

جامعة القادسية
كلية الهندسة
قسم هندسة البناء والإنشاءات
م.م. خلود هاشم

دراسة تأثير ألياف سعف النخيل على انضغاطية التربة الطينية

المؤلف: م.م. علي محمد علي، جامعة التكنولوجيا قسم هندسة البناء والإنشاءات
الموجه: م.م. نجاد و. النجاد، وهو جزء من متطلبات منح شهادة البكالوريوس في
الهندسة البناء والإنشاءات

أعداد
محمد ثامر شريف

الإشراف
أ.د. عقيل شاكر العادلي
م.م. خلود هاشم



۞ زَكَرِيَّا ۞

صدق الله العظيم

الإهداء

إلى والدي
درب الأمان
إلى والدتي
نبع الحنان
إلى إخوتي
إذا مال الزمان
إلى مصطفى وصهيب ومهند وإيثار
ونعم الإخوان
إلى كل زميل وزميلة
للوفاء عنوان
إلى أساتذتي
الكرم والإحسان
وخاصة الدكتور عقيل شاكر العادلي

شكر وتقدير

استجمع أحلى كلمات الحب والتقدير إلى أستاذي العزيز والذي لم يبخل علي بكل ما يملك من معلومات أفادتني في بحثي الأستاذ عقيل العادلي كما أصوغ أجمل وأغلى عبارات الامتنان إلى جميع أساتذتي في قسمي الذين أوصلوني إلى هذه المرحلة من العلم والمعرفة وخص منهم م.م. كوثر يلي حسين و م.م. خلود هاشم.

والله ولي التوفيق

الفهرست

الخلاصة :

الفصل الاول :

1-1 المقدمة .

2-1 الهدف من البحث .

الفصل الثاني (دراسات سابقة) :

1-2 تثبيت التربة .

1-1-2 فوائد التسليح .

2-1-2 مواد التسليح .

3-1-2 التطبيقات العملية للتربة المسلحة .

4-1-2 ميكانيكية التربة المسلحة .

5-1-2 الاجهادات داخل التربة .

6-1-2 الوسائل المستعملة لتثبيت التربة .

2-2 دراسة سابقة .

الفصل الثالث (التجارب العملية) :

1-3 المقدمة .

2-3 المواد المستخدمة في البحث .

3-3 طريقة اخذ النماذج .

4-3 طريقة تحضير النماذج .

5-3 الفحوصات الفيزيائية .

6-3 فحوصات المقاومة .

الفصل الرابع (النتائج) :

1-4 فحص المكثاف (Hydrometer Test) .

2-4 الفحوصات الفيزيائية :

1-2-4 فحص حد السيولة (L.L) .

2-2-4 فحص حد اللدونة (P.L) .

3-2-4 فحص الوزن النوعي (G.S) .

4-2-4 نتائج الفحوصات الفيزيائية .

3-4 نتائج فحوصات المقاومة .

الفصل الخامس (الاستنتاجات و التوصيات) :

1-5 الاستنتاجات .

2-5 التوصيات .

الخلاصة

تم القيام بهذا البحث لمعرفة مدى التغيرات الحاصلة على مقاومة التربة وكذلك خواصها وقابلية تحملها وذلك من خلال اضافة الياق الطبيعية (سعف النخيل) الى التربة وبنسب حجمية مختلفة (20% ، 15% ، 10% ، 5%) من خلال مناخل قياسية ذات اقطار (8 mm ، 12 mm) حيث يتم مقارنة النموذج الاصلي (التربة الاصلية بدون مضافات) مع التربة التي تم اضافة الالياق الطبيعية اليها ومعرفة مدى تاثير هذه الالياق الطبيعية على التربة في كل نسبة مضافة وكذلك في هذا البحث تم القيام باجراء الفحوصات المختبرية على التربة والتي تحمل الخواص الطينية بعد فحصها بالهايدروميتر (المكثاف) وتم الحصول على هذه التربة من مشروع حفریات في منطقة الدورة في بغداد وكانت على عمق ١٣م والفحوصات المختبرية تتضمن الفحوصات الفيزياوية وفحوصات المقاومة وان الفحوصات الفيزياوية تشمل فحص المكثاف وفحص حد السيولة (L.L) وفحص حد اللدونة (P.L) وفحص الوزن النوعي (G.S) اما فحوصات المقاومة فتشمل فحص الرص وفحص الانضمام وفحص القص المباشر علما ان هذه الفحوصات تم اجرائها على التربة الطينية قبل وبعد اضافة الالياق الطبيعية (سعف النخيل) وبنسب مختلفة وكانت النتائج ايجابية حيث تبين ان التربة بدأت تتحسن خواصها وقابلية التحمل لها ومقاومتها .

الفصل الأول

المقدمة

1-1 المقدمة :-

تعد دراسة التربة هي أولى الخطوات العملية نحو إقامة أي مشروع هندسي وتعد من مقومات نجاح المشروع لذلك وقع عليها الاهتمام الكبير من قبل المتعاملين معها ويرجع تعامل الإنسان مع التربة الى زمن وجوده عليها حيث كان يتجنب الأراضي المغمورة أثناء تنقله ويستقر فوق اليابسة لقوة تحملها ومع تطور فكر الإنسان وتطور معرفته ظهر ما يعرف بمكانيك التربة كعلم هندسي قائم بحد ذاته حيث ازدادت الحاجة لدراسة خواص التربة ومحاولة حل المشاكل المتعلقة بها ومن أوائل المهتمين في هذا المجال العالم الفرنسي كولمب الذي بدأ بدراسة ضغط التربة [1] حيث كان مهندساً عسكرياً آنذاك وقد كشف النقاب عن ان مقاومة التربة تعتمد على عنصرين أساسيين هما الاحتكاك والتماسك لذلك يعد المؤسس لدراسة ضغط التربة ثم جاء بعده العديد من العلماء الذين قاموا بدراسة تفصيلية للتربة ومعرفة خواصها ومدى تحملها وقاموا بتحسين التربة وعملوا على زيادة مقاومتها وقابليتها على التحمل عند إقامة المنشآت عليها لذلك نجد الآن الكثير من البحوث تتناول بشكل واسع موضوع التربة مثل تثبيت التربة والذي يعد موضوع البحث الذي اعمل عليه حيث نقوم بإضافة ألياف طبيعية (سعف النخيل) وينسب معينة الى التربة ومن ثم دراسة مدى تأثير إضافة هذه الألياف على مقاومة التربة وقابلية تحملها اتجاه الاجهادات وبالإضافة الى تحسين خواص التربة .

2-1 الهدف من البحث :-

- ١- دراسة تأثير إضافة الألياف الطبيعية (سعف النخيل) بنسب معينة على مقاومة التربة وقابلية تحملها للأحمال المختلفة.
- ٢- إمكانية التنفيذ بتكاليف بسيطة وطرق اقتصادية نتيجة لتوفر هذه الألياف (سعف النخيل) بكميات كبيرة في الطبيعة .
- ٣- دراسة تأثير تلك الألياف على الخواص الفيزيائية وخاصة اللدونة .

الفصل الثاني

دراسات سابقة

1-2 تثبيت التربة

عرف الإنسان أسلوب تسليح التربة منذ القدم واستخدمه في تقوية الطوب اللبن بإضافة القش اليه ولكن تناول الإنسان هذا الأسلوب بشكل علمي واكاديمي في اواخر الخمسينات من القرن الماضي على يد المهندس الفرنسي هنري فيدال وبعد تسليح التربة من احدث التطورات في مضمار الهندسة المدنية وعلى وجه الخصوص في مجال ميكانيك التربة وهندسة الاسس .

وتقوم فكرة تسليح التربة على اضافة شرائط معدنية مسطحة او قضبان حديدية او أي مادة لها القابلية على تحمل الشد الى التربة والتي تعتبر بطبيعتها عالية التحمل للضغط ولكنها تفتقر الى قابلية الشد وينشا من ذلك كتلة متكاملة ذاتياً وتكون قوية وتصلح ان تكون سائدة او حاملة للثقال . ويمكن تطبيق هذه الفكرة في تصميم المنشآت الترابية المسلحة التي تشمل الجدران السائدة واكتاف الجسور وطريق المرور السريع والسدود الترابية بالإضافة الى تحسين قوة تحمل التربة خاصة في الاراضي الرخوة والمستنقعات وقد ثبت تطبيق التسليح في المنشآت نجاحه ومردوداته الاقتصادية الكبيرة من خلال الاستغناء عن المساند او الاساسات الضخمة او الركائز التي يستوجب انشاؤها في حالة اتباع الحلول التقليدية في تصميم هذه المنشآت وان للمنشآت الترابية المسلحة الكثير من الفوائد والمزايا الواضحة مما يجعل الاقبال على استخدامها يتسارع وينتشر مع مختلف انحاء العالم [2].

1-1-2 فوائد التسليح :-

- من بين اهم الفوائد المتوخاة من تسليح التربة هي :
- ١- تمتاز هذه المنشآت بانها اقتصادية حيث تبلغ كلفتها بين 40 % الى 80 % من كلفة مثيلاتها عند اتباع الحلول التقليدية القديمة وتعتمد كلفة هذه الطريقة على نوع المواد المستخدمة في التسليح وحجم المنشأ فكلما كان حجم المنشأ كبيرا كلما كان التوفير في كلفة انشائه اكبر
 - ٢- تتميز المنشآت الترابية المسلحة بمرونتها العالية حيث ان الانتقال خلالها الى الاساسات يكون متجانسا
 - ٣- نتيجة لتوزيع الثقل الناتج من هذه المنشآت بصورة متجانسة فان مقدار الهبوط الذي تتعرض له اقل بكثير مما هو الحال عليه في المنشآت التقليدية والاهم من ذلك هو ان مرونة هذا النوع من المنشآت يجعل بإمكانها استيعاب هبوط متفاوت اكبر بكثير من غيرها وذلك عامل اساسي في المنشآت الخرسانية .
 - ٤- ان تنفيذ هذه المنشآت يكون سريعا فضلا عن سهولته وعدم احتياجه الى فنيين متخصصين .
 - ٥- بالامكان التوقف عن التنفيذ في اية مرحلة او اكمال ذلك بعد فترة سواء كان ذلك في الاتجاه العمودي او الافقي دون ان يؤثر ذلك على رصانة المنشآت كما هي الحال في المباني الخرسانية .
 - ٦- تمتاز الجدران الساندة للتربة المسلحة بجماليتها عن الجدران التقليدية وذلك يأتي من امكانية استعمال عدة انواع من الوحدات الواجبية .

2-1-2 مواد التسليح (Reinforcing material)

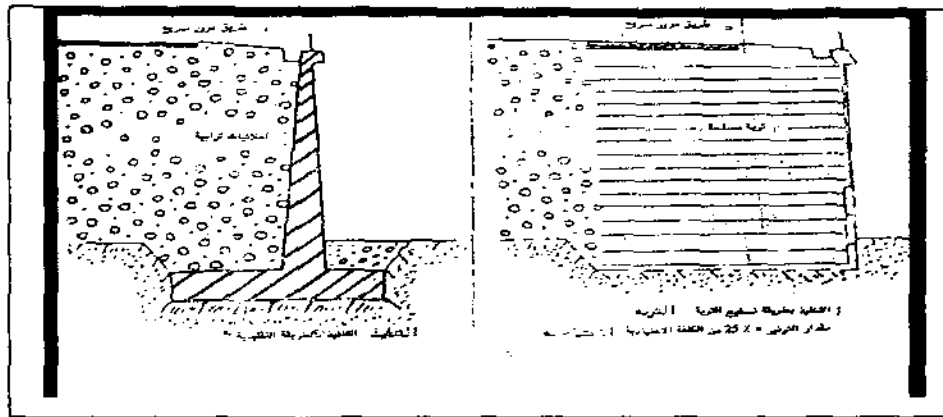
ان الغرض من استعمال مواد التسليح هو مقاومة الشد لذلك فان أي مادة لها القابلية على تحمل الشد تكون صالحة لتسليح التربة الا ان درجة صلاحيتها ومقدار كفاءتها تبقى مرهونة بنوع التربة التي ستعمل فيها وهنا اصبح بالامكان استعمال مختلف المواد لتسليح التربة حيث كان في البداية التركيز فقط على مادة الحديد ثم الحديد المغلون والالمنيوم والنحاس وغيرها من السبائك المعدنية ومع تقدم الزمن بدا استعمال المواد البلاستيكية والمطاطية والمصنعات النسيجية ويعتبر بعض الباحثون ان جنور النباتات والبردي ضمن مواد التسليح في المجالات التي يمكن ان تساهم فيها اما شكل مواد التسليح فقد اخذ في البداية الامر صيغة الشرائط المسطحة بعد ذلك يتم استعمال القضبان المعدنية والسلاسل وقد اثبتت الصفائح النسيجية فاعليتها كما ان المشبكات المعدنية والبلاستيكية اثبتت انها اكثر الانواع كفاءة في تسليح التربة نتيجة للتداخل بين حبيبات التربة خلال فتحات هذه المشبكات اضافة الى الاحتكاك بين المشبكات والتربة ومن مواد التسليح الاخرى المستخدمة في تسليح التربة هي الالياف الطبيعية ومن ضمنها سعف النخيل المستخدم في هذا البحث حيث يتم خلط سعف النخيل بنسب معينة مع التربة حيث يعمل على زيادة مقاومة التربة وتحسين خواصها ولكي يتم تحديد النوعية المناسبة للتسليح يتم عادة فحص قوة الشد ومقدار الاستطالة .

3-1-2 التطبيقات العملية للتربة المسلحة

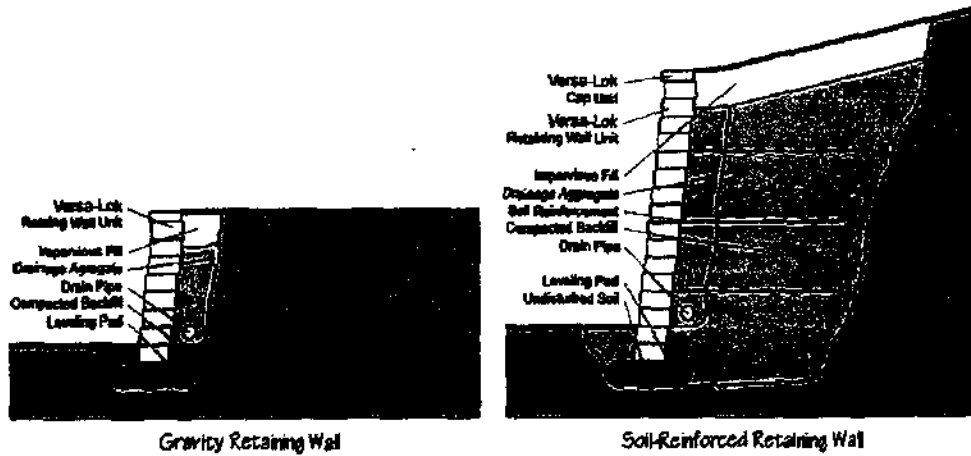
بالنظر للفوائد والميزات الكبيرة التي تمتلكها التربة المسلحة فقد أصبحت واسعة الانتشار وفي مختلف الميادين الهندسية . ولقد بدأ استعمال التربة المسلحة في انشاء الجدران الساندة ثم اتسع ليشمل اكتاف الجسور والقناطر واخيرا تم الاستفادة منها في تحسين تربة الاساسات وفي ما يلي عرضا لابرز مجالات تطبيقاتها :

١- بناء الجدران الساندة :

ان استعمال التربة المسلحة في انشاء الجدران الساندة يتميز بالسهولة و المردود الاقتصادي الكبير حيث يتم الاستغناء عن بناء او تنفيذ الجدار الخرساني بما في ذلك الاساس الذي يحتاج اليه بالإضافة الى ذلك فان العمل يتضمن اختزالا كبيرا في الوقت اللازم لتنفيذ المشروع حيث لا حاجة الى وقت لصب الكونكريت وانتظار تصلبه ويبين الشكلين ادناه نموذجا لذلك



الشكل (1-2) بناء الجدران الساندة



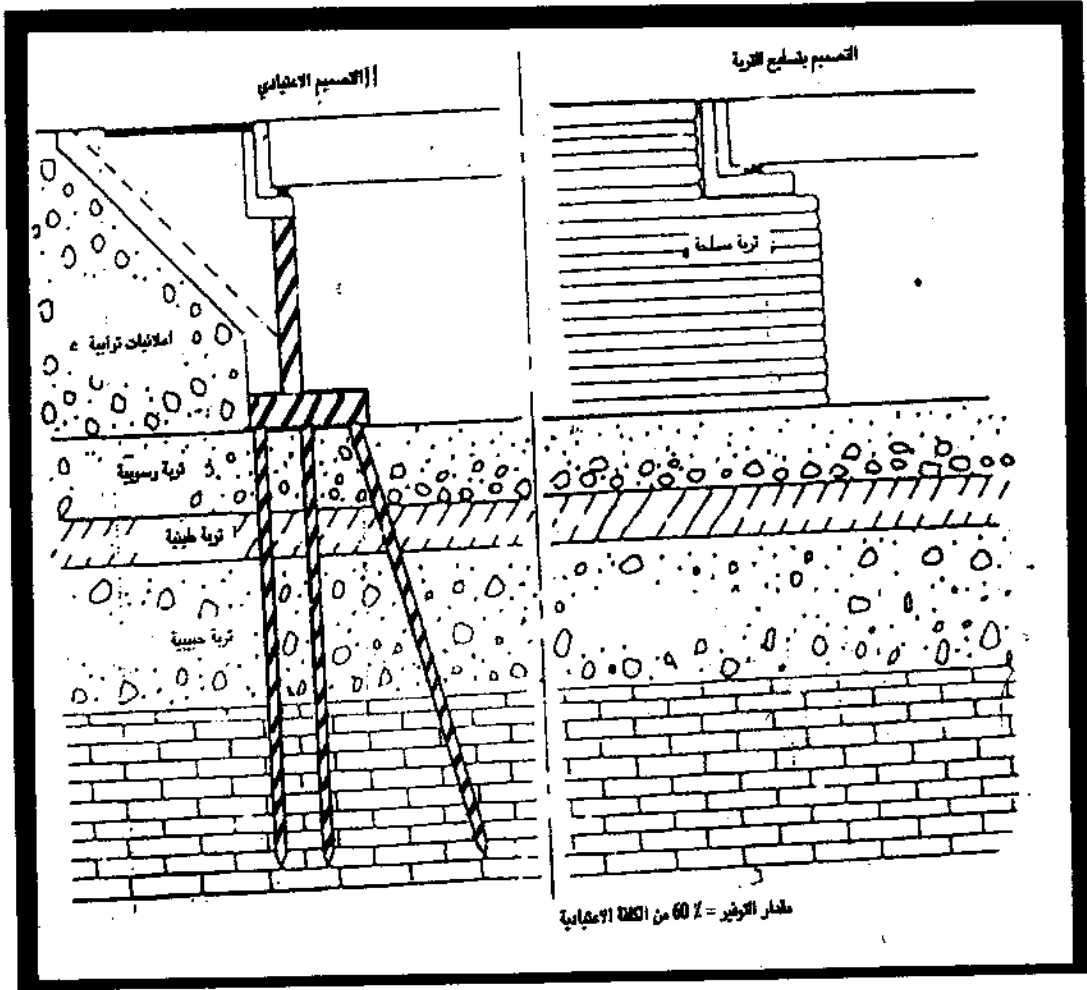
Gravity Retaining Wall

Soil-Reinforced Retaining Wall

الشكل (2-2)

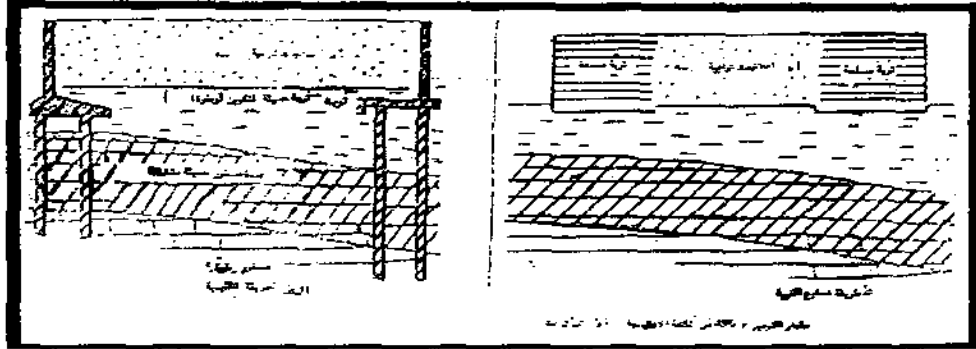
٢- إنشاء اكتاف الجسور :

حيث غالباً ما يتم تشييد الجسور على ضفاف الانهار او في الاراضي الرخوة وهذه الظروف تستوجب استعمال الركائز في اساسات اكتاف الجسور مما يترتب عليها الحاجة الى الكثير من الوقت اضافة الى التكاليف العالية .



الشكل (2-3) إنشاء اكتاف الجسور

٣- تنفيذ مقتربات الجسور فوق الترب الرخوة : يتطلب تنفيذ مقتربات الجسور ضمان ثبات التربة الى درجة تمنع حصول هبوط فيها حيث يؤدي ذلك الى انخفاضها عن منسوب الجسور التي غالبا ما تكون مشيدة فوق اساسات صلبة تمنع جلوسها .



الشكل (2-4) تنفيذ مقتربات الجسور فوق الترب الرخوة

٤- بناء الجدران البحرية والمرافى : يتطلب بناء الجدران البحرية في الموانئ ان تكون مرتكزة على اساس عمودية لضمان وصول البواخر والسفن الى اقرب ما يمكن من ارسفة التحميل وذلك يحتم استخدام الركائز التي تكون طويلة جدا لطبيعة الارض الرخوة مما يرفع كلفة المشروع لذلك فان استخدام التربة المسلحة سيكون له مردود اقتصادي كبير

٥- تصميم اساس المباني : ان انشاء الابنية الاعتيادية فوق الترب الرخوة يستوجب استعمال الاسس العميقة او الاسس الحصىرية احيانا وفي كلا الحالتين تكون كلف الاساسات عالية . وبالإضافة الى ذلك فان الابنية المشيدة في مثل هذه الظروف تكون معرضة الى مقدار لا بأس به من الهبوط في حين ان تسليح التربة سيؤدي الى زيادة قوة تحملها بدرجة عالية ويقلل من مقدار الهبوط بكثير وان ذلك ناتج من عاملين اساسيين هما

- أ- ان مواد التسليح تقوم بتحويل الانتقال العمودية الى قوة شد جانبية تتحملها مادة التسليح نفسها
- ب- ان القوة المسلطة من الابنية سوف تتوزع بشكل متجانس على مساحة التربة المسلحة هذا بالإضافة لكون التربة المسلحة تمتلك المرونة العالية مما يجعل الهبوط متفاوت للابنية المشيدة فوقها يكون قليل جدا الى حد الإهمال .

4-1-2 ميكانيكية التربة المسلحة

تستمد التربة المسلحة ثبوتيتها جراء المشاركة بين جزيئات التربة المقاومة للضغط ومواد التسليح المقاومة للشد والتي تعطي التربة الشد المطلوب وتتم تقنية التربة المسلحة عندما توضع عناصر الشد في التربة لكي تحسن استقرارها وتسيطر على التشوه الذي يحصل فيها ولكي يكون هذا التسليح فعال يجب ان يوقف سطوح الفشل في كتلة التربة .

ان الانفعال في كتلة التربة يولد انفعالا في مواد التسليح الذي تباعا يولد قوة او قوى شد في مواد التسليح وان هذه قوى الشد تؤثر في تحديد حركة التربة وهذا يمنح مقاومة اكبر للقص من التربة غير المسلحة ويتولد الشد داخل التربة المسلحة كما يلي:

عند تسليط قوة عمودية على التربة نتيجة لثقل المنشأ او الاحمال التي تمر عليها كالسيارات وغيرها فان جزيئات التربة الملامسة لمواد التسليح تميل للانزلاق لمواد التسليح نتيجة الضغط القادم عليها ولكن قوة الاحتكاك بينها وبين مواد التسليح تقوم بمنع ذلك وقوة الاحتكاك هذه تتحول الى قوة شد على مادة التسليح وبذلك تكون القوة العمودية المسلطة من الانتقال قد تحولت الى قوة شد داخل مواد التسليح وفي نفس الوقت تتحول مادة التسليح الى رباط يربط جزيئات التربة ببعضها نتيجة لاشتراكها في الاحتكاك مع مادة التسليح اما حبيبات التربة التي ليست في تماس مباشر مع مواد التسليح فان الترابط والاحتكاك ينتقل اليها نتيجة للشابك بينها وبين الحبيبات الملامسة لمواد التسليح وبالطبع فان هذه القوة تقل كلما ابتعدت الحبيبات عن مادة التسليح الى ان تصل حد الاهمال وهذا يحدد المسافات العمودية بين طبقات التسليح .

5-1-2 الاجهادات داخل التربة (Stresses in soil)

ان احد الاهداف الاساسية من دراسة ميكانيك التربة هو معرفة مقدار الضغوط والاجهادات داخل التربة لما لذلك من اهمية كبيرة في انشاء المباني والسدود والاملاشيات الترابية . وان حساب شدة الاجهاد وتوزيعه داخل التربة يعتمد على عوامل عديدة اهمها مقدار الاحمال ، مساحة التحميل ، شكل مساحة التحميل بالاضافة الى عوامل اخرى .

وان معرفة قيمة الاجهادات وطريقة انتشارها تعد من الضروريات الاساسية في تصميم الاساسات حيث ان زيادة الاجهاد عن الحد الذي تتحملة التربة يؤدي الى فشلها وانهيار المنشآت التي فوقها كما ان تحديد قيمة الاجهاد يساعد في التنبؤ بمقدار الهبوط المتوقع في المنشآت نتيجة لانضغاط طبقات التربة تحتها . عموما يمكن تقسيم الاجهاد داخل التربة الى نوعين رئيسيين :

١- الاجهاد الناتج من التربة نفسها والمقصود بذلك الضغط الذي يسببه وزن طبقات التربة خلال الاعماق المختلفة وغالبا ما يطلق عليه بالضغط لانه لم يحصل بسبب مصدر خارجي ويلعب الماء الموجود في التربة دورا هاما في هذا المضمار حيث نظرا لاحتواء التربة على الماء في معظم الحالات لذلك فان أي حمولة تسليط عليها سوف توزع على جزيئات التربة (حبيباتها) والماء الموجود في المسام داخل التربة . ومما يجدر ذكره ويجب الانتباه اليه هو ان الماء لا يشارك او يتحمل شئ من الاثقال الا اذا كانت مسامات التربة مملوءة أي ان التربة في حالة اشباع او مغمورة بالماء وبعبارة اخرى فان الحمولة (الاثقال) المسلطة على التربة ستتحملها الحبيبات فقط

٢- الاجهادات الناتجة من الاثقال الخارجية والتي تسببها الابنية والاملاشيات الترابية والسدود وتنتشر هذه الاجهادات الى طبقات التربة السفلى مسببة هبوط بالمنشآت نتيجة لانضمام التربة . فعند تسليط ثقل معين على سطح التربة فانه سوف يولد اجهادا داخل كتلة التربة وهذا الاجهاد يتناقص بالابتعاد عن مركز الثقل (موقع التحميل) وبزيادة العمق تحت سطح التربة . ومن اجل اعطاء الوصف الكامل للاجهادات داخل التربة يمكن القول بانها تتضمن ستة مركبات ثلاث منها عمودية والثلاث الاخرى تماسية والتي يطلق عليها اجهادات القص ومما يجدر ذكره ان الاجهادات العمودية وحدها تستعمل في حسابات الهبوط بينما تستعمل الاجهادات العمودية واجهادات القص في حسابات قوة تحمل التربة [3].

2-1-6 الوسائل المستعملة لتثبيت التربة

يقصد بتثبيت التربة تغيير خصائصها غير المرغوب بها أو تحسينها وجعلها مقبولة للاستخدام في المنشآت والمشاريع الهندسية المختلفة وإن مبدأ تثبيت التربة ينطلق من نقطتين أساسيتين هما :

١- الحصول على أساس مقاوم ومتين للطريق أو المنشأ ليتحمل الأثقال المتوقعة خلال عمر المنشأ

٢- إمكانية تنفيذ المنشأ بتكاليف معقولة وطرق اقتصادية

ولقد استعملت تقنية تثبيت التربة في مختلف المجالات الهندسية وغيرها ففي الزراعة يمكن استخدامها لاستصلاح الأراضي وفي مضمار البناء تستعمل في الأساسات والردميات الترابية وإنشاء السدود ويتضمن تثبيت التربة كما يأتي :

١- رص التربة لزيادة كثافتها .

٢- إجراء تغييرات كيميائية أو فيزيائية على خصائصها

٣- السيطرة على نفاذية التربة لمنع ارتفاع الماء الجوفي

٤- إزالة التربة الرديئة واستبدالها بنوعية أحسن منها

وبناء على ما تقدم فقد استنبطت وسائل مختلفة لتثبيت التربة هما :

١- التثبيت الميكانيكي (الرص)

٢- التثبيت باستعمال السمنت

٣- التثبيت باستعمال النورة (الكلس)

٤- التثبيت باستعمال المواد القيرية

٥- التثبيت باستعمال الألياف الطبيعية ومن ضمنها سعف النخيل وهو موضوع

البحث

2-2 دراسة سابقة

قامت الباحثة زين وليد صامويل عباوي سنة 2002 م بدراسة امكانية استخدام بعض الالياف الطبيعية المتوفرة (سعف النخيل) كمواد تسليح في الكتل الترايبية وكانت النتائج المستحصلة قد اشارت نجاحا مقبولا في استخدام كتل ترايبية مسلحة بواسطة المواد الطبيعية مع ديمومة مناسبة حيث ان الالياف الطبيعية مثل ورق السعف والقصب وغيرها مناسبة لاستخدامها في تسليح التربة بوجود عنصر امان مقبول وقابلية مقاومة تأثير الرطوبة والتي تلائم الظروف الجوية في العراق .

الفصل الثالث

التجارب العملية

1-3 المقدمة :

سوف يتم في هذا الفصل معرفة ماهي المواد المستعملة في تثبيت التربة والتي هي عبارة عن الياق طبيعية (سعف النخيل) حيث تم اختيار النوعية الجيدة منه وتنقيتها وتجفيفها لكي تكون ملائمة لاجراء الفحوصات عليها حيث يتم خلط هذه الالياف الطبيعية مع التربة وينسب معينة وضمن اطوال محددة وباقطار ثابتة وكذلك يتم في هذا الفصل معرفة نوع التربة التي استخدمت في هذا البحث والتي هي عبارة عن تربة طينية تجاوزت نسبة الطين فيها الـ (82.5%) وذلك من خلال فحصها بالهايدروميتر والذي يستعمل لتحديد التوزيع الحبيبي للجزيئات ناعمة الحبات (التربة التي تمر من sieve رقم 200) وكذلك اجراء فحص التحليل الخشن والذي يستعمل لتحديد التوزيع الحبيبي للجزيئات خشنة الحبات (أي لتحديد نسبة الحصى والرمل) ولم يتم استخدام التحليل الخشن في هذا البحث وذلك لعدم وجود الجزيئات الخشنة المتبقية على الـ sieve عند فحص التربة . وكذلك نتطرق في هذا الفصل الى معرفة خواص التربة الفيزيائية مثل (L.L , P.L , P.I , G.S) واخيرا يتم عمل فحوصات المقاومة على التربة بعد خلطها مع سعف النخيل وتشمل هذه الفحوصات كلا ما يلي :

- ١- فحص الانضمام (consolidation)
 - ٢- فحص الرص (compaction)
 - ٣- فحص القص المباشر (direct shear)
- ويتم من خلال هذه الفحوصات معرفة مدى تأثير اضافة هذه الالياف الطبيعية على مقاومة التربة وخواص التربة الهندسية .

2-3 المواد المستخدمة في البحث :

- ١- الماء : حيث تم استعمال الماء المقطر في الفحوصات والتجارب المختبرية وذلك لعدم احتوائه على الاملاح والشوائب
- ٢- الالياف الطبيعية : حيث تم استعمال سعف النخيل كألياف طبيعية في هذا البحث وتم تجفيفه وتحضيره باطوال محددة وباقطار ثابتة وخلطه مع التربة وبنسب معينة
- ٣- التربة : وتم استخدام التربة الطينية في هذا البحث من خلال معرفة نوعها عن طريق فحص الهایدرومیتزر

3-3 طريقة اخذ النماذج

تم اخذ تربة طينية والتي تم الحصول عليها من باطن الارض وعلى عمق ١٣ متر تقريبا من مشروع حفريات في منطقة ابوتشير (الدورة) وبعد اجراء الفحوصات عليها لمعرفة نوع التربة (فحص الهایدرومیتزر) وجد انها تربة طينية ونسبة الطين فيها (82.5 %) وهي ملائمة جدا لاجراء الفحوصات والتجارب المختبرية عليها وكما في الشكل



الشكل (3-1) يوضح طريقة اخذ نموذج التربة من مشروع حفريات الدورة على عمق ١٣ م

3-4 طريقة تحضير النماذج

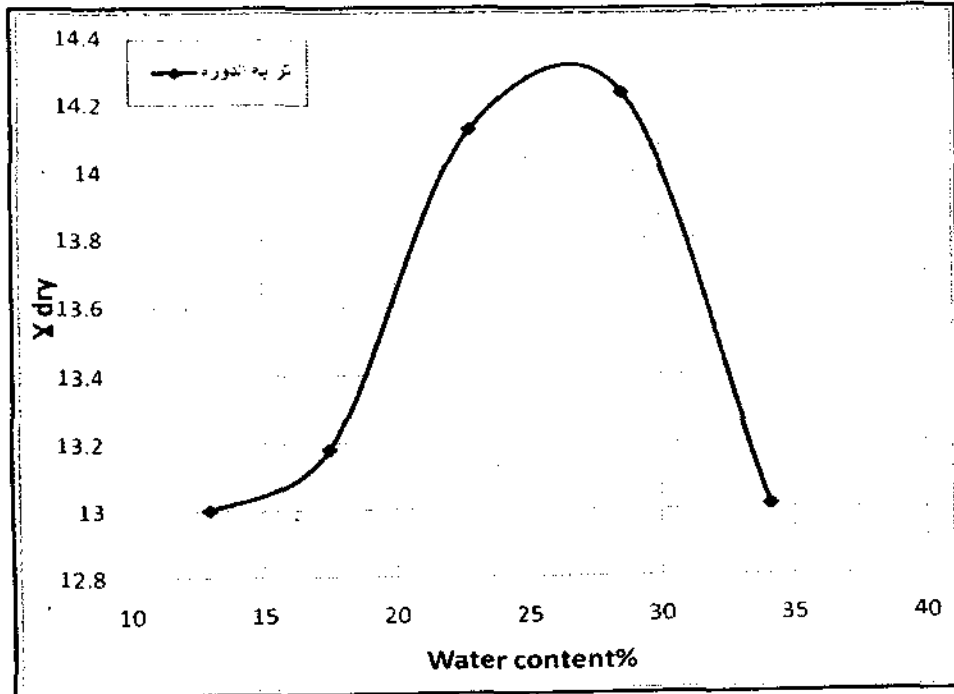
١- الالياف الطبيعية (سعف النخيل) : تم اختيار نوعية جيدة من السعف وتم تجفيفها في فرن كهربائي بدرجة حرارة (60) ولمدة ٢٤ ساعة ثم تم القيام بتقطيعه للحصول على الطول والقطر المطلوب من السعف ثم يتم تهيئته بنسب حجمية مختلفة (5% ، 10% ، 15% ، 20%) من حجم التربة ثم خلط هذه النسب مع التربة لاجراء الفحوصات المختبرية عليها علما ان الاقطار المطلوبة كانت (8 mm ، 12 mm)

٢- التربة : لغرض معرفة نوع التربة هل هي تربة طينية ام لا لكي يتم استخدامها في البحث يتم اجراء فحص الهيدروميتر (المكثاف) حيث يتم اخذ (1kg) تقريبا من التربة الاصلية ويتم وضعه في pan ثم يتم وضع الـ pan في الفرن لكي تجف التربة ثم نأخذ هذه التربة الجافة ونطحنها بالمطرقة الخاصة للطحن او عن طريق جهاز الطحن ثم نغسل هذه التربة على sieve رقم 200 تحت الماء ونأخذ فقط المار من الـ sieve حيث ان المار هو clay و silt اما المتبقي على الـ sieve هو sand و Gravel ولا يتم اخذه . ثم نرجع التربة المارة من الـ sieve رقم 200 الى الفرن مرة اخرى لكي تجف ثم نأخذ منها بعد اخراجها من الفرن (50 غم) بالضبط تكون مطحونة ومجففة ومغسولة وهذه الـ 50 غم من التربة نقوم بفحص الهيدروميتر عليها وكالتالي :

فحص الهيدروميتر

- ١- نأخذ (50 غم) بالضبط من التربة العابرة من المنخل القياسي رقم 200 وتكون مغسولة ومجففة كما تم التطرق اليها مسبقا
- ٢- نضيف محلول من المادة المشتتة (Napo3) بكمية مقدارها (125 مليلتر) الى التربة ثم يتم خلطها جيدا بواسطة خلاطة كهربائية خاصة وترك المزيج ليختمر لمدة 24 ساعة
- ٣- بعدها تم اضافة كمية من الماء المقطر الى المزيج ثم وضع المزيج في الخلاطة لمدة (5) دقائق
- ٤- ثم وضع المزيج في اسطوانة الترسيب بعناية تامة وذلك لتجنب فقدان أي جزء ثم يتم بعدها اضافة كمية من الماء المقطر مرة اخرى الى المزيج لكي يصل الحجم الى (1000) مليلتر في اسطوانة الترسيب
- ٥- يرج المحلول الذي في اسطوانة الترسيب جيدا وذلك بوضع راحة اليد على فتحة الاسطوانة وتقلب الاسطوانة عدة مرات الى ان لا تبقى أي تربة مترسبة في قعر الاسطوانة حوالي دقيقة ثم توضع اسطوانة الترسيب بصورة اعتيادية ويهدوء على منضدة مستوية وثابتة لكي يتم تسجيل القراءات بصورة مضبوطة ودقيقة .

- ٦ - يبدأ التوقيت من لحظة جلوس الاسطوانة على المنضدة ثم يوضع المكثاف بسرعة وحرص في المحلول وتؤخذ القراءات عند (1,2,3,4) دقائق بدون رفع المكثاف وناخذ قراءات المحرار ونسجلها ثم ننقل المكثاف الى اسطوانة السيطرة التي توضع الى جانب اسطوانة الترسيب وتكون اسطوانة السيطرة مملوءة بالماء فقط وتكون مشابهة لاسطوانة الترسيب ويتم اخذ القراءات من اسطوانة السيطرة (R_w) (Zero correction)
- ٧- يتم ترك المكثاف في اسطوانة السيطرة الى حين موعد القراءة الجديدة في اسطوانة
- الترسيب لفترات زمنية وكالاتي (8,15,30,60 دقيقة ، 2,24 ساعة) مع اخذ درجة الحرارة متساوية
- ٨- بعد كل قراءة يجب رفع المكثاف بدقة ووضعه في اسطوانة السيطرة وتؤخذ قراءة المكثاف بالماء (R_w)
- ٩- تؤخذ درجات الحرارة للاسطوانتين لفترات متباعدة مع الحرص على ابقاء درجات الحرارة متساوية .
- ١٠- تؤخذ قراءة التحذب في اسطوانة السيطرة علما بأن كافة القراءات الاولى يجب ان تؤخذ الى اعلى التحذب.



الشكل (٢-٣) يوضح العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي للتربة الطينية بدون مضافات

3-5 الفحوصات الفيزيائية :

يتم اجراء عدة فحوصات فيزيائية لمعرفة خواص التربة الطينية وذلك قبل القيام بفحوصات المقاومة الثلاث (فحص الرص ، فحص الانضمام ، فحص القص المباشر) استنادا الى المواصفات الامريكية (66 - 423 Astm) وتشمل هذه الفحوصات (حد السيولة L.L ، حد اللدونة p.L ، فحص الـ G.S)

اولا - حد السيولة (Liquid limit) (L.L) :

وهو نسبة الرطوبة التي عندها يتغلق فيها شق قياسي لتربة مفروشة في طاسة نحاسية قياسية لمسافة ١٣ ملم عند سقوط الطاسة من ارتفاع ١ سم سقوطا حرا (٢٥ مرة)

طريقة الفحص لايجاد حد السيولة (L.L) :

- ١- يستعمل لاجراء هذه التجربة جهاز خاص يدعى جهاز حد السيولة او جهاز كازغراندي والذي يتألف من طاسة نحاسية حيث ترتفع الطاسة النحاسية بمسافة ١ سم ثم بعدها تسقط سقوطا حرا بواسطة عتلة يدوية لذلك يجب ان يصحح ارتفاع الجهاز في البداية
- ٢- نأخذ حوالي (100 - 200) غم من التربة المجففة بالهواء ثم يتم وضع التربة على لوح زجاجي ويتم اضافة الماء اليها بالتدريج وبعده مراحل حيث يتم خلط التربة بالماء جيدا بواسطة سكين ولمرات عديدة حتى يتم تشبع جميع اجزاء التربة بالماء ويتجانس الخليط بصورة جيدة
- ٣- نفرش التربة في الطاسة النحاسية بحيث تكون افقية تقريبا ويكون اثنى جزء من التربة في الوسط (حوالي ١ سم) وتمتلئ ثلثي الطاسة النحاسية بالتربة
- ٤- نفتح او نعمل شق في التربة باستعمال (اخدود ASTM) او اخدود كازغراندي ثم بعدها يدار الجهاز بواسطة عتلة يدوية فترتفع الطاسة بارتفاع ١ سم وتترك لتسقط سقوطا حرا وتكرر هذه العملية لعدة مرات بسعة دورتين بالتناوب الى ان يلتحم شق التربة لمسافة ١٣ ملم وعندها يؤخذ نموذج من التربة المحيطة بالشق وتوجد نسبة الرطوبة لها من خلال اخذ التربة المحيطة بالشق ووضعها في (Tin) ويتم وزنها بالميزان ثم وضعها في الفرن من اجل حساب المحتوى المائي لها
- ٥- نكرر العملية اربع او خمس مرات وفي كل مرة نغير نسبة الرطوبة باضافة كمية من الماء الى التربة مع تسجيل عدد الضربات اللازمة لالتحام الشق بحيث لا يقل عدد ضربات المحاولة الواحدة عن ١٥ ضربة ولا يزيد عن ٤٥ ضربة وان لا يقل الفرق بين كل محاولة واخرى عن ٥ ضربات.

- ٦- تسقط النتائج على خطوط بيانية نصف لوغارتمية حيث يمثل محور السينات اللوغارتمي عدد الضربات بينما يمثل محور الصادات الاعتيادي نسبة الرطوبة (%Wc)
- ٧- نوصل النقاط بخط مستقيم ثم نحسب نسبة الرطوبة عندما تكون عد الضربات ٢٥ ضربة ويطلق على نسبة الرطوبة هذه حد السيولة (L.L)

ثانياً - حد اللدونة (Plastic limit) (P.L) :

وهو نسبة الرطوبة التي عندها يتقطع شريط من التربة قطره ٣ ملم .

طريقة الفحص لايجاد حد اللدونة (P.L) :

- ١- يتم اخذ كمية معينة من التربة ويضاف اليها الماء وتعجن التربة مع الماء باليد ويتم عمل منها شريط رفيع يدرج باليد على الطاولة فإذا بدأ هذا الشريط بالانقطاع وكان قطره ٣ ملم تكون نسبة الرطوبة الموافقة لهذه الحالة هي حد اللدونة ثم يتم وضع هذه الاشرطة في (Tins) ويؤخذ وزنها بالميزان ثم توضع بالفرن لكي تجف وبعدها يتم حساب المحتوى المائي لها وهو حد اللدونة

٢- تعاد العملية مرتين ويؤخذ المعدل

$$W_c = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} * 100$$

ثالثاً - فحص الوزن النوعي (Specific Gravity) (G.S) :

حسب رقم المواصفة (ASTM D854 - 02)

طريقة الفحص :

- تم وزن كمية من التربة الجافة مقدارها (10gm) ثم تم وضعها في ورق زجاجي (المتقالة) بواسطة مخروط زجاجي ثم تم اضافة الماء اليها الى الحد الذي يمثل اكبر قطر في المتقالة وتم وضع هذه المتقالة في وعاء يحتوي على ماء مغلي لمدة ساعة تقريباً لطرد فقاعات الهواء من محلول التربة أي انه تم استخدام طريقة الغليان .
- وبعدها تملى المتقالة بالماء المقطر ثم يتم وضع السدادة على فوهة المتقالة ثم يتم وزنها والذي يمثل وزن (المتقالة + التربة + الماء) .
- بعدها تم قياس درجة الحرارة والتي تمثل درجة حرارة الفحص . بعدها تم وزن (المتقالة + الماء) وتم قياس درجة الحرارة والتي يجب ان تكون نفس درجة حرارة الفحص . وعند قيامنا بالفحص ظهر ان درجتني الحرارة متساوية .

6-3 فحوصات المقاومة : وتشمل

6-3-1- فحص الرص (Compaction) :

يتم اجراء الفحص استنادا الى المواصفات (ASTM D 698 - 70) وان طريقة الفحص كانت تتبع الخطوات الاتية :

- ١- نضع نموذج من التربة في فرن حراري بدرجة حرارة (١١٠°) ولمدة ٢٤ ساعة لكي تجف ثم يتم طحنه بواسطة جهاز الطحن ثم نأخذ كمية (٣ كغم) من هذا النموذج بواسطة الميزان
- ٢- نضيف ماء بنسبة (٥%) من مقدار التربة الى التربة (٣ كغم) ونخلطها خلطا جيدا

٣- ندهن جوانب قالب الرص ثم نزنه بدون طوق الاضافة (W1)

٤- نضع طوق الاضافة ونضع جزء من التربة في قالب الرص ثم نرص التربة على شكل ثلاث طبقات

٥- الطبقة الاولى يتم الحصول عليها من خلال وضع جزء من التربة في قالب الرص وبعدها يتم رصه بواسطة مطرقة وزنها ٢,٥ كغم تسقط سقوطا حرا من ارتفاع ٣٠ سم وتكون عدد ضربات المطرقة ٢٥ ضربة موزعا توزيعا متجانسا على التربة

٦- الطبقة الثانية يتم الحصول عليها من خلال وضع جزء اخر من التربة في قالب الرص ونعيد العملية مرة اخرى وبنفس الطريقة للطبقة الاولى

٧- نكرر العملية للحصول على الطبقة الثالثة

٨- نفتح طوق الاضافة ثم نلاحظ ارتفاع التربة حيث يجب ان لا يتجاوز ارتفاع التربة عن مستوى القالب ٦ ملم

٩- نساوي التربة مع مستوى قالب الرص بواسطة سكين

١٠- نزن القالب وهو مملوء بالتربة (W2)

١١- نحسب كثافة التربة الرطبة :

$$\rho_{wet} = \frac{W2-W1}{VOL} = \frac{W2-W1}{VOL}$$

١٢- نخرج التربة من القالب باستعمال مكبس هايدروليكي .

- ١٣- نزن نموذج من التربة الرطبة ثم نضعها في الفرن لمدة ٢٤ ساعة لحساب نسبة الرطوبة الحقيقية (W)
- ١٤- نخلط التربة المستعملة بعد تفتيتها مع التربة الاصلية ثم نضيف ٣% من الماء
- ١٥- نعيد الخطوات أعلاه عدة مرات مع زيادة تدريجية لنسبة الماء المضافة الى التربة للحصول على منحنى (الكثافة الجافة - المحتوى المائي)

$$\rho_{dry} = \frac{\rho_{wet}}{1+W\%}$$

- ١٦- نسقط النتائج على خطوط بيانية حيث يمثل محور السينات نسبة الرطوبة الحقيقية (W) بينما يمثل محور الصادات كثافة التربة الجافة
- ١٧- نوصل بين النقاط بواسطة منحنى ثم نجد اعلى كثافة جافة ($\rho_{dry max.}$) ونسبة الرطوبة المثالية (Optimum water content) .
- ١٨- بعد ذلك يتم اضافة نسبة السعف (5% , 10% , 15%) وبقطر (8mm) ونسبة سعف (5% , 10% , 20%) وبقطر (12mm) الى نموذج التربة الجاف والمطحون وتعاد عملية الرص ولكل نسبة من نسب السعف .



الشكل (3-3) يوضح عملية اجراء فحص الرص

6-3-2 - فحص الانضمام (Consolidation Test)

رقم المواصفة (ASTM D851 – 32)

تم تحضير النموذج داخل حلقة الانضمام (Ring) ويوضع النموذج داخل خلية الانضمام (Cell) مع وضع الحجر المسامي المشبع بالماء اسفل واعلى النموذج بدقة ثم يتم تثبيت طوق خلية الانضمام وقرص التحميل الدائري وشد كافة البراغي الموجودة . ثم يتم وضع الخلية في الجهاز في مكانها الصحيح ثم يتم تثبيت اجزاء الجهاز وتثبيت ذراع التحميل مع تثبيت مقياس النزول على القرص الدائري وتصفير المقياس استعدادا للبدء بالفحص . ثم نغمر الخلية بالماء المقطر لغرض اشباع النموذج لفترة وحسب نوع التربة . بعدها نكون قد بدأنا بمرحلة التحميل وذلك بتسليط اجهادات التحميل المنتظمة على نموذج التربة داخل خلية الانضمام حيث يتم وضع ائقال معينة على ذراع التحميل بانتظام وبصورة تراكمية حيث يتم المضاعفة في كل فترة (25-50-100-200-400-800-1600) ويتم تسجيل قراءة مقياس النزول (Dial gage) عند كل حمل خلال فترات زمنية معينة . ثم يتم رفع الحمل بصورة منتظمة وذلك بالتقسيم على اربعة وتؤخذ قراءة المقياس في كل مرة (25-100-400-1600) وبعد الانتهاء من الفحص نفتح الخلية ويرفع النموذج ويوزن بعد اتمام عملية وضع النموذج داخل الفرن الحراري . ويعاد الفحص بعد اضافة الياف السعف وينسب حجمية مختلفة من التربة علما ان هذه النتائج غير دقيقة بالشكل الكافي نظرا لعدم اتمام العملية بالوقت المطلوب.



الشكل (4-3) يوضح النموذج الناتج من فحص الانضمام

6-3-3- فحص القص المباشر (Direct shear Test)

رقم المواصفة (44 - ASTM D 754)

يتم تحضير النموذج وذلك عن طريق رص التربة ولمحاولة واحدة فقط من أجل الحصول على نتائج مضبوطة ودقيقة وثم الحصول على النموذج من وضع التربة في قالب وشد كافة البراغي الموجودة ثم يتم وضعه في جهاز القص حيث يتم تثبيت اجزاء الجهاز ووضع حمل مقداره (1 Kg) وتثبيت ذراع التحميل مع تثبيت المقاييس وتصغيرها استعداداً للبدأ بالفحص .

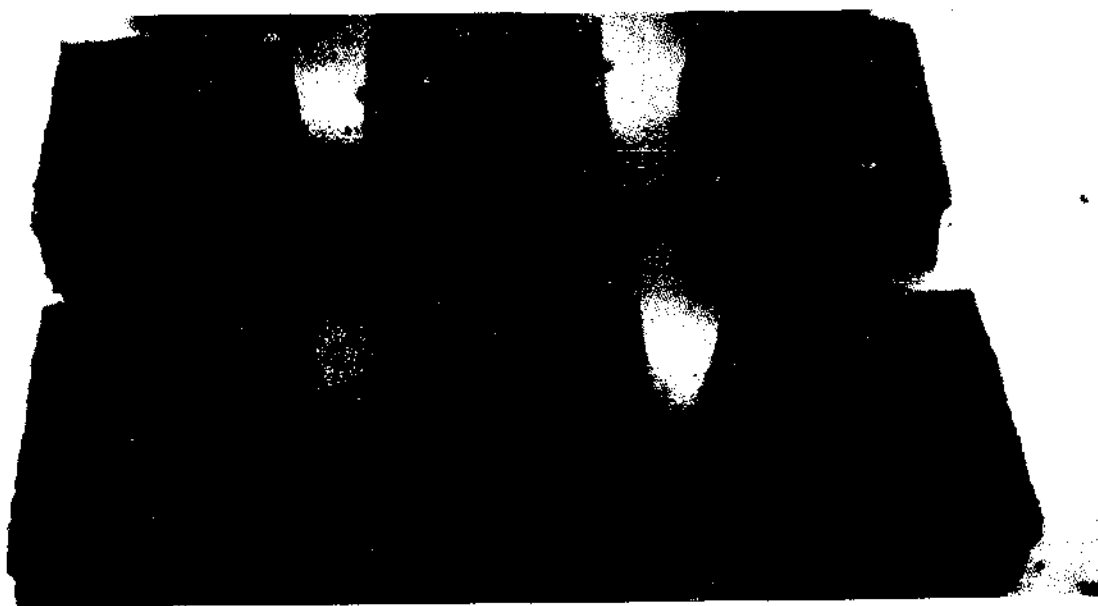
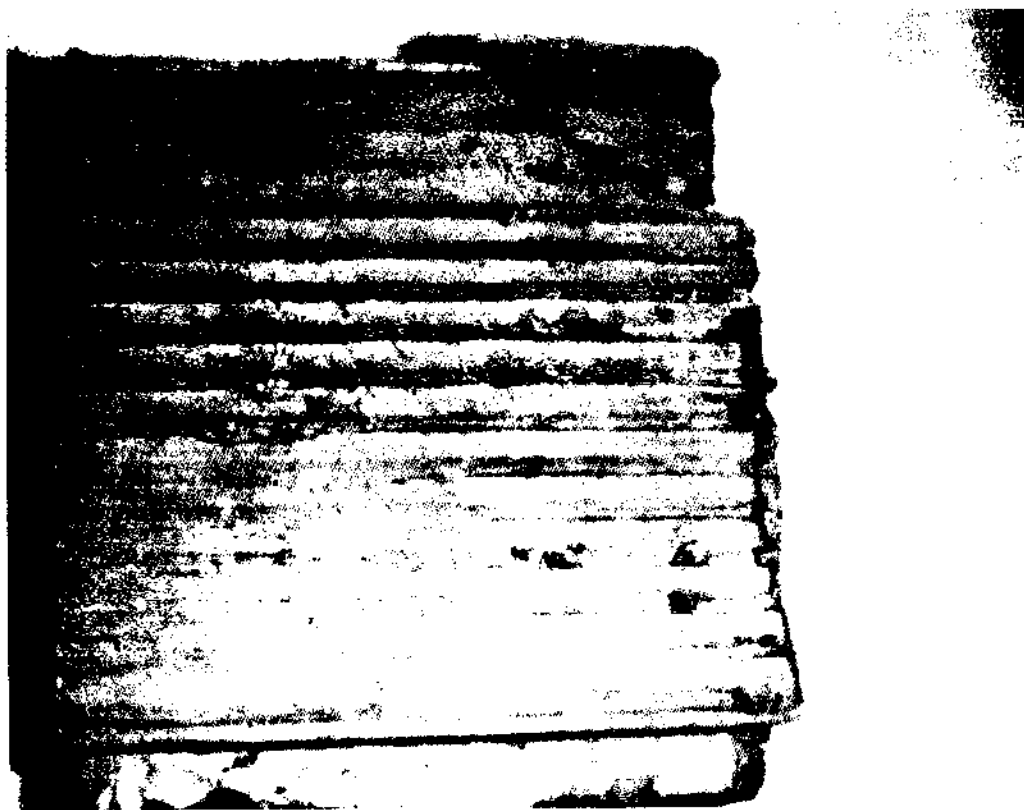
وبعدها يتم تشغيل الجهاز وتسجيل القراءات على المقاييس والتي تشمل الازاحة الافقية والازاحة العمودية .

ثم يتم ايقاف الجهاز بعد فشل النموذج وتفتح كافة البراغي ويرفع النموذج ويعاد الفحص لنماذج اخرى ولكن يتم وضع حمل مقداره (2 Kg) وثم (4 Kg) .

ثم يتم اجراء هذا الفحص بعد اضافة الياف السعف بنسب حجمية من التربة وكما مبين في الشكل (6-3) والذي يوضح النماذج بعد اجراء فحص القص المباشر .



الشكل (5-3) يوضح جهاز فحص القص المباشر



الشكل (3-6) يوضح النماذج بعد اجراء فحص القص المباشر

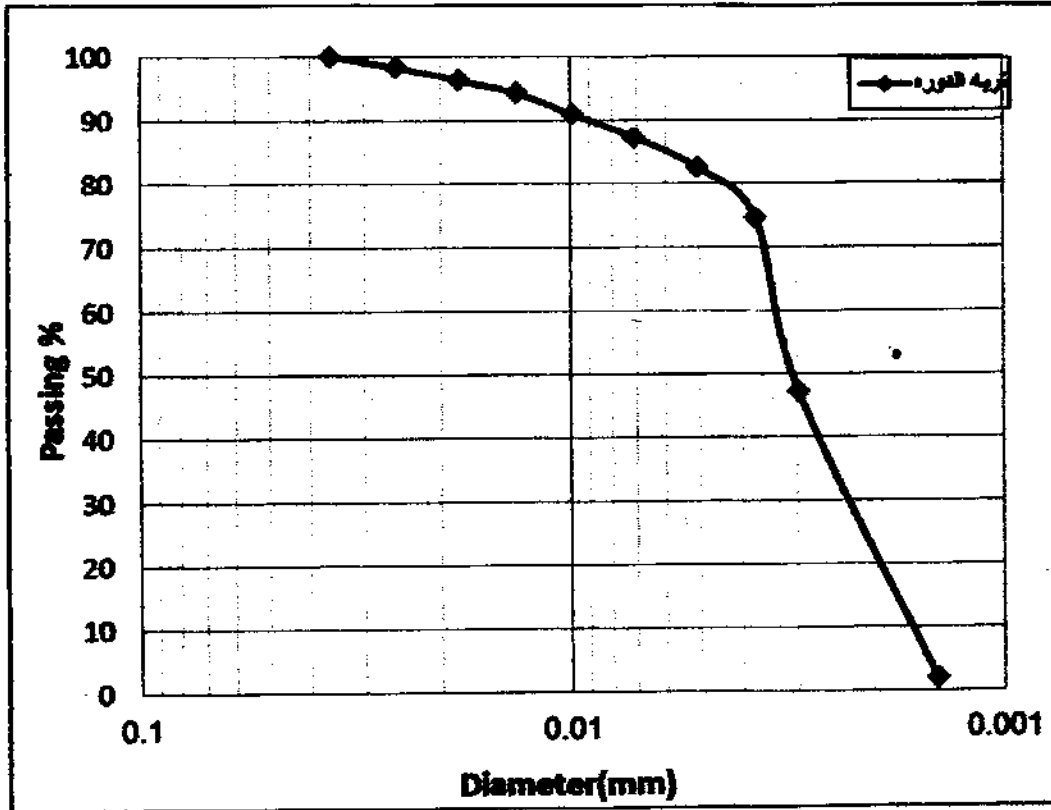
الفصل الرابع

النتائج

الفحوصات المختبرية

1-4 فحص المكثاف (Hydrometer Test)

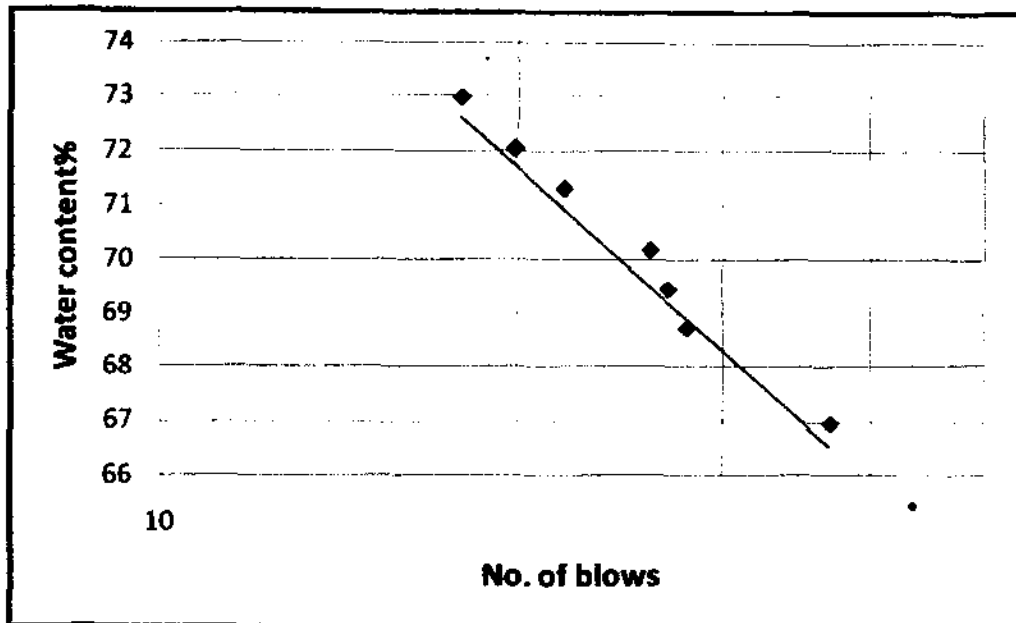
من خلال هذا الفحص تم معرفة نوع التربة المستخدمة في هذا البحث وكانت تربة طينية مع نسبة من الغرين (Silty clay) وكما في الشكل ادناه.



الشكل (1-4) فحص المكثاف

2-4 الفحوصات الفيزيائية :

1-2-4 فحص حد السيولة (L.L)



الشكل (4-2) فحص حد السيولة

2-2-4 فحص حد اللدونة (P.L) :

Plastic Limit%						
Tin no.	Wt. of Tin	Wt. (Tin + Soil) wet	Wt. (Tin + Soil) Dry	Water (Ww)	dry only	water content%
139	23.4	77.2	66	11.2	42.6	26.29107981
157	27.5	76.3	66.1	10.2	38.6	26.42487047

الجدول (4-1) يوضح فحص حد اللدونة

4-2-3 فحص الوزن النوعي (G.S) :

القانون المستخدم في هذا الفحص :

$$GS = Ws / [Wpw - (Wpws - Ws)]$$

حيث ان :-

Wpw : وزن الدورق والماء عند درجة حرارة الفحص

Ws : وزن التربة الجافة

Wpws : وزن الدورق والماء والتربة عند درجة حرارة الفحص

4-2-4 نتائج الفحوصات الفيزيائية :

الجدول ادناه يوضح قيم الفحوصات الفيزيائية

No.	Index property	Index value
1	Liquid limit %(LL)	70
2	Plastic limit %(PL)	26.35
3	Plasticity index %(PI)	43.65
4	Specific gravity (Gs)	2.70
5	Gravel (larger than 2mm)%	0
6	Sand (0.06 to 2mm)%	0
7	silt (0.005 to 0.06mm)%	17.5
8	Clay (less than 0.005mm)%	82.5
9	Soil symbols (USCS)	CH

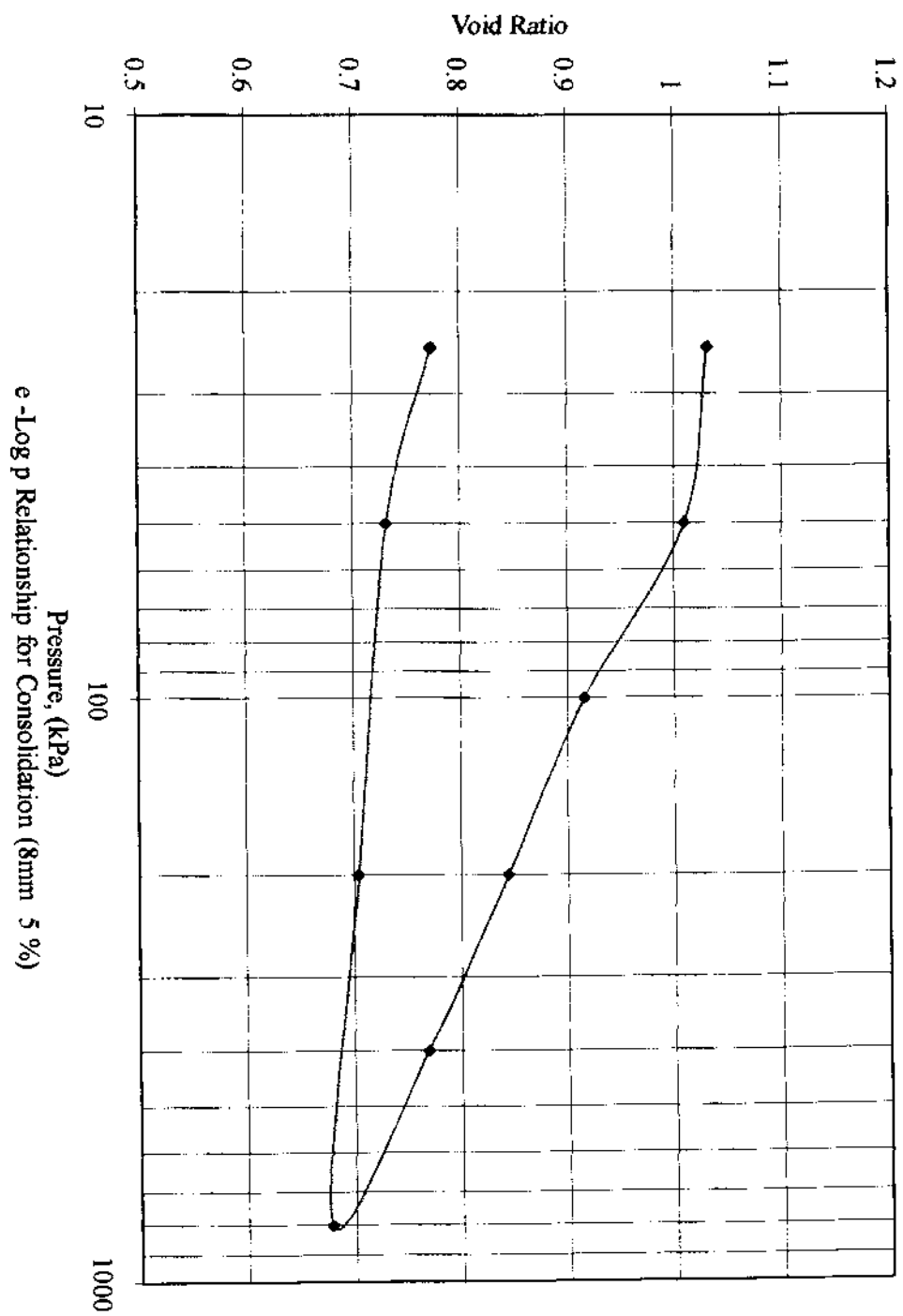
جدول (2-4) نتائج الفحوصات الفيزيائية

3-4 فحوصات المقاومة

فحص الانضمام (Consolidation)

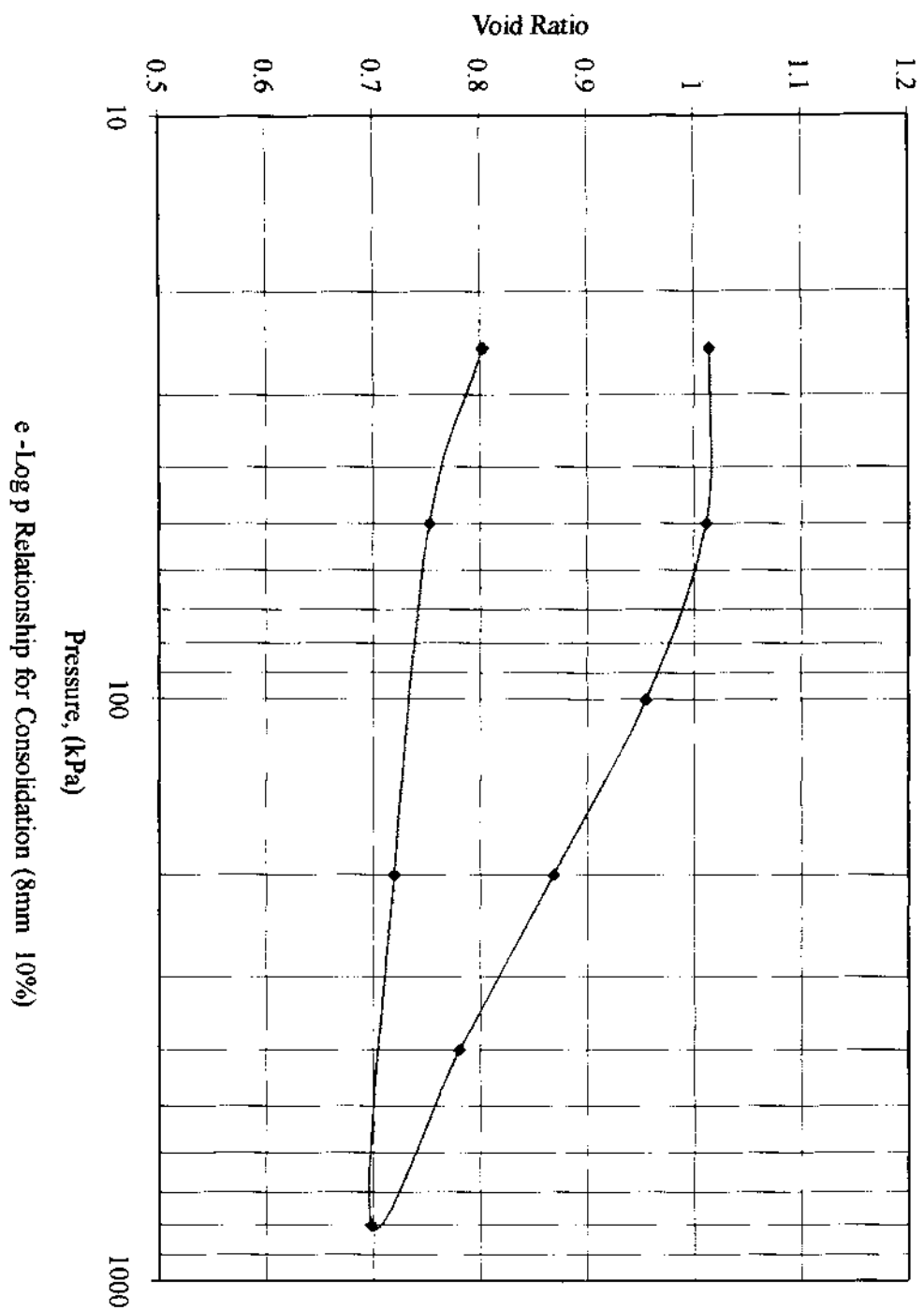
Consolidation (8mm 5%)

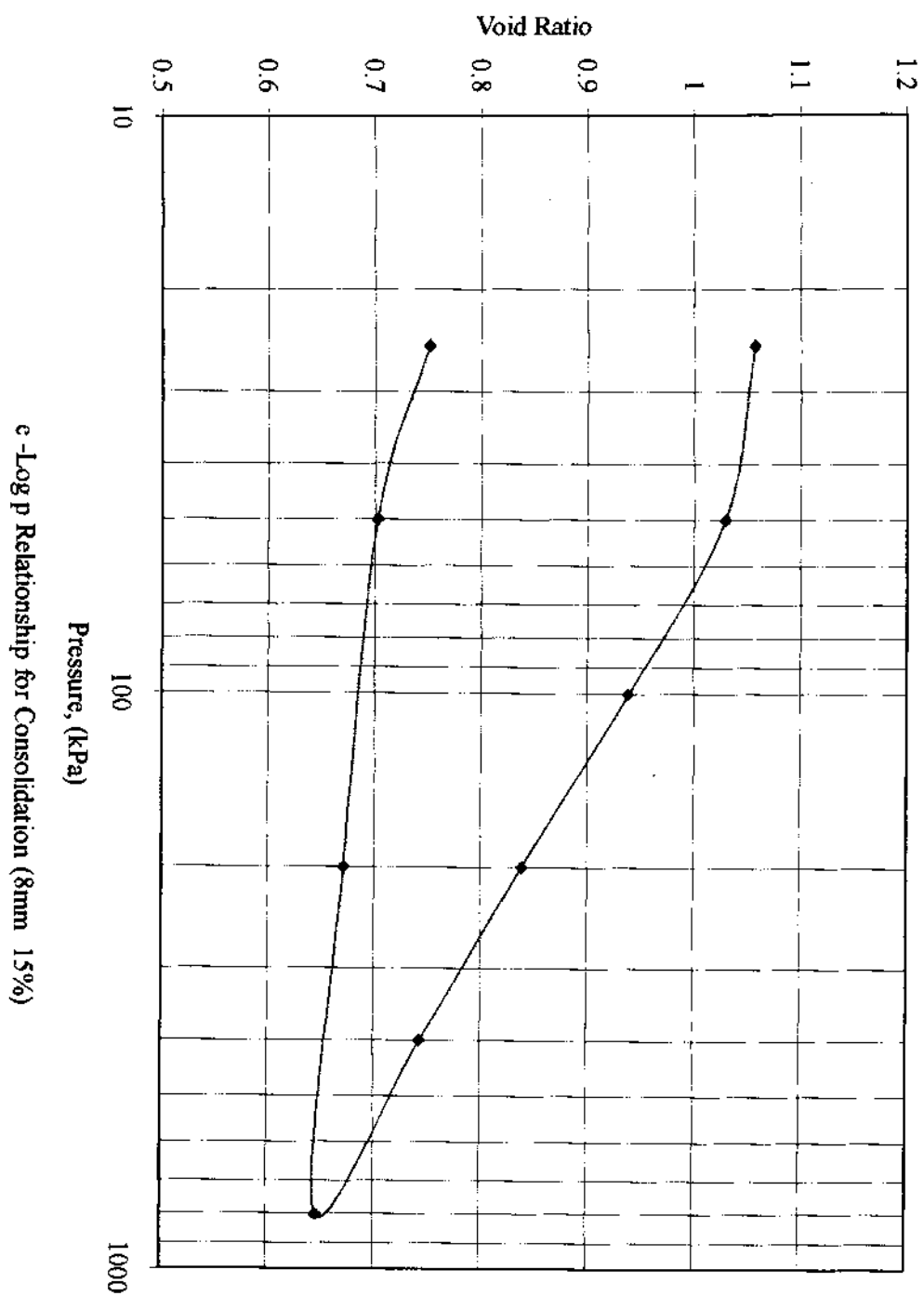
	void ratio	2HS	2H	dial change(mm)	D.Gcoef.	final data	applied pressure
	1.092511	9.08	19	0	0.01	1000	0
	1.031938	9.08	18.45	0.55	0.01	945	25
	1.009912	9.08	18.25	0.75	0.01	925	50
0.23862	0.9163	9.08	17.4	1.6	0.01	840	100
	0.844714	9.08	16.75	2.25	0.01	775	200
	0.769824	9.08	16.07	2.93	0.01	707	400
	0.678414	9.08	15.24	3.76	0.01	624	800
	0.704846	9.08	15.48	3.52	0.01	648	200
0.044408	0.732379	9.08	15.73	3.27	0.01	673	50
	0.774229	9.08	16.11	2.89	0.01	711	25



Consolidation (8mm 10 %)

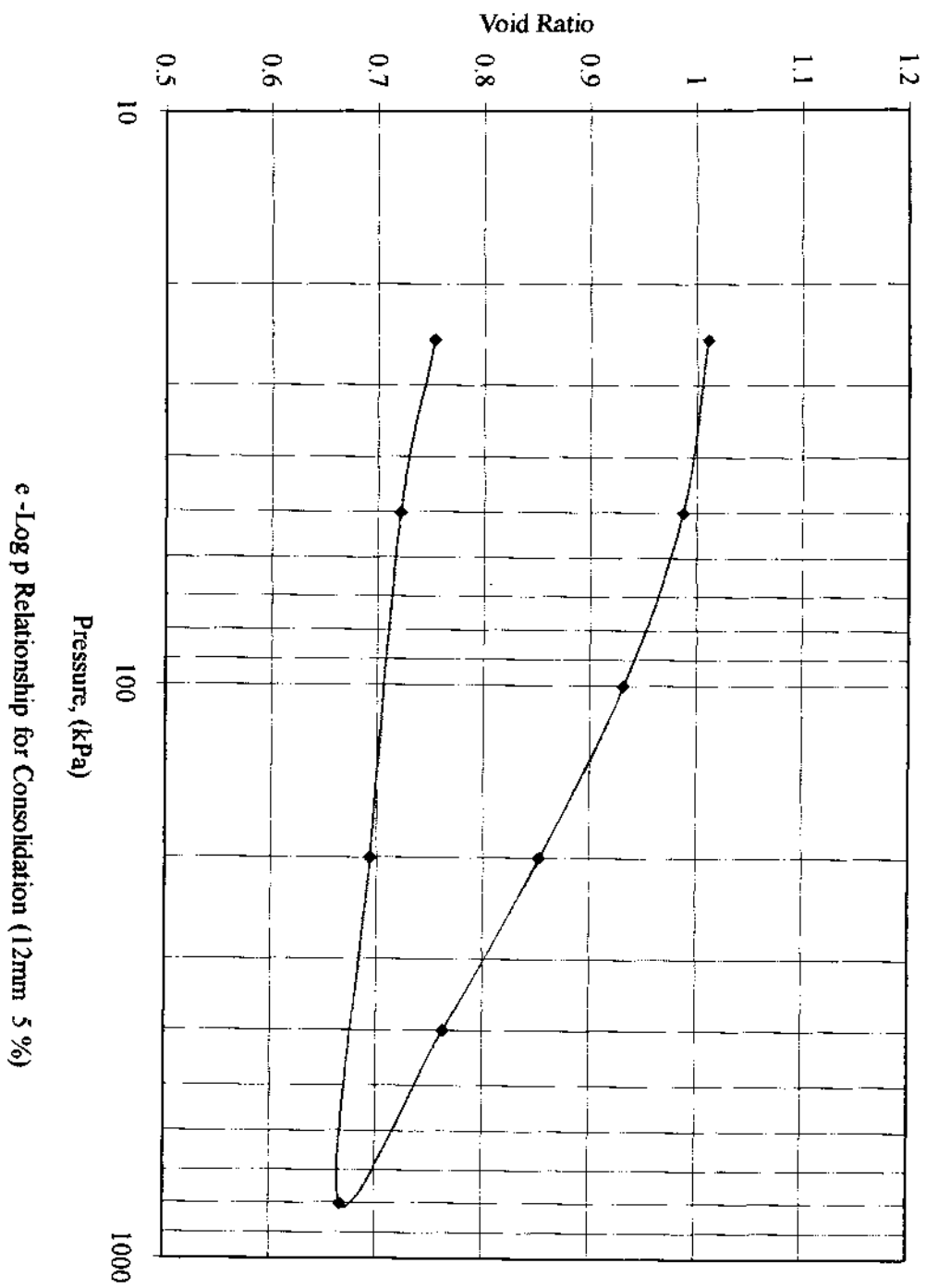
	void ratio	2HS	2H	dial change(mm)	D.Gcoef.	final data	applied pressure
	1.036442	9.33	19	0	0.01	1000	0
	1.015005	9.33	18.8	0.2	0.01	980	25
	1.01179	9.33	18.77	0.23	0.01	977	50
0.285816	0.954984	9.33	18.24	0.76	0.01	924	100
	0.869239	9.33	17.44	1.56	0.01	844	200
	0.78135	9.33	16.62	2.38	0.01	762	400
	0.698821	9.33	15.85	3.15	0.01	685	800
	0.720257	9.33	16.05	2.95	0.01	705	200
0.053591	0.753483	9.33	16.36	2.64	0.01	736	50
	0.802787	9.33	16.82	2.18	0.01	782	25





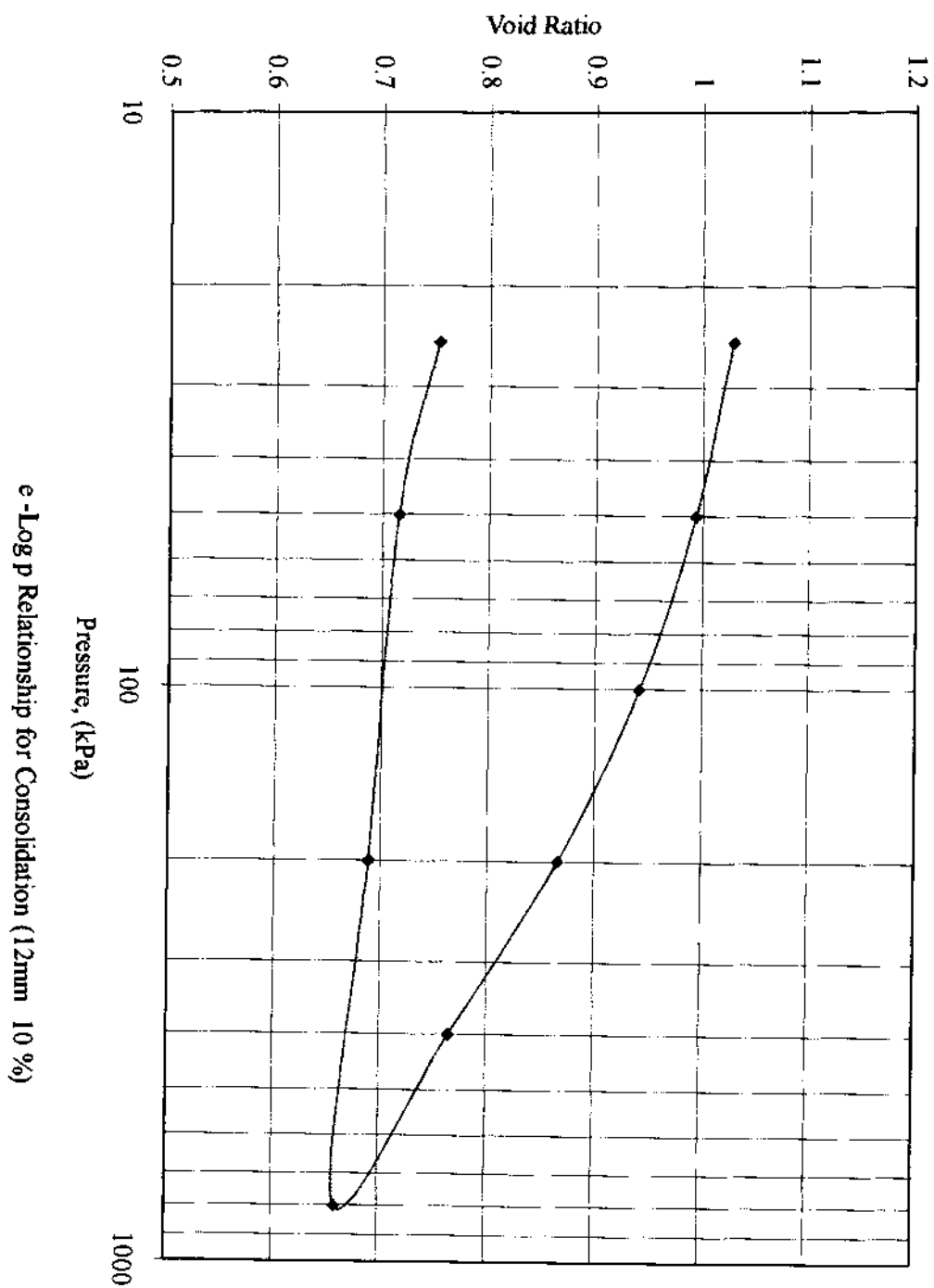
Consolidation (12mm 5 %)

	void ratio	2HS	2H	dial change(mm)	D.Gcoef.	final data	applied pressure
	1.029915	9.36	19	0	0.01	1000	0
	1.011752	9.36	18.83	0.17	0.01	983	25
	0.988248	9.36	18.61	0.39	0.01	961	50
0.263533	0.932692	9.36	18.09	0.91	0.01	909	100
	0.853632	9.36	17.35	1.65	0.01	835	200
	0.763889	9.36	16.51	2.49	0.01	751	400
	0.667735	9.36	15.61	3.39	0.01	661	800
	0.694444	9.36	15.86	3.14	0.01	686	200
0.044803	0.722222	9.36	16.12	2.88	0.01	712	50
	0.754274	9.36	16.42	2.58	0.01	742	25



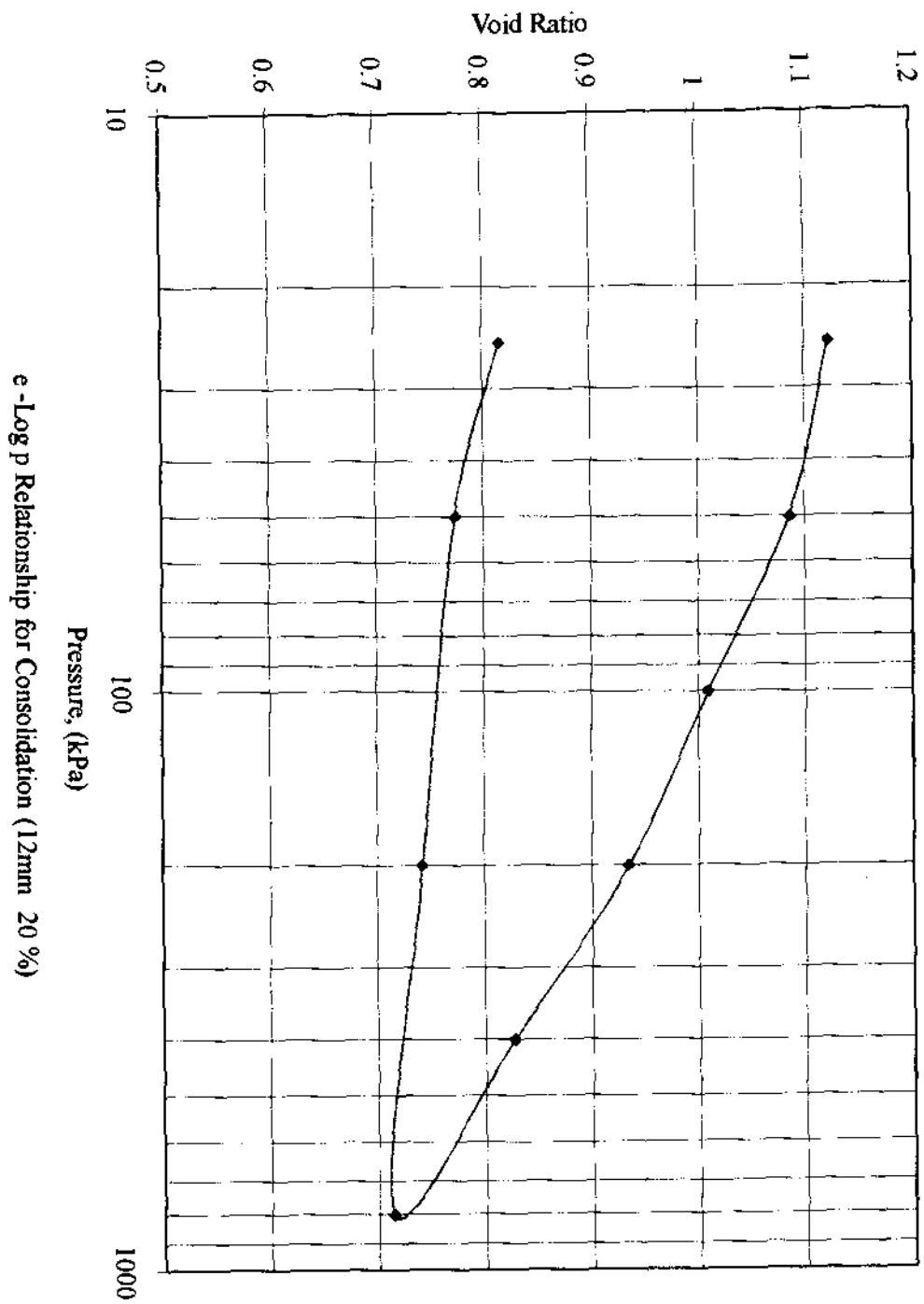
Consolidation (12mm 10 %)

	void ratio	2HS	2H	dial change(mm)	D.Gcoef.	final data	applied pressure
	1.056277	9.24	19	0	0.01	1000	0
	1.029221	9.24	18.75	0.25	0.01	975	25
	0.994589	9.24	18.43	0.57	0.01	943	50
0.252525	0.942641	9.24	17.95	1.05	0.01	895	100
	0.866883	9.24	17.25	1.75	0.01	825	200
	0.766234	9.24	16.32	2.68	0.01	732	400
	0.660173	9.24	15.34	3.66	0.01	634	800
	0.689394	9.24	15.61	3.39	0.01	661	200
0.043639	0.71645	9.24	15.86	3.14	0.01	686	50
	0.753247	9.24	16.2	2.8	0.01	720	25



Consolidation (12mm 20 %)

	void ratio	2HS	2H	dial change(mm)	D.Gcoef.	final data	applied pressure
	1.151755	8.83	19	0	0.01	1000	0
	1.123443	8.83	18.75	0.25	0.01	975	25
	1.08607	8.83	18.42	0.58	0.01	942	50
0.249151	1.010193	8.83	17.75	1.25	0.01	875	100
	0.935447	8.83	17.09	1.91	0.01	809	200
	0.82786	8.83	16.14	2.86	0.01	714	400
	0.714609	8.83	15.14	3.86	0.01	614	800
	0.742922	8.83	15.39	3.61	0.01	639	200
0.051145	0.774632	8.83	15.67	3.33	0.01	667	50
	0.816535	8.83	16.04	2.96	0.01	704	25



الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

1-5 الاستنتاجات :

- ١- تقل نسبة الفجوات (void ratio) بزيادة الضغط المسلط
- ٢- عند اضافة الياف سعف النخيل ذات قطر 8mm وبنسبة 5% الى التربة والتي يكون مسلط عليها ضغط مقداره (25kpa) تكون نسبة الفجوات عندها (1.092511) وتبدأ هذه النسبة بالنزول الى ان تصل (0.678414) عند تسليط ضغط مقداره (800kpa) أي ان نسبة الفجوات قلت بمقدار (0.41%). وعند اضافة الياف سعف النخيل ذات قطر 12mm وبنسبة 5% الى التربة والتي يكون مسلط عليها ضغط مقداره (25kpa) تكون نسبة الفجوات عندها (1.011752) وتبدأ هذه النسبة بالنزول الى ان تصل (0.667735) عند تسليط ضغط مقداره (800 kpa) أي ان نسبة الفجوات قلت بمقدار (0.34%)
- ٣- عند اضافة الياف سعف النخيل ذات قطر 8mm وبنسبة 10% الى التربة والتي يكون مسلط عليها ضغط مقداره (25 kpa) تكون نسبة الفجوات عندها (1.015005) وتبدأ هذه النسبة بالنزول الى ان تصل (0.698821) عند تسليط ضغط مقداره (800 kpa) أي ان نسبة الفجوات قلت بمقدار (0.31%). وعند اضافة الياف سعف النخيل ذات قطر 12mm وبنسبة 10% الى التربة والتي يكون مسلط عليها ضغط مقداره (25kpa) تكون نسبة الفجوات عندها (1.029221) وتبدأ هذه النسبة بالنزول الى ان تصل (0.660173) عند تسليط ضغط مقداره (800kpa) أي ان نسبة الفجوات قلت بمقدار (0.36%).
- ٤- تقل الكثافة الجافة للتربة كلما زادت نسبة السعف المضافة الى التربة كما وجد بان نسبة الماء المضاف تزداد عند زيادة نسبة السعف المضافة للتربة وذلك يؤثر على القيمة المثلى لمحتوى الرطوبة .

2-5 التوصيات :

١- استعمال الألياف الطبيعية (سعف النخيل) او أي مادة طبيعية اخرى مثل قصب البردي في تثبيت التربة لأنها تعد من الطرق الاقتصادية جدا حيث تكون متوفرة في البيئة بكثرة .

٢- عمل تجارب اخرى على ترب غير طينية ولتكن رملية ومعرفة مدى تغير خواصها ومقاومتها وقابلية تحملها وذلك قبل وبعد اضافة الالياف الطبيعية

المصادر

- ١- محمد عمر العشو (١٩٩١) (ميكانيك التربة - التطور التاريخي لنشوء علم التربة).
- ٢- محمد عمر العشو (١٩٩١) (ميكانيك التربة – تسليح التربة)
- ٣- د/ عباس بن عيفان الحارثي – قسم الجيولوجيا الهندسية و البيئية- كلية علوم الأرض - جامعة الملك عبد العزيز.
- ٤- المواصفات العامة للطرق و الجسور .