمية 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

إن النورة عبارة عن (أكسيد الكالسيوم) حيث يتم تحضيرها بحرق حجر الكلس الذي
هو عبارة كربونات الكالسيوم داخل أفران فيؤدي الحرق إلى فقدان ثنائي أكسيد
الكربون وتبقى النورة الجبسية غير المطفأة



ومن المعتاد أن تطفأ النورة لتتحول إلى النورة المطفأة أو هذه 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 وإذا 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 تنخفض 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.

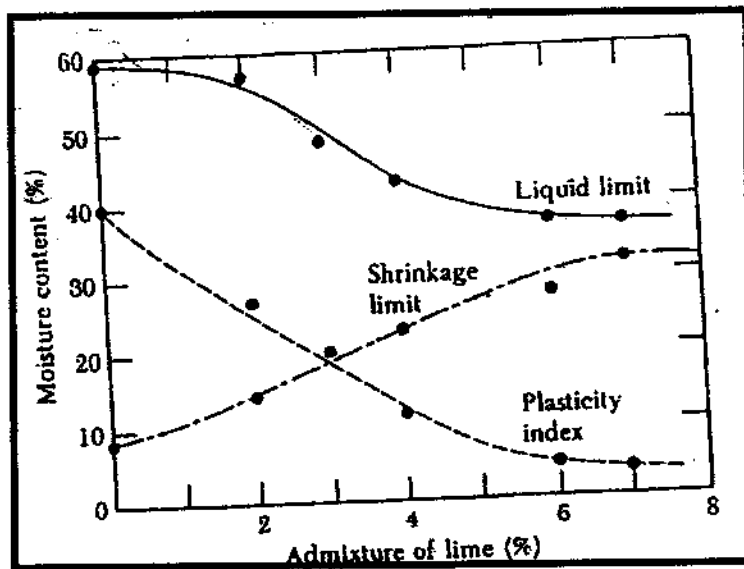
ان احتواء التربة على نسبة عالية من المواد العضوية فإنه مضر جدا لعملية التثبيت بالنورة. وكذلك الحال بالنسبة للتربة الغرينية حيث ان النورة لا تكون فعالة في تثبيتها ولا ينصح باستعمال النورة في تثبيت التربة الرملية الا اذا كانت محتوية على نسبة ولو قليلة من الطين. اما التربة الحصوية او الحجارة المكسرة فلا 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

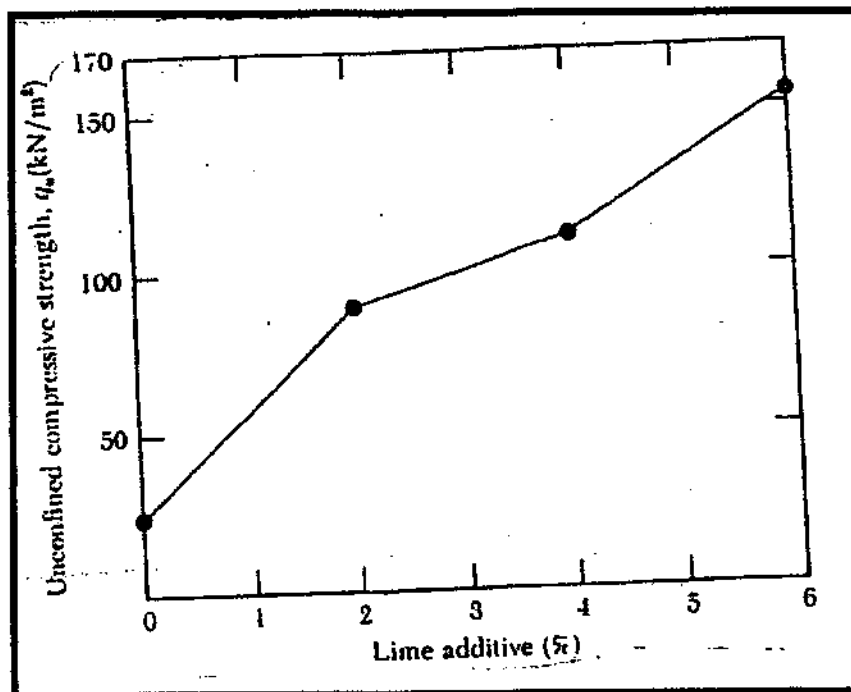
نسبة النورة المقترحة (%)		نوع التربة
لغرض التحسين	لغرض التثبيت	
1-2	لا ينصح	حجر مكسر ناعم
1-3	3	حصى جيد التدرج يحتوي طين
لا ينصح	لا ينصح	الرمل
لا ينصح	2-5	رمل يحتوي طين
1-3	2-5	غرين طيني
1-3	3-8	طين عالي اللدونة
لا ينصح	لا ينصح	تربة عضوية
لا ينصح	3	تربة مزيجيه

1-6-2 تأثير إضافة النورة على خواص التربة

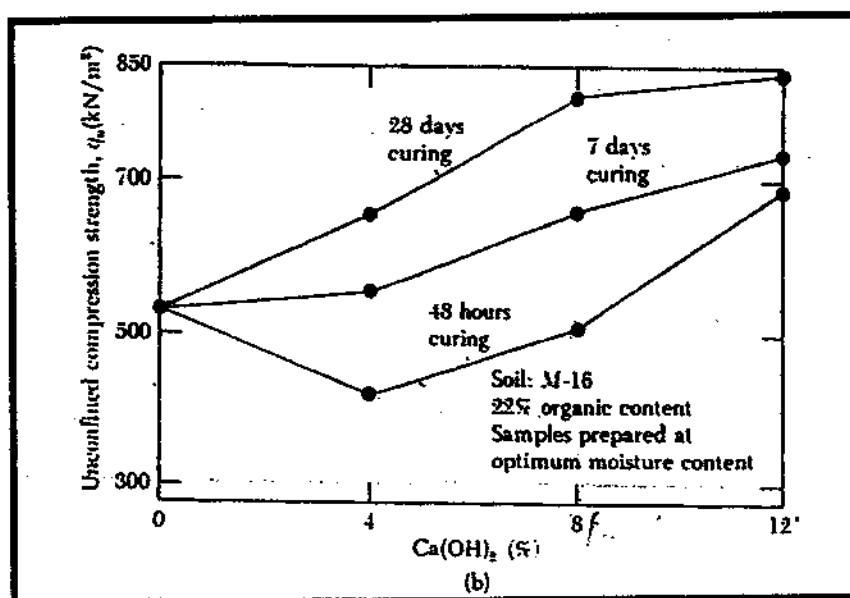
- 1- محتوى اللدونة : تعمل النورة على تقليل محتوى اللدونة للتربة العالية اللدونة وكذلك زيادة محتوى اللدونة للترب واطئة اللدونة (1-1)
- 2- قوة التربة : بصورة عامة فان اضافة النورة تؤدي الى زيادة القوة لجميع انواع الترب وكذلك تؤدي الى زيادة القوة مع مرور الوقت كما لوحظ انخفاض في الانضغاطية للتربة وزيادة 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)



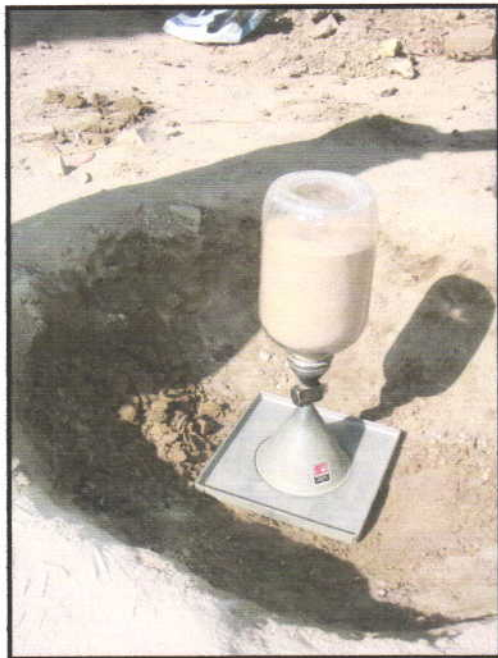
شکل رقم (3-1)

الفصل الثاني

الحمد والثاني

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 زجاجية ذات مخروط في نهايتها مزود بصمام يسمح بانسياب الرمل من الاسطوانة إلى الحفرة بسرعة معينة 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

2-3 فحص الترسيب (المكثاف) hydrometer test

يعتمد هذا الفحص على اختلاف الكثافة النوعية للمعلق على مركز نقل الهيدرو ميتر

Stocks law

$$V = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18 T} * D^2$$

$$V = \frac{(G_s - G_w) * L W}{18 T} * D^2$$

بذلك فان سرعة الترسيب تتناسب طرديا مع مربع قطر الجزيئه زادت سرعه الترسيب . يمكن مختبريا قياس سرعة الترسيب من خلال مراقبة قراءات المكثاف المغمورة في المحلول في اوقات زمنية معينه وبحسابات متعددة يمكن معرفة توزيع أقطار الحبيبات العالقة .

محددات قانون STOCKES

1. هذا القانون يعتبر شكلا الحبيبات شكلا في حين أنها في الترب الناعمة الحبات تكون بشكل صفائح. لذلك يتم الاعتماد على نصف القطر المكافئ.
2. لتقادي إلى تصادمات بين الحبيبات خلال الفحص وإثناء عمليه الترسيب يتم استخدام (GM 50) فقط .

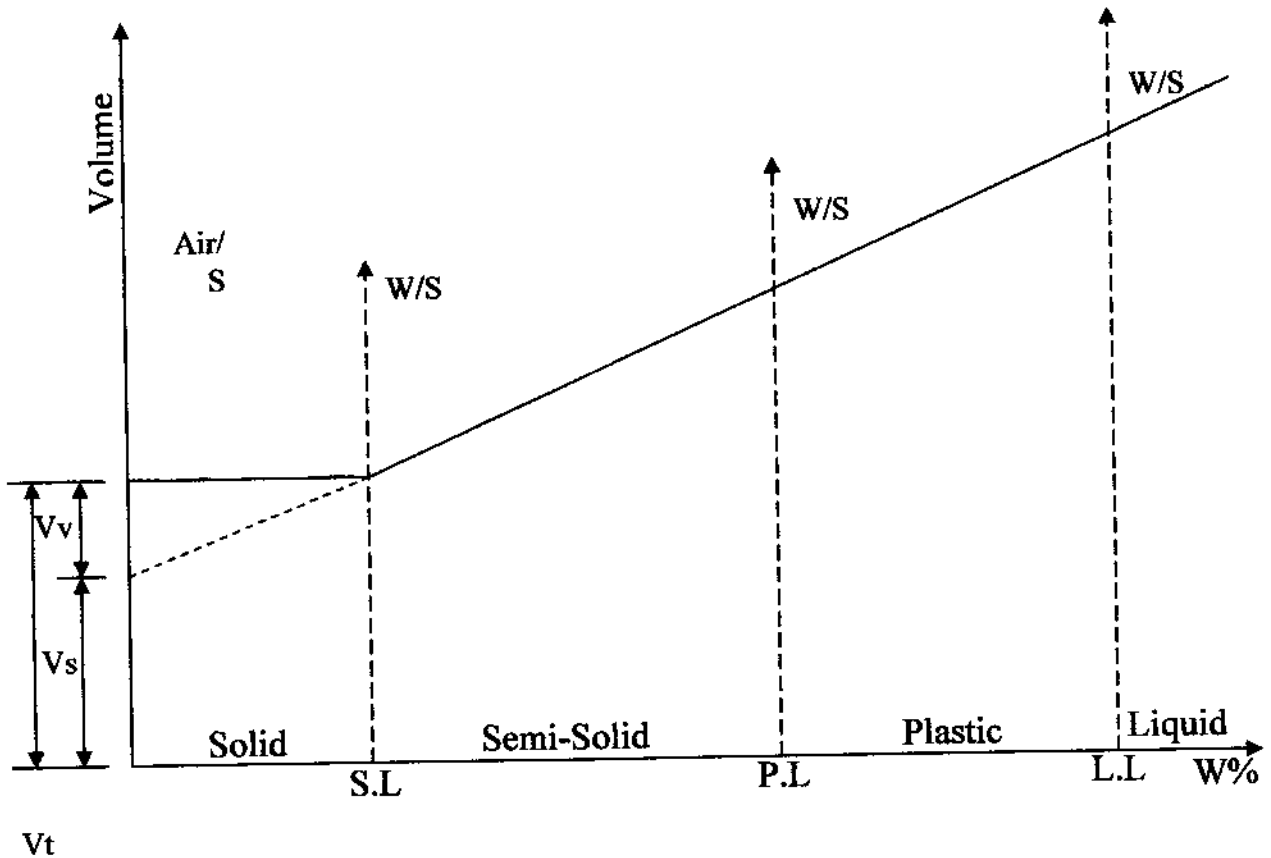
3. هذا القانون محدد فقط للحبيبات التي ليست خشنة جدا والتي لا تتعرض إلى الحركة البراونيه .

2-4 حدود التبرك

لكون حبيبات التربة الناعمة الحبات صغيرة جدا ولاحتوائها على معادن طينية فان محتوى رطوبتها يؤثر تأثيرا بالغا على تصرفها فزيادة محتوى الماء تدريجيا فان تصرفها يتغير كالتالي

مادة صلبة (solid) ← مادة شبه (semi solid) ← مادة لدنة (plastic) ← مادة سائلة (liquid)

التبرك عرف هذه المراحل كما في الشكل التالي



حيث انه

$$\begin{aligned}
 &V_s = \text{constant at all stage} \\
 &V_{t \text{ dry}} = V_t \text{ at S.L} \longrightarrow V_{v \text{ dry}} = V_v \text{ at S.L} \\
 &\gamma_{\text{dry}} = e \text{ S.L}
 \end{aligned}$$

$S \text{ at S.L and up} = 100\%$
 $S \text{ below S.L is less than } 100\%$
 $S \text{ at dry state is zero } \%$

حد السيولة (liquid limits)

وهو محتوى الرطوبة للتربة والذي تبدأ عنده التربة بالتصرف كسائل ويقع بين مرحلة السيولة ومرحلة اللدونة وان القيم العالية من حد السيولة تعني وجود تربة طينية بنسب عالية

حد اللدونة (plastic limit)

وهو محتوى الرطوبة للتربة والذي تبدأ عنده التربة بالتصرف كمادة لدنة بدون شقوق ويقع بين مرحلة اللدونة والمرحلة شبه الصلبة

حد النقص (shrinkage limit)

وهو المحتوى المائي الذي تكون عنده التربة بأصغر حجم وجميع فجواتها مملوءة بالماء ويقع بين المرحلة الصلبة والمرحلة شبه الصلبة

مؤشر اللدونة (plasticity index)

وهو معدل من محتويات الرطوبة والذي تتصرف خلاله كمادة لدنة

$$p.I = L.L - p.L$$

مؤشر السيولة (liquidity index)

وهو العلاقة بين المحتوى الرطوبي الأصلي مع حد السيولة ومع مؤشر اللدونة وكما في الصيغة الآتية :

$$L.I = (w_n - p.L) / (L.L - P.L)$$

2- 5 الرص السطحي (الحدل) surface compaction

وهي عملية زيادة كثافة التربة وذلك بجعل حبيباتها تتقارب مع بعضها من خلال تسليط طاقة رص خارجية ويصاحب ذلك تقليل في حجم الهواء في التربة. في الأعمال الانشائية مثل السداد الترابية والطرق والمساحات المفتوحة فان التربة الرخوة تفرش بطبقات يتراوح سمكها بين (450_75 mm) وكل طبقة ترص إلى حد معين باستخدام الحالات أو الهزازات والمدقات .

تقنية التثبيت هذه يمكن تطبيقها بصورة واسعة وأكثر اقتصاديه إذا كانت المشكلة لترية غير متماسكة رخوة فان كلفة التثبيت تكون بمعدل 5% من ألكفه الكليه وهي عادة اقل بكثير من كلفه تقنيات التثبيت الأخرى .

بصوره عامه كلما ازدادت درجه الرص فان ذلك يؤدي إلى :-

1. زيادة مقاومه التربة لاجهادات القص.

2. نقصان في انضغاطية التربة .

3. زيادة في كثافة التربة .

4. نقصان في النفذية .

5. زيادة في قابلية الانتفاخ ونقصان في قابلية الانكماش.

تقاس درجة الرص من خلال الكثافة الجاف (γ_{dry}) أو (γ_{dry}) وهي تمثل وزن أو كتلة المادة الصلبة في وحدة حجم من التربة. وتعتمد الكثافة الجافة لتربة معينة بعد الرص على :

1. المحتوى المائي (% w) .

2. طاقة الرص المسلطة خلال الرص (comp active effort) .

خواص التربة للرص يمكن استحصالتها من فحوصات مختبرية . وهنالك أربعة

طرق مختبرية لتسليط طاقة الرص على النموذج وهي:

1. الصدمة impact

2. العجن kneading

3. الاهتزاز vibration

4. الرص الثابت static

ومن أكثر الفحوصات المختبرية شيوعا هو فحص بروك تر القياسي .

هنالك عدد من النظريات تفسر شكل العلاقة بين (γ_{dry}) و ($W\%$) للتربة ناعمة الحبات ومن أبسط هذه النظريات هو انه عند محتوى رطوبة قليل فإن التربة تظهر بأنها صلبة وصعبة الرص ثم تدريجياً وبزيادة محتوى الرطوبة تزداد قابلية التشغيل للتربة مما يسهل عملية الرص وزيادة الكثافة وعند قيم عالية من محتوى الرطوبة تنخفض الكثافة الجافة وذلك لان الماء يبدأ باحتلال الفراغات بدلا عن جزيئات التربة ولكون كثافة الماء اقل من كثافة الماء اقل من كثافة الجزيئات تنخفض الكثافة الجافة.

إن إجراء فحص الرص proctor على التربة الخشنة الحبات (رملية أو حصوية) مربك لعدم إمكانية السيطرة على المحتوى المائي، لذلك تقاس درجة الرص للتربة الخشنة الحبات من خلال تعريف الكثافة النسبية.

{ Relative density (R.D) }

$$R.D = (e_{max} - e_n) / (e_{max} - e_{min})$$

حيث إن: —

e_{max} = نسبة الفجوات القصوى وهذه تؤخذ من خواص التربة .

e_{min} = نسبة الفجوات الدنيا وهذه تؤخذ من خواص التربة .

e_n = نسبة الفجوات الحقيقية الموجودة في تربة الحقل .

للسيطرة على الرص الحقلي للتربة فإن نتائج الفحص المختبري (القياسي أو

المعدل) لا تطبق بصورة مباشرة على الحقل وذلك بسبب:-

1. طريقة تسليط الرص في المختبر هي بأسلوب الصدمة (impact) إما في الحقل

فهي إما بالاهتزاز (vibration) أو بالعجن (kneading).

2. الفحوصات المختبرية أجريت على تربة أزيل منها الجزيئات الأكبر من

20mm ومثل هذه الجزيئات موجودة في التربة الحقلية.

مع ذلك فإن نتائج الفحص المختبري تعطي مؤشر عام عن المحتوى المائي

(W%) الذي هو المفروض إن يعطي كثافة جافة عظمى حقلياً

تم اعتماد مايعرف بالرص النسبي { Relative Compaction (R.C) } للربط

بين نتائج الفحص المختبري والكثافة الجافة الحالية:-

$$R.C. = (\gamma_{dry \text{ field}} / \gamma_{dry \text{ max. lab.}}) * 100 \geq 95\%$$

2-6 فحص القص المباشر Direct Shear Test

يعتبر فحص القص المباشر من الفحوص السريعة والسهلة وخصوصاً للتربة الرملية لأنه يتميز بنقاط ضعف من أبرزها:-

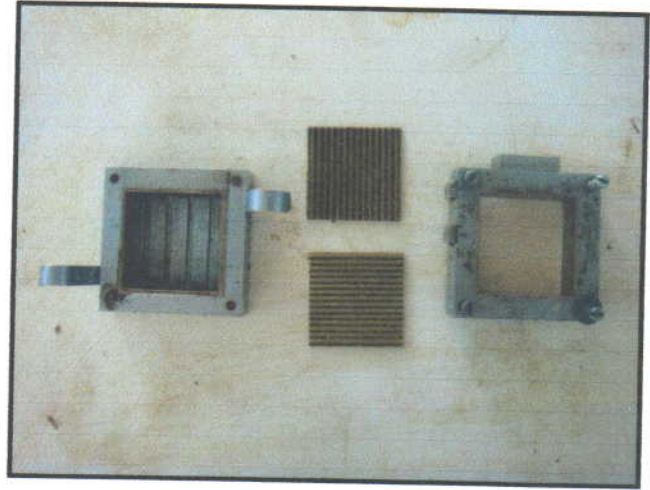
1- سطح الفشل محدد مسبقاً (السطح الأفقي بين جزئي القالب) وليس السطح الأضعف حيث أنه ليس شرطاً أن يكون سطح الفشل أفقي.

2- توزيع الاجهادات على السطح الفشل غير منتظم ومعتد .

3- لا يمكن قياس ضغط الماء المسامي في النموذج أثناء الفحص وذلك لعدم وجود إمكانية للسيطرة على ظروف النضوج.

يوضع نموذج من التربة في قالب مكون من جزئين . تسليط قوة عمودية (P_n) على النموذج (تسليط ثقل فوق النموذج) . يثبت الجزء الأول من القالب ويتم دفع الجزء الثاني أفقياً إلى أن يحدث الفشل. تقاس الإزاحة الأفقية (δh) والإزاحة العمودية (δv) باستخدام مقياس الإزاحة (Dial gage) وتقاس القوة الأفقية (Ph) اللازمة لفشل النموذج باستخدام حلقة قياس القوة (proving ring). بحسب الإجهاد العمودي (Q) وبحسب إجهاد القص عند الفشل (T_f) تسقط القراءات على رسم يحضر نموذج ثاني وثالث (بنفس الكثافة) وتفحص تحت قوى عمودية مختلفة وبذلك

نحصل على ثلاث قراءات لإجهاد القص عند الفشل (T_f) بثلاث يتم الإجهاد العمودي (Q) من الرسم نحصل على معاملات إجهاد القص .



الصور اعلاه تبين جهاز فحص القص المباشر و قالب الفحص

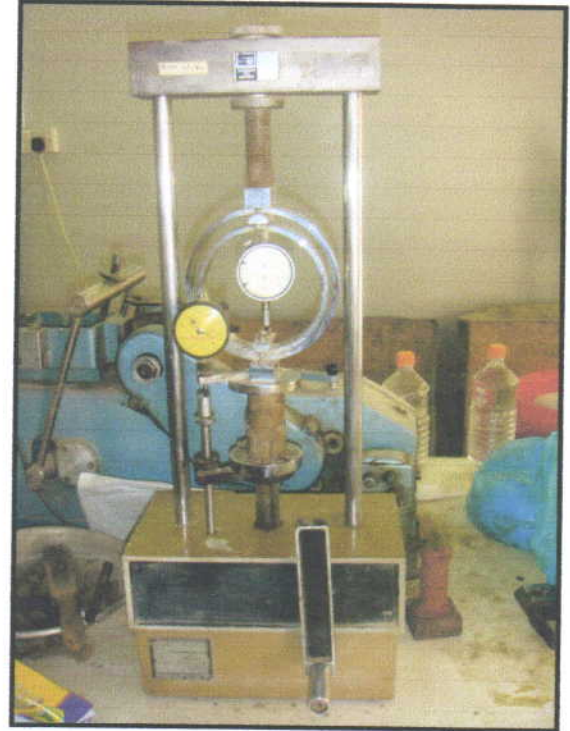
7-2 فحص الانضغاط غير المحصور Unconfined Compression test

هذا الفحص هو نوع من أنواع فحوصات القص . حيث إن في هذا الفحص يتم تعريض النموذج إلى ثقل رأسي (عمودي) فقط ($Q_d = Q_1$) إلى أن يحدث الفشل. هذا الفحص سريع جداً ولا يستغرق أكثر من دقائق معدودة ويمكن إجراءه موقعياً ويصلح فقط للتربة الطينية .

- لكون الفحص سريع والتربة هي ناعمة الحبات لذلك فأن ضغط الماء المتبقي الزائد المتولد في النموذج لا يسمح له بالنضوح وبذلك يكون هذا الفحص من نوع غير مبذول.

- بفحص أي عدد من النماذج المتماثلة سنحصل دائماً على دائرة فقط من دوائر مور.

الصور ادناه تبين جهاز فحص الانضغاط غير المحصور و نماذج الفحص



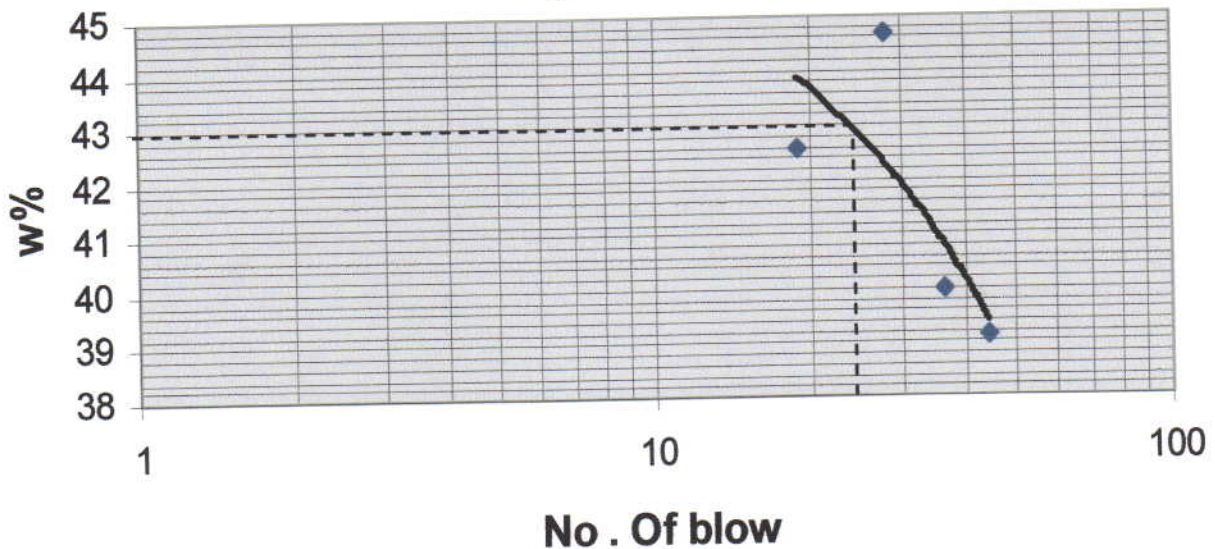
الملك

العمل المختبري ونتائج الفحوصات (testing work)

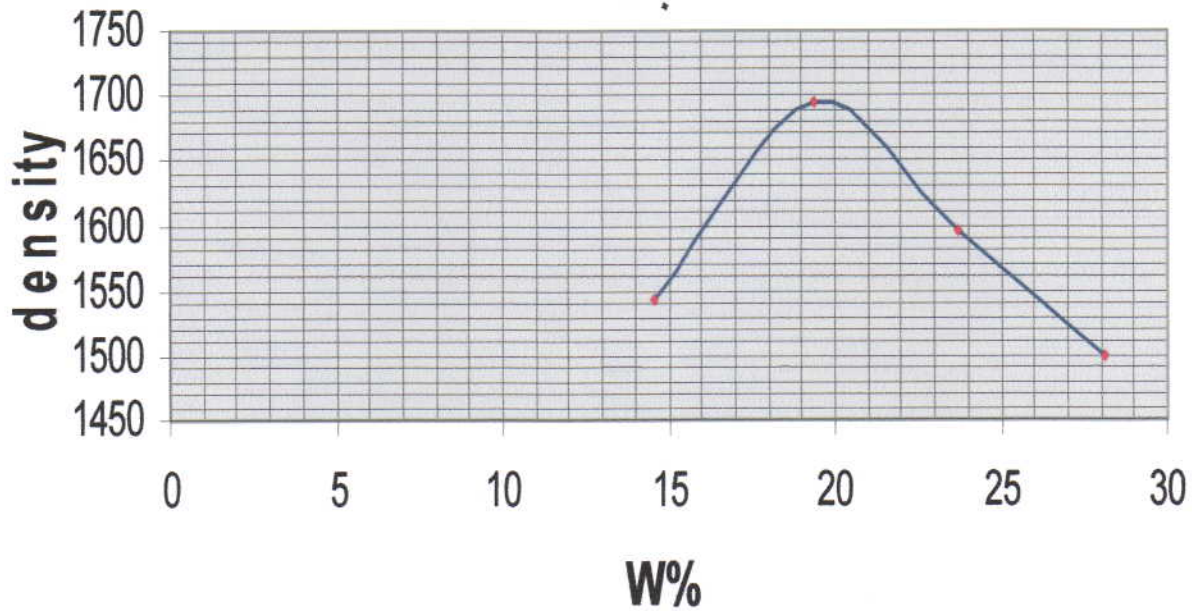
1-3 نتائج الفحوصات التي تم اجرائها على التربة الأصلية

Filed density	12.324 Kn/m ³
Specific Gravity (Gs)	2.629
Plastic limit (P.L)	18.95%
Liquid limit (L.L)	42.95%
Plasticity Index (P.I)	24%
Classification of soil by plasticity chart	C.L

الشكل (١-٣) يوضح العلاقة بين عدد الضربات و محتوى المائي



الشكل (٢-٣) يوضح العلاقة بين محتوى الرطوبة و الكثافة الجافة

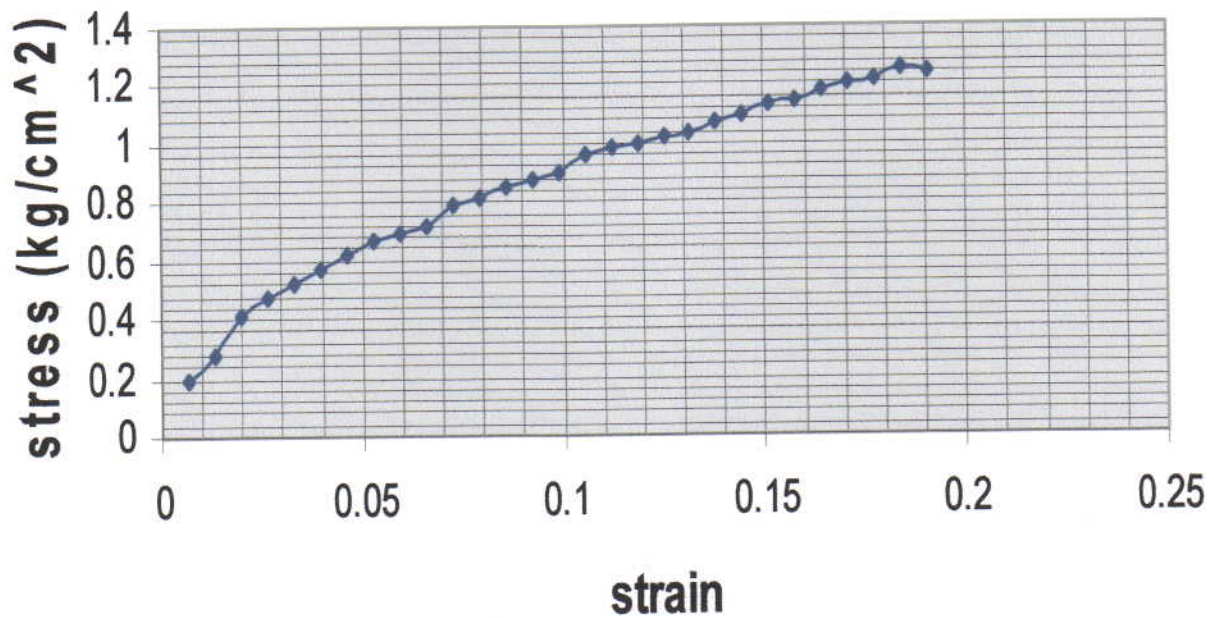


O.M.C for normal soil	20%
γ_{dry} (max)	1697 kg/m ³
O.M.C for soil with lime	20%
O.M.C for soil with cement	23%

Hydrometer test
Classification of soil
according to unified soil classification (CL)

قراءة جهاز الاختراق اليدوي	فحص القص المباشر		فحص الانضغاط غير المحصور
43	Φ	C (KPA)	C (Kg/cm ²)
	2.7°	58.035	0.625

شكل (٣-٣) فحص الانضغاط غير المحصور للتربة الاعتيادية

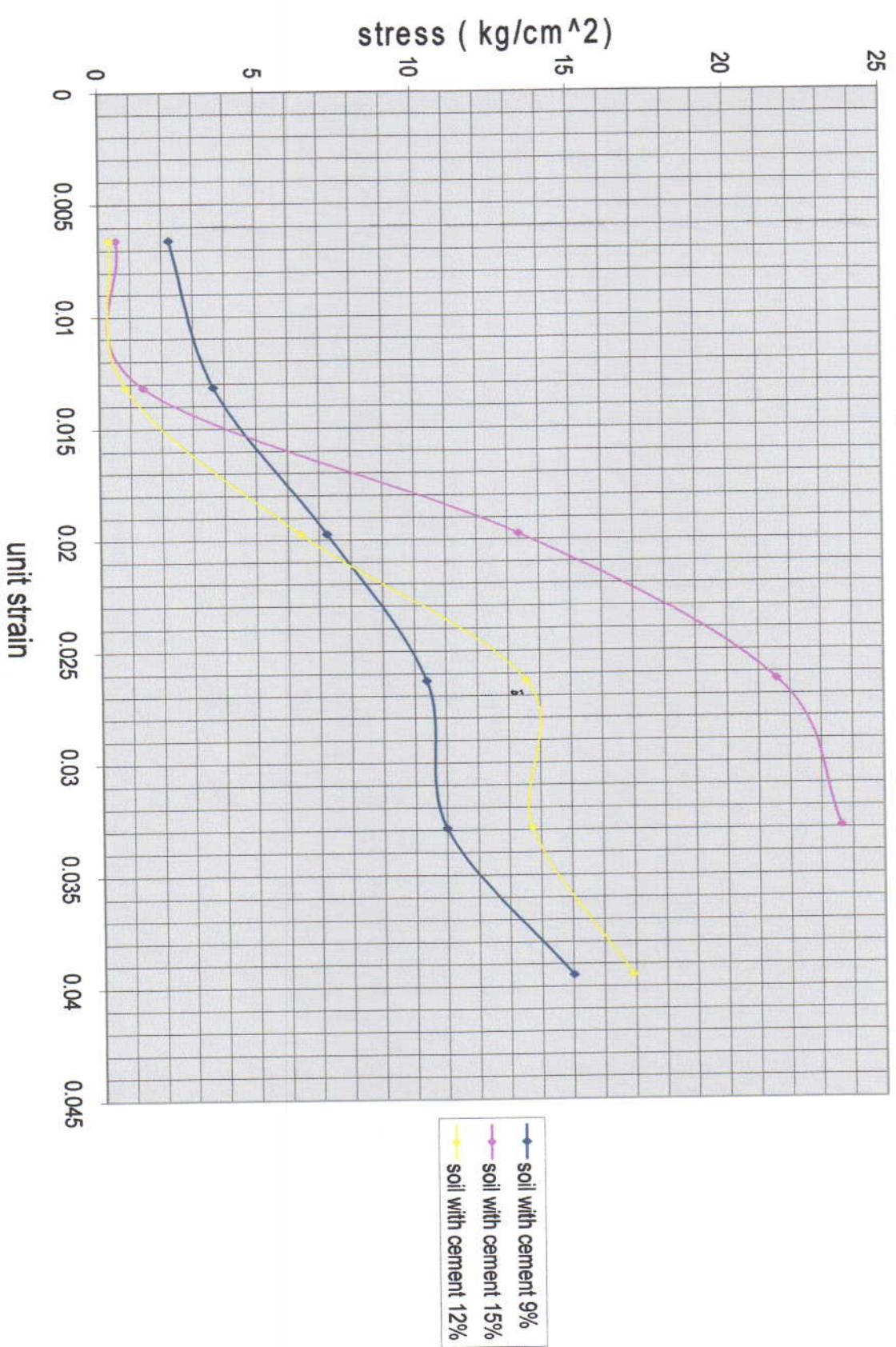


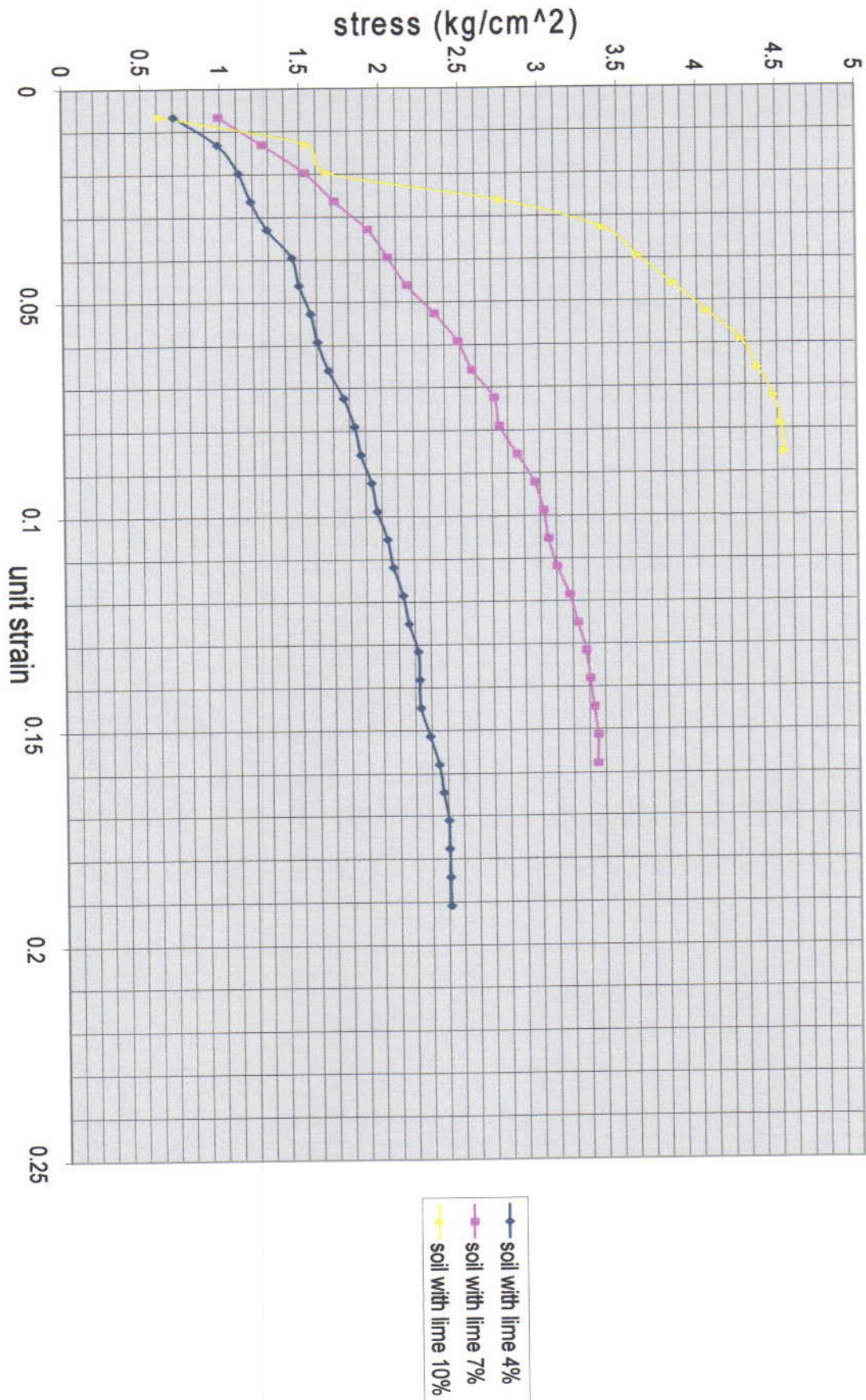
2-3 نتائج الفحوصات التي تم اجرائها على التربة المثبة بالاسمنت و

النورة

قراءة جهاز الاختراق اليدي	فحص الانضغاط غير المحصور		فحص القص المباشر		نسبة المادة %	نوع التثبيت
	θ	σ (Kg/cm ²)	Φ	C (kpa)		
105	-	15	44	14.261	9	التثبيت بالاسمنت
135	-	16.91	46	16.863	12	
154	-	23.61	48	17.973	15	
50	54	2.412	24	26.718	4	التثبيت بالنورة
90	63	3.349	15	52.779	7	
140	70	4.544	4	116.508	10	

الشكل (٤-٣) فحص الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالاسمنت

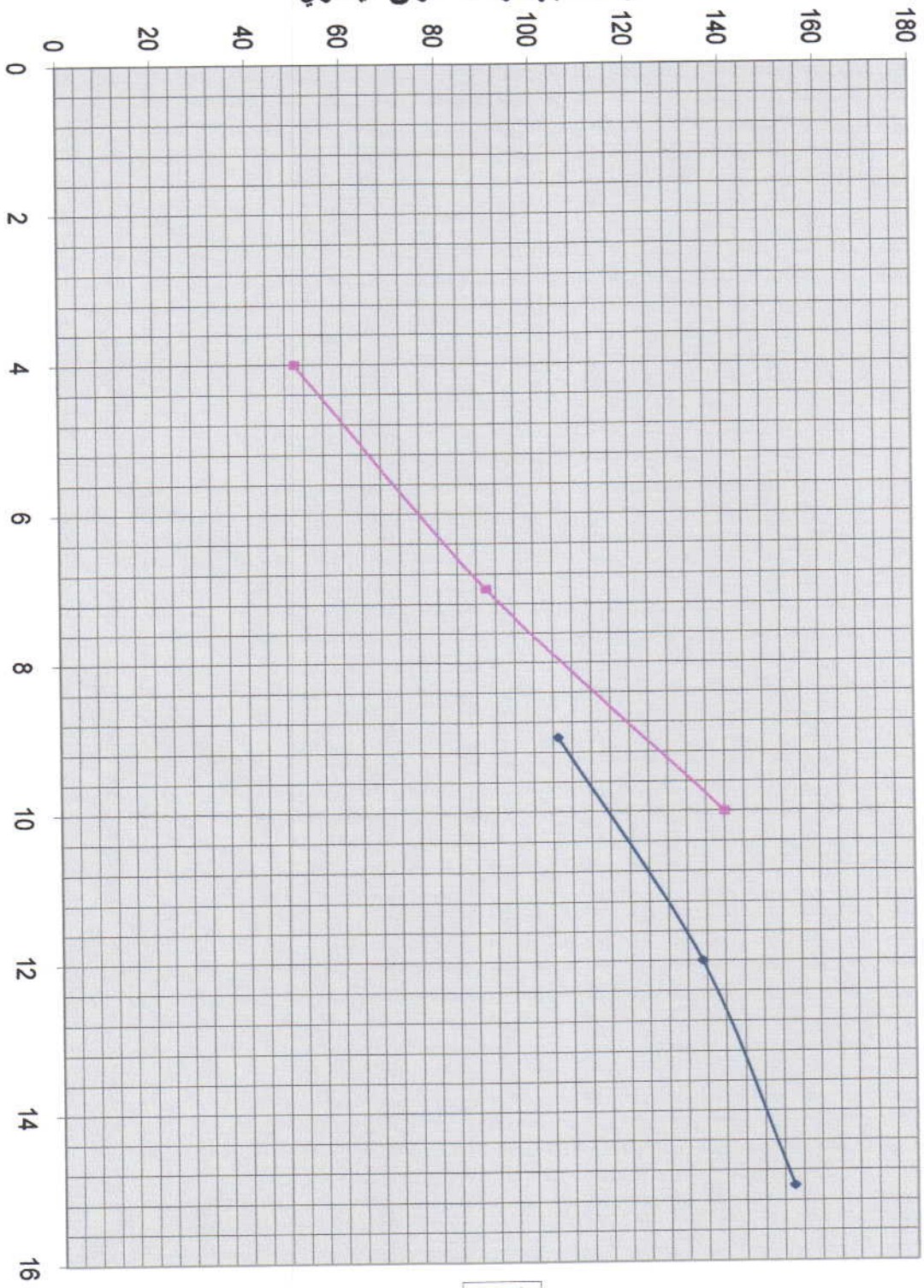




الشكل (٥-٣) فحص الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالنورة

قراءات جهاز الاختراق اليدوي

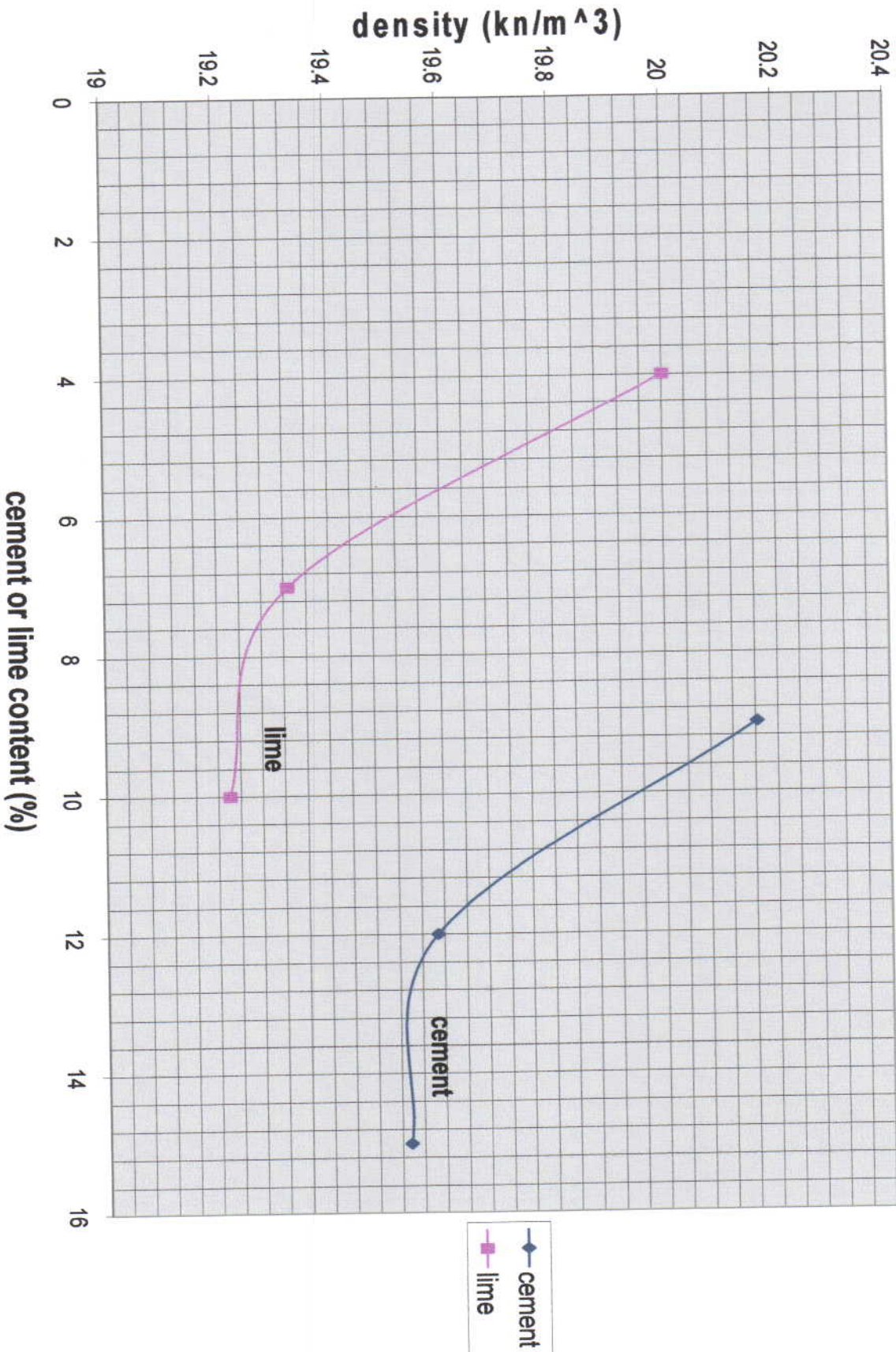
الشكل (٣ - ٦) العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و نسب المواد المستخدمة في التثبيت



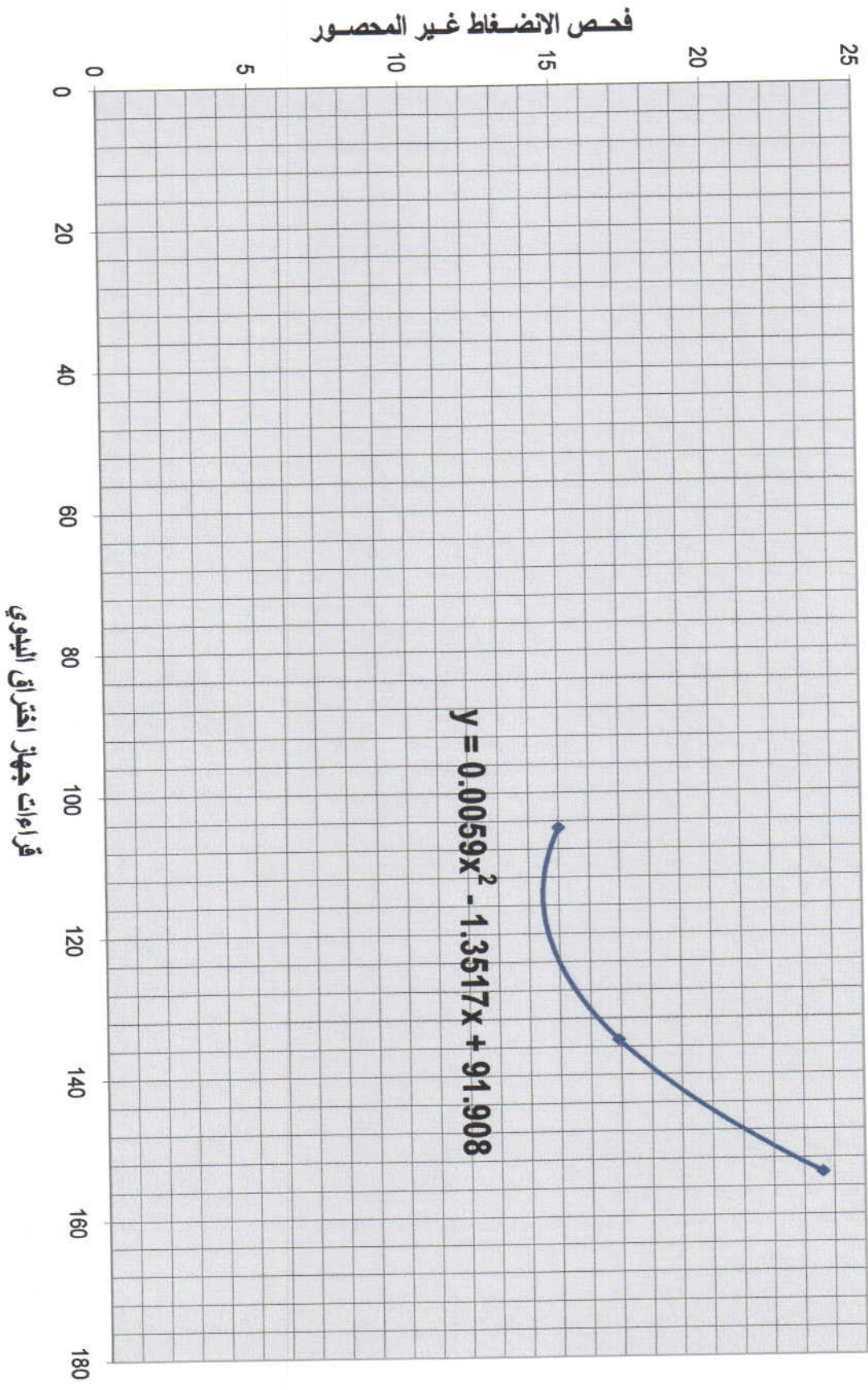
التربة المثبتة بالاسمنت
التربة المثبتة بالزرة

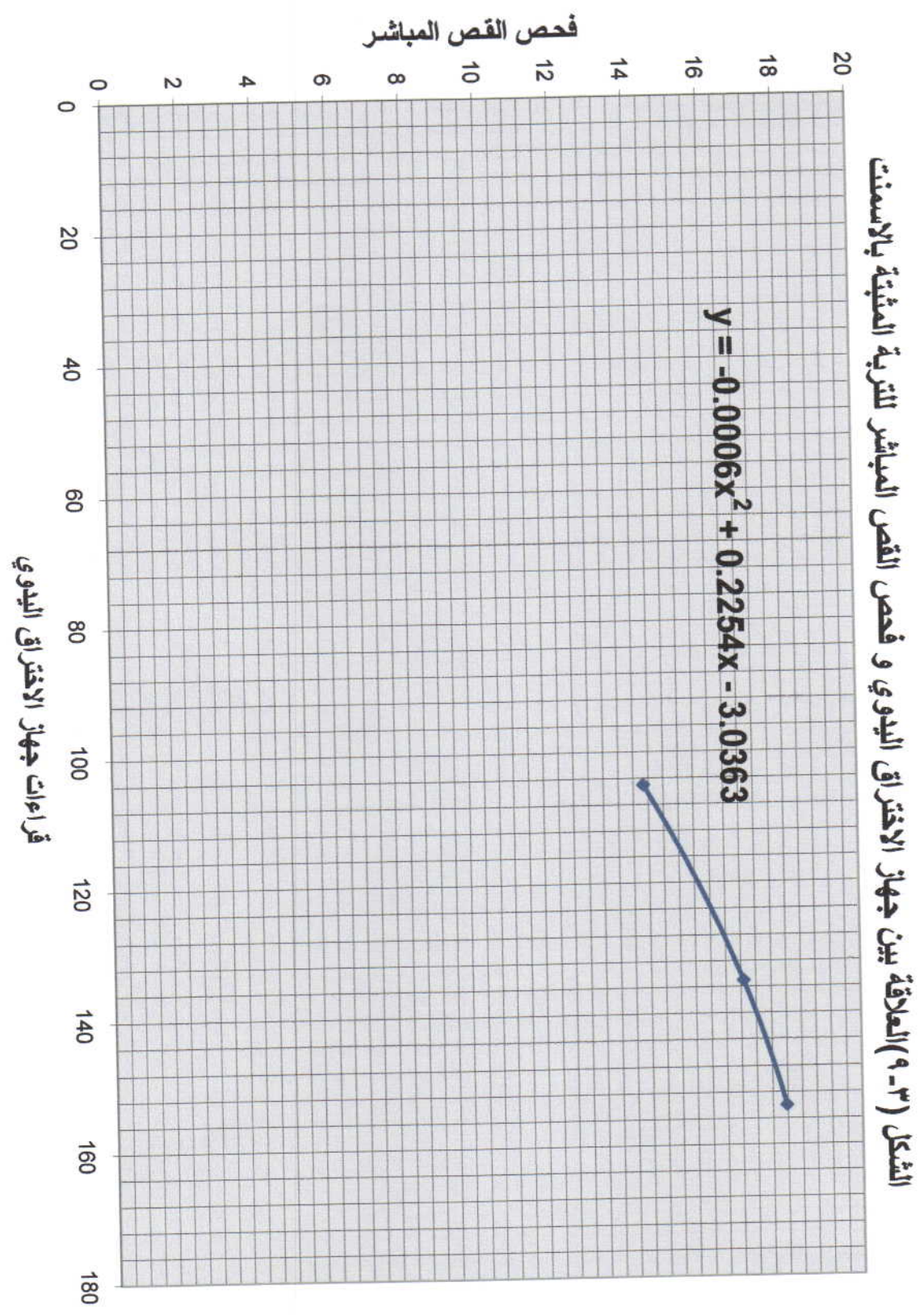
نسب المواد المستخدمة في التثبيت

الشكل (٧-٣) العلاقة بين نسب المواد المستخدمة في التثبيت مع الكثافة

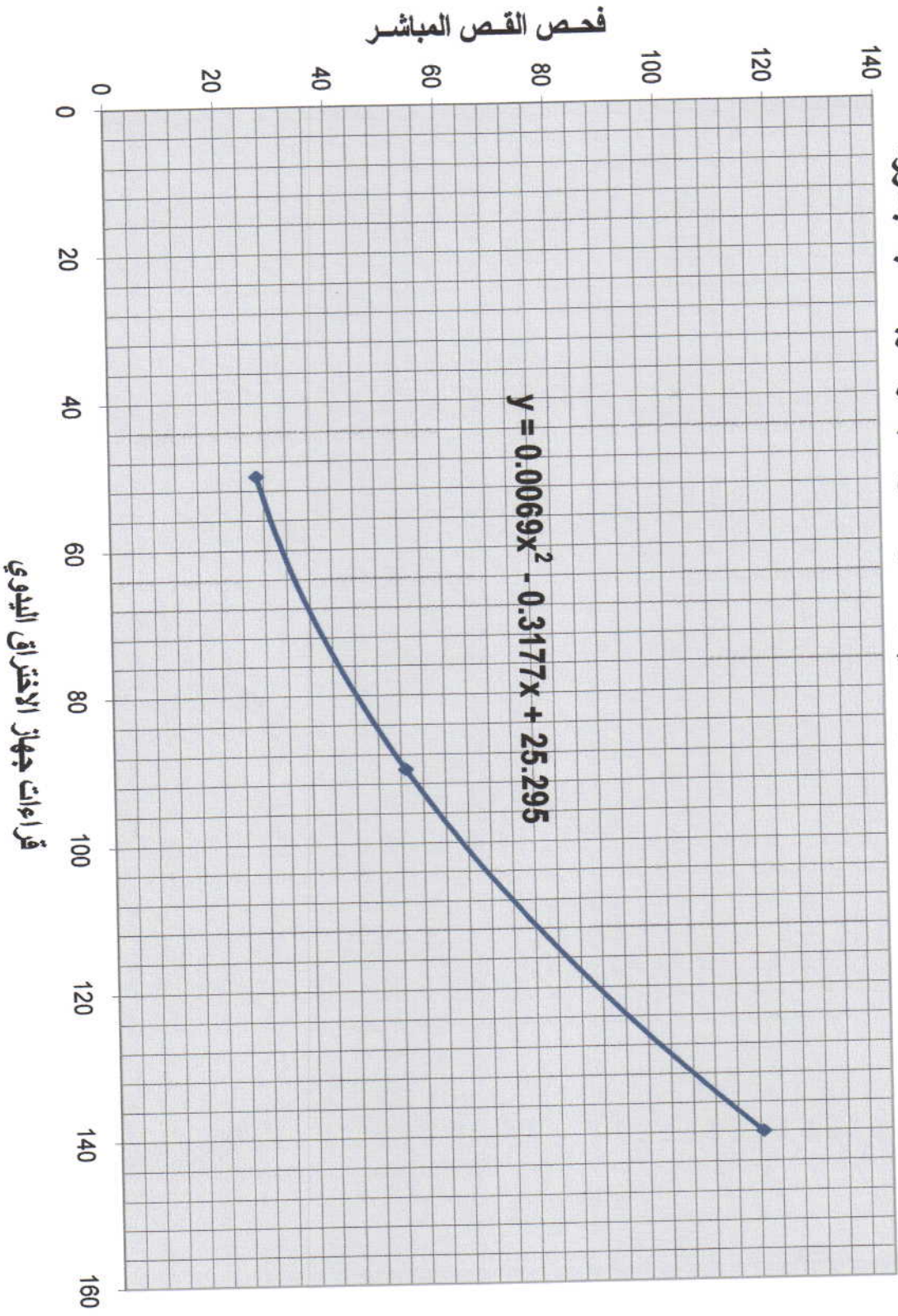


الشكل (٣ - ٨) العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و فحص الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالاسمنت

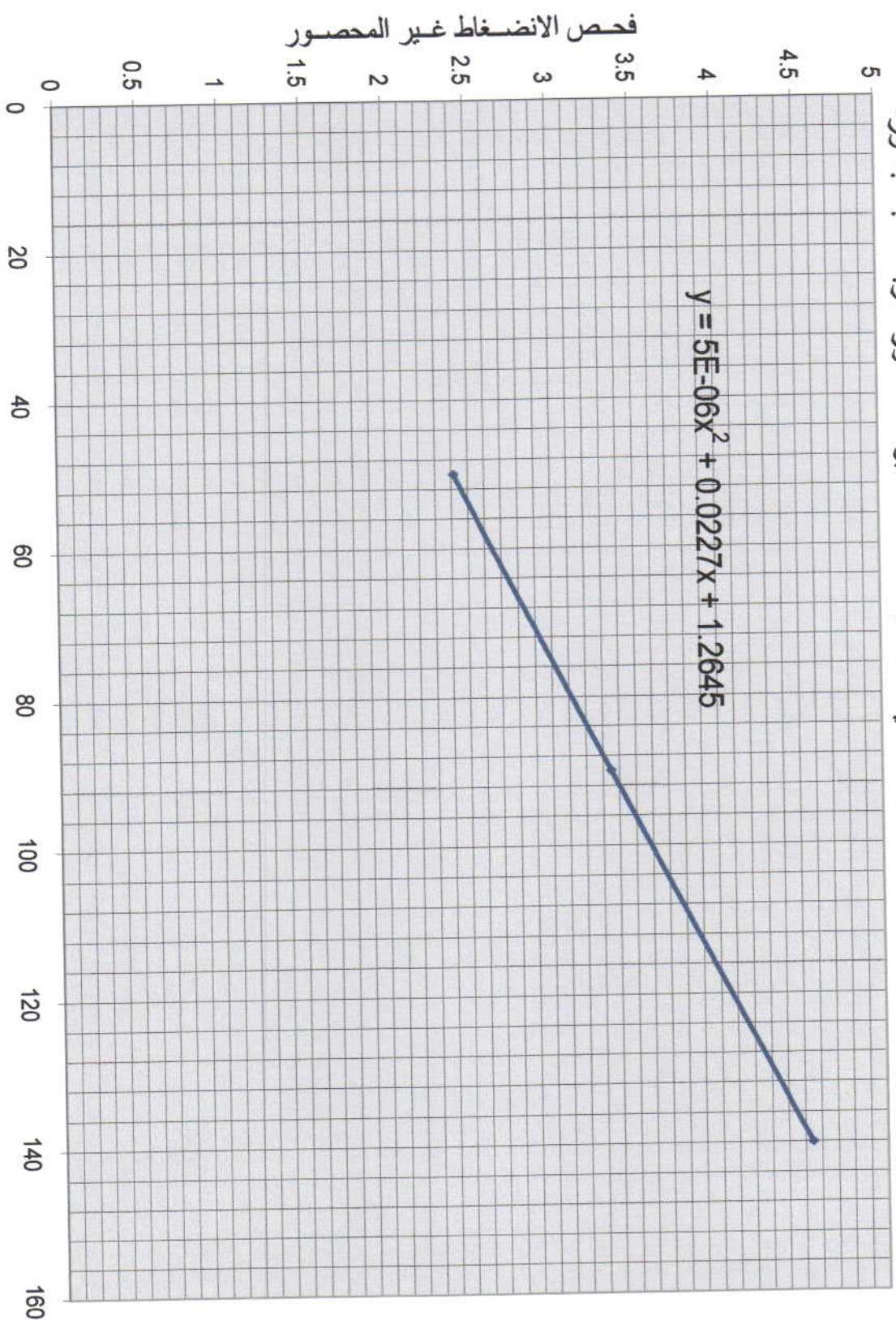




الشكل (١٠-٣) العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و فحص القص المباشر للتربة المثبتة بالنفرة



الشكل (١١ - ٣) العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي و فحص الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالنورة



قراءات جهاز الاختراق اليدوي

جدول بالمعادلات و العلاقات لجهاز الاختراق اليدوي و فحوصات الانضغاط غير المحصور و القص المباشر للتربة الطينية المثبتة بالأسمنت و النورة

نوع التثبيت	علاقة جهاز الاختراق مع	المعادلة
الاسمنت	فحص الانضغاط غير المحصور	$Y=0.0059x^2-1.3517x+91.908$
	فحص القص المباشر	$Y=-0.0006x^2+0.2254-3.0363$
النورة	فحص الانضغاط غير المباشر	$Y=5E-06x^2+0.0227x+1.2645$
	فحص القص المباشر	$Y=0.0069x^2-0.3177x+25.295$

الصور ادناه تبين جهاز الاختراق اليدوي



أفضل الأدب

الحسن البربري

المناقشة

التربة هي من اهم عوامل المشروع الهندسي فهي المكان الذي سوف يتم تشييد المنشأ عليه ، فاذا كانت خصائص هذه التربة غير جيدة فأن ذلك سيحول دون انشاء هذا المنشاء فوق هذه التربة ، فلذلك سيكون من الضروري تغيير هذا الموقع بموقع آخر بديل قد يكون اقل اهمية من النواحي الاخرى (السياسية، البيئية، الاقتصادية... الخ).

من خلال انجاز هذا المشروع لقد تم دراسة تأثير الأسمنت و تأثير النورة على تربة المشروع لكي نستطيع تحديد النسب المثالية من الأسمنت و النورة اللازمة لتقوية هذه التربة . اذ من خلال اجراء الحسابات التصميمية لنسبة الاسمنت مع الاجهاد المسلط و نسبة النورة مع الاجهاد المسلط على التربة لقد تم معرفة مقدار الزيادة الفعالة الحاصلة في الاجهادات التي تتحملها التربة بزيادة نسبة الاسمنت او النورة اذ يجب ان تكون نسبة الاسمنت او النورة ضمن الحدود المعقولة لكي لا تتجاوز الكلفة التصميمية.

4-1 تثبيت التربة باستعمال الأسمنت او النورة

1. تزداد مقاومة القص للتربة بزيادة نسبة الأسمنت و قد تصل نسبة الزيادة الى اكثر من تسعة اضعاف من المقاومة الاصلية للتربة نفسها ، كما في شكل (3-4) .

2. تزداد مقاومة القص للتربة المعالجة بالأسمنت مع زيادة فترة المعالجة .
3. ان طبيعة التربة تؤثر على كمية الأسمنت حيث كلما ازدادت نعومة التربة كلما اصبحت نسبة الأسمنت المطلوبة للتثبيت أكثر .
4. بالنسبة لما يتعلق بتأثير الأسمنت على تربة فإنه عبارة عن حصول تفاعل بين مركبات الاسمنت الاربعة مع السليكا الموجودة في التربة لغرض حصول مركبات كيميائية أكثر استقرارا. و هذا لا يتم الا عن طريق تكوين أواصر (bond) بين تلك الجزيئات اذ ان لهذه الأواصر دور فعال في استيعاب الحمل المسلط و زيادة معامل المرونة .
5. ان تأثير نسبة الماء يتمثل بتأثيره على الرص لذلك يجب ان تكون محتوى الرطوبة قريبة من الرطوبة المثلى. وبما ان نسبة الماء تؤثر تأثيرا كبيرا على قوة الأسمنت و حبيباته الناعمة تحتاج الى كمية اكبر من الماء.
6. تثبيت التربة بالأسمنت يصاحبها الزيادة في المحتوى المائي (O.M.C) حيث ازداد المحتوى المائي من (20%) الى (23%) .
7. كلما اصبحت الخلطة جيدة المزج (التربة + اسمنت + ماء) كلما اصبحت الخلطة اقوى و اكثر متانة ولكن يجب ملاحظة انه اذا ازدادت فترة الخلط عن زمن معين فإن الخلطة تبدأ بالضعف و ذلك يعود الى :



أ- استمرار الخلط بعد بدء عملية الاماهة للأسمنت له اثر ضار على تحمل التربة.

ب- استمرار الخلط يؤدي الى عملية الانفصال بين جزيئات التربة.

8. تعتبر النورة من المواد الجيدة التي يمكن استخدامها في تحسين خواص التربة الطينية الضعيفة.

9. يعتبر محتوى الماء الامثل (O.M.C) للتربة العادية نفسها هو افضل نسبة للمزج التربة المعالجة بالنورة .

10. نلاحظ الزيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور نتيجة اضافة النورة اذا ما قارناه مع النماذج التي لا تحتوي على مادة النورة، كما في شكل (3-5).

11. اضافة النورة الى التربة تؤدي الى تكوين هيكل ملبد (fluctuate) حيث يؤدي الى تقليل الكثافة، كما في شكل (3-7).

12. اذا اقتضت طبيعة العمل تربة ذات مقاومة عالية جدا بحيث تتجاوز أعلى مقاومة تعطيها النورة للتربة ، فيجب في هذه الحالة استخدام الأسمنت لعملية التثبيت لأن مقاومة التربة تزداد بزيادة نسبة النورة ولكن تصل الى مرحلة تبءاء المقاومة بعدها بالانخفاض مع زيادة نسبة النورة و هذا الشيء لا يحصل بالنسبة للأسمنت لأن العلاقة طردية.

13. ان طبيعة العمل و توفر المواد الاولية و كلفتها هي التي تحدد اي من الاسمنت او النورة هو الافضل للعمل و مما تقدم نستنتج ايضا ان الأسمنت يكون عند مقاومة معينة و تارةً اخرى تكون النورة هي المفضلة و اعتمادا على مبداء الكلفة الاقل.

2-4 ايجاد العلاقة بين جهاز الاختراق اليدوي وجهاز القص المباشر وجهاز الانضغاط غير المحصور

من خلال انجاز هذا المشروع لقد تم ايجاد بعض من المعادلات بين كل من جهاز الاختراق اليدوي و جهاز القص المباشر و كذلك بين جهاز الاختراق اليدوي و جهاز الانضغاط غير المحصور للترب المثبتة بالاسمنت او النورة ان هذه المعادلات التي تم الحصول عليها هي معادلات وضعية (empirical) اي انها خاصة بالتربة الموقع و ظروف التي تم عمل المشروع بها وان هذه المعادلات تعطي لنا قيم تقريبية لنتائج فحص الانضغاط او فحص القص المباشر من خلال معرفة القراءات المستحصلة من فحص الاختراق اليدوي و تعويضها في تلك المعادلات .

• شكل (3-8) يوضح العلاقة بين قراءات جهاز الاختراق اليدوي و جهاز

الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالأسمنت.

- شكل (3- 9) يوضح العلاقة بين قراءات جهاز الاختراق اليدوي و جهاز القص المباشر للتربة المثبتة بالأسمنت.
 - شكل (3- 10) يوضح العلاقة بين قراءات جهاز الاختراق اليدوي و جهاز القص المباشر للتربة المثبتة بالنورة.
 - شكل (3- 11) يوضح العلاقة بين قراءات جهاز الاختراق اليدوي و الانضغاط غير المحصور للتربة المثبتة بالنورة.
- ملاحظة: هذه المعادلات تستخدم عندما تكون قراءات جهاز الاختراق اليدوي ضمن الحدود الموجودة في الرسوم.

3-4 دراسة التحليل الاقتصادي

لقد تم دراسة الجدوى الاقتصادية لتثبيت التربة بالأسمنت او النورة في هذا المشروع حيث تبين الجدوى الاقتصادية باضافة الأسمنت او النورة الى التربة حيث يتم حساب سعر وزن الأسمنت او النورة في المتر المكعب من التربة و تسجيل المقاومة المقابلة لكل وزن (أي لكل نسبة الأسمنت او النورة من وزن التربة الجافة) من الاسمنت او النورة.

في هذا المشروع و لغرض بيان الفائدة المتوخاة من هذه الجداول على المصمم
تثبيت نسبة الزيادة في مقاومة القص (shear strenght) لكي يتسنى له بعد
ذلك تخمين نسبة الاسمنت او النورة المطلوبة للمزج و اعتمادا على ذلك يمكن
حساب الكلفة لكل مترمكعب من التربة المعالجة.

نوع التربة	نسبة الاسمنت %	مقاومة القص بعمر 3 يوم (kg/cm ²)	وزن الاسمنت في المتر المكعب الواحد (كغم)	سعر المتر المكعب من التربة المثبتة (دينار عراقي)
C.L	9	15	152.73	30546
	12	16.91	203.64	40728
	15	23.61	254.55	50910

ملاحظة

كثافة التربة الجافة 1697 كغم /م³

سعر الطن من الأسمنت 200000 دينار

سعر الطن من النورة 200000 دينار

سعر المتر المكعب من التربة المثبتة (دينار عراقي)	وزن النورة في المتر المكعب الواحد (كغم)	مقاومة القص بعمر 3 يوم (kg/cm ²)	نسبة النورة %	نوع التربة
13576	67.88	2.412	4	C.L
23758	118.79	3.349	7	
33940	169.7	4.544	10	

المصادر

- محاضرات د.محمد مصطفى في ميكانيك التربة
- مشروع تحسين خواص التربة ،بأشراف د.هشام خالد
- مشروع الخصائص الميكانيكية للتربة المثبتة بالنورة،بأشراف فلاح حسن الربيعي
- مشروع الخواص الميكانيكية للتربة المثبتة باستخدام الاسمنت ،
بأشراف فلاح حسن رحيل
- مشروع تثبيت التربة بالاسمنت ، بأشراف د.محمود رشيد محمود
القيسي
- محاضرات المنشآت الترابية اعداد : د. محمود رشيد محمود
القيسي