

الجامعة التكنولوجية  
قسم هندسة البناء والانشاءات  
فرع هندسة الطرق والجسور  
مشروع التخرج السنوي

# تحسين خواص التربة الضعيفة الطينية بأستخدام مادة السيليكا

مقدم من قبل الطالبتين  
امنية عماد سالم  
لبنى فيصل محمد  
الدراسة الصباحية  
للعام الدراسي: 2010-2011

اشراف  
الاستاذ الدكتور  
محمد يوسف فتاح  
و  
م. محمد فائق اسود

بسم الله الرحمن الرحيم

# (وقل ربي زدني علما)

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلى بطاعتك ..  
ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ..  
ولا تطيب الجنة إلا برويتك

# إهداء

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة  
.. ونور العالمين

(سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم)

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير (والدي العزيز)

إلى من أرضعتني الحب والحنان

إلى رمز الحب وبلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض (والدتي الحبيبة)

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي

(إخوتي وأصدقائي)

# كلمة شكر

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة  
الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في  
رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا  
الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد  
لتبعث الأمة من جديد...

وقبل أن نمضي تقدم أسى آيات الشكر والامتنان  
والتقدير والمحبة إلى الذين حملوا أقدم رسالة في  
الحياة...

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة...  
إلى جميع أساتذتنا الأفاضل.....

## التوصيات

بعد اكمال كافة الفحوصات المختبرية المذكورة وايجاد تأثير مادة السيلكا في يوم على خصائص تربة طينية وضحت خصائصها في البحث وقد دونت كافة نتائج الفحوصات نوصي بعمل بقية الفحوصات المختبرية اللازمة التي لم يتم مناقشتها مثل فحص النفاذية (permeability) وفحص الانضمام (consolidation) وغيرها.. وازافة نفس نسبة مادة السيلكا في يوم المذكورة وملاحظة تأثيرها على قيم الفحوصات .

كما نوصي باستخدام نسب وزنية اخرى من هذه المادة وملاحظة تأثير زيادة النسبة بالتدريج على خواص الترب المستخدمة ويفضل توضيح النتائج بعمل منحنيات تبين مقدار التغيير بكل خاصية مع تغيير نسبة مادة السيلكا في يوم .

## الفهرست

الصفحة	الموضوع	التسلسل
	<b>الفصل الاول</b> ..... المقدمة	1
1	1-1 المقدمة	2
1	2-1 انواع الطرق المستخدمة في تثبيت التربة	3
2	3-1 التربة المستخدمة	4
3	4-1 المادة المضافة المستخدمة	5
5	5-1 الفحوصات المختبرية	6
6	6-1 نسبة المواد المضافة	7
	<b>الفصل الثاني</b> ..... الدراسات السابقة	8
7	1-2 المقدمة	9
10	2-2 تأثيرات مادة السليكا فيوم على الخواص الجيوتقنية للتربة ناعمة الحبات المتعرضة للتجمد والاذابة	10
12	3-2 تأثير السليكا فيوم على حدود القوام	11
13	4-2 فوائد مادة ال RPC	12
13	5-2 استخدام مادة السليكا فيوم في معالجة مشكلة التشققات في التربة الرصوصة	13
14	6-2 اعداد خليط التربة الطينية ومادة السليكا فيوم	14
14	7-2 تأثيرات مادة السليكا فيوم على قابلية التبادل الايوني (Capacity cation exchange) والمساحة النوعية (Specific surface area)	15
15	8-2 تأثير السليكا فيوم على معاملات الرص	16
16	9-2 تأثير مادة السليكا فيوم على نمو التشققات	17
17	10-2 استنتاجات الباحث في هذا البحث	18
	<b>الفصل الثالث</b> ..... الفحوصات المختبرية	19
22	1-3 فحص حدود القوام (A thereby Limits)	20
23	2-3 فحص الكثافة النوعية للتربة ناعمة الحبات (specific gravity)	21
24	3-3 فحص رص التربة (Soil Compaction)	22
25	4-3 فحص الانضغاط غير المحصور (Unconfined Compressive Strength)	23
	<b>الفصل الرابع</b> ..... النتائج والمناقشة	24
28	1-4 حدود القوام	25
30	2-4 فحص الضغط الغير محصور (Unconfined Compressive Strength)	26
30	3-4 فحص رص التربة (Soil Compaction)	27

# الفصل الاول

المقدمة

## 1-1: المقدمة :

تم في هذا البحث دراسة تأثير مادة السيلكا فيوم كمادة مضافة لتثبيت وتحسين خواص التربة الطينية حيث تم دراسة تأثير هذه المادة على حدود القوام (consistency limits)، أجهاد القص (shear stress) وحرص التربة (soil compaction).

ولقد أظهرت النتائج ان هناك تحسن في خواص التربة باضافة المادة المذكورة اليها وأعطت نسبة الأضافة (10%) أفضل النتائج حيث تغيرت قيم حدود القوام لتصل الى 41%، 37%، 4% لكل من السيولة (LL) واللدونة (PL) ومؤشر اللدونة (PI) على التوالي وكان هناك تحسن كبير في أجهاد القص ومعاملات الرص للتربة الطينية.

## 1-2: انواع الطرق المستخدمة في تثبيت التربة :

### أولاً- التثبيت بالطرق الميكانيكية :

التثبيت بالطرق الميكانيكية تتم بواسطة رص التربة (Soil compaction) حيث يتم رص التربة باستخدام معدات الحدل المختلفة وكثيرا ما تستعمل هذه الطريقة في انشاء السدود والتعلبات الترابية والطرق وتعمل هذه الطريقة على تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة وذلك بزيادة كثافة التربة ميكانيكيا بتقريب حبيبات التربة قرب بعضها وبالتالي تقليل حجم الهواء الموجود مع ابقاء حجم الماء ثابتا



## ثانيا- التثبيت بالمضافات وتشمل :

### 1- التثبيت باضافة مواد خاملة :

مثل خلط الطين مع الحصى (clay-gravel) ، و تعتبر هذه الطريقة من اقدم الطرق في التثبيت حيث تساعد على تحسين قوة التربة وتقلل من انضغاطيتها و تفتتها .

### 2-التثبيت باضافة مواد كيميائية :

تستعمل عادة هذه الطريقة في تثبيت التربة عندما تكون طرق التثبيت الميكانيكية غير كافية أو عملية استبدال تربة غير مرغوب بها باخرى جيدة غير ممكنة أو مكلفة جدا و ان اغلب طرق التثبيت الكيميائية تتم باستخدام المواد الآتية :

أ- السمنت .

ب- النورة .

ج- الرماد المتطاير .

د- المواد الأسفلتية .

هـ- مواد كيميائية مختلفه مثل مادة السيلكا فيوم.

### 3-1:الترب المستخدمة:

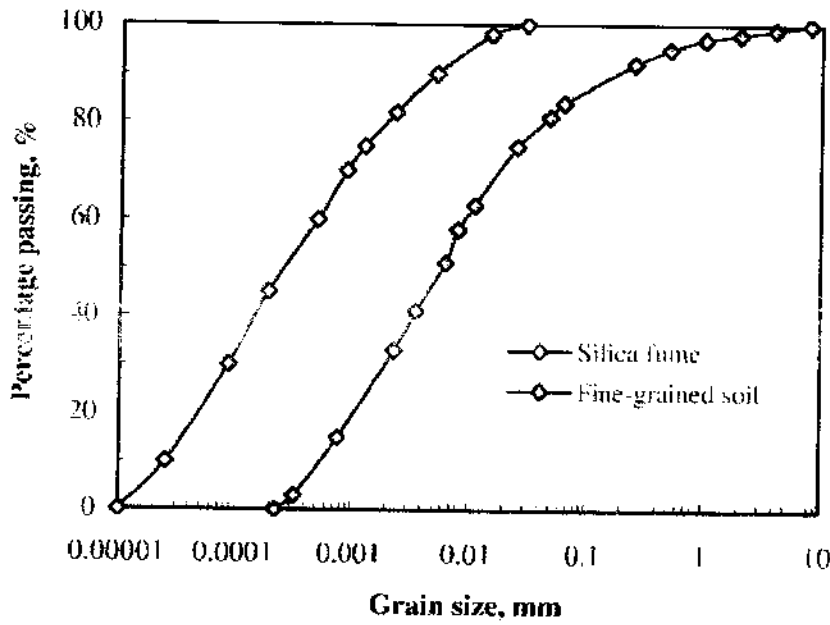
تم استعمال تربة طينية غرينية (Silty clay) واطئة اللدونة (CL) ذات وزن نوعي قدره 2.69 وحدود قوام (consistency limit) قدرها 61% ، 24% ، 37% لكل من حدي السيولة (LL) واللدونة (PL) ومؤشر اللدونة (PI) على التوالي .

#### 4-1: المادة المضافة المستخدمة:

تم استخدام مادة السيلكا فيوم ( silica fume ) كمادة مضافة وهي مادة ذات قوام ناعم وخفيفة الوزن وتم اختيار هذه المادة لسهولة استخدامها وتوفرها. حيث ان هذه المادة كثافتها تتراوح من (2 الى 2.5 كغم/م<sup>3</sup>).

توزيع حجم حبيبات السيلكا فيوم مبين في شكل رقم (2-1).

الخواص الكيميائية والهندسية لهذه المادة ملخصة في الجدولين رقم (2-1) و (2-2).



الشكل (2-1) توزيع حجم حبيبات الركام.

جدول (2-1): الخصائص الكيميائية لمادة السليكا فوم

Property%	Silica fume
SiO <sub>2</sub>	85-95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-1.0
CaO	0.8-1.2
MgO	1-2
Na <sub>2</sub> O	—
K <sub>2</sub> O	—
TiO <sub>2</sub>	—
Heat loss	0.5-1

جدول (2-2): الخصائص الهندسية مادة السليكا فيوم

Property%	Silica fume
Density, (Mg/m <sup>3</sup> )	2-2.5
Gravel (>2000 $\mu$ m)	—
Sand (2000-75 $\mu$ m)	—
Silt (2-75 $\mu$ m)	20
Clay (<2 $\mu$ m)	80
Atterberg limits	—
Liquid limit	—
Plastic limit	—
Plasticity index	—

5-1: الفحوصات المختبرية:

1- فحص حدود القوام (consistency limits test)

تم إجراء هذا الفحص بموجب مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM) ،

لفحص السيولة (ASTM 423-66) ، و لفحص اللدونة (ASTM D424-59) .

## 2- فحص الضغط الغير محصور ( Unconfined compressive strength test ):

تم اجراء هذا الفحص بموجب مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM 2166-66) ، بعد خلط النسبة المحددة من مادة مطحون حجر الكلس مع التربة ثم رص المخلوط بطريقة بروكتر القياسية (standard Proctor test) و من ثم تحضير النموذج الخاص بالفحص

## 3- فحص الرص ( Soil compaction test ):

تم اجراء هذا الفحص بطريقة بروكتر القياسية (standard Proctor test) ، بموجب مواصفات الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM D698-70 and D1557-70) .

## 4- فحص الكثافة النوعية (specific gravity):

تم اجراء الفحص مختبريا بموجب مواصفات الجمعية الامريكية للفحص والمواد (ASTM).

## 6-نسبة المواد المضافة:

تم اجراء الفحوصات المختبرية بعد اضافة النسبة 10% من مادة السيلكا فيوم كنسبة من وزن التربة الجافة المستخدمة في كل فحص واجراء نفس الفحوصات لتربة بدون اضافات لغرض المقارنة في النتائج ومعرفة نسبة تحسن التربة الطينية .

# الفصل الثاني

## الدراسات السابقة

## 1-2- المقدمة:

تثبيت التربة هي عملية تغيير واحد أو أكثر من خواص التربة الهندسية باستخدام طرق عديدة لزيادة قوة ومثانة التربة وتحسين خواص هندسية أخرى مثل الكثافة الجافة والنفذية وفحص الانضغاط غير المحصور وحدود القوام (P.L, P.I , P.P) وغيرها من الخواص الخاصة بالتربة الطينية.

وفيما يلي بعض الدراسات التي أجريت باستخدام بعض المواد الكيميائية لتثبيت خواص الترب الطينية:

أجرى (Abdul-Kareem , 1978) دراسة للترب المعاملة بالنورة ، ولدرجات حرارة مختلفة حيث أخذ الباحث تربتين مختلفتين نوعهما (CL,ML) من موقعين أحدهما ، بغداد و الآخر من تكريت ، وعاملهما بنسب مختلفة من النورة المطفأة Hydrated lime ودرجة حرارة مختلفة (20,30,40,50) م° ، وتبين ان المقاومة تزداد بزيادة درجة حرارة الانضاج Curing temperature وزمن الانضاج Curing time وأن الكثافة الجافة العظمى تقل ، وتزداد محتوى الرطوبة الأمثل بزيادة نسبة النورة المضافة ، كذلك وجد أن نسبة النقصان بالمقاومة بعملية الغمر تقل بزيادة زمن الانضاج ، وتقل أيضا بزيادة درجة حرارة الانضاج ، وان مقاومة الانضغاط تزداد الى حد محتوى النورة المثالي ثم بعدها تبدأ بالنقصان ، وتبين ان تربة بغداد لا يتأثر محتوى النورة المثالي لها باختلاف درجة حرارة الانضاج . بينما تربة تكريت تظهر زيادة في محتوى النورة المثالي من (4%-6%) بعمر 7 ايام ومن (4.5%-6%) بعمر 28 يوما ، وعندما تزداد درجة الحرارة من (20-50) م° .

قام (Ahmad, 1985) بدراسة ترب المنطقة الواقعة بين الثورة - بجي على طريق

بغداد - موصل ، أخذ ثلاث ترب تحتوي على أملاح ذائبة مختلفة من النسب

(4.5% ، 7.5% ، 9.3%) على التوالي واطاف اليها نسب مختلفة من النورة المطفأة ،  
وتبين أن مقاومة التربة تزداد بنسبة 95% حسب النتائج الخاصة بها ، وان نسبة الأملاح  
الذائبة تقل بمعاملة التربة بمادة النورة المطفأة Hydrated Lime التي أخذت من معمل  
النورة في حمام العليل ، في مدينة الموصل . وتبين بمعادلات تجريبية ان مقاومة الأنضغاط  
يمكن عدها دليلا لمعرفة عناصر مقاومة القص ( التماسك Cohesion ، زاوية الاحتكاك  
الداخلي ) ومقاومة الشد.

اجرى (الربيعي ، 2008) دراسة تأثير المضافات (المثبتات التقليدية) مثل ، النورة  
والسمنت في استقرارية وتحمل ثلاثة انواع من الترب أخذت من مواقع مختلفة في مدينة الحلة  
 . أستعمل نسب مختلفة من السمنت هي ( 5 ، 8 ، 13 ، 15 ) % من وزن التربة الجافة ،  
ونسب مختلفة من النورة المطفأة Hydrated Lime هي ( 3 ، 5 ، 7 ، 9 ) % من وزن  
التربة الجافة . لقد اظهرت النتائج ان دليل اللدونة P.I وحد السيولة L.L يقلان ، ويزداد حد  
اللدونة P.L باضافة المواد المثبتة (السمنت و النورة) ، وقد تبين ان الكثافة الجافة العظمى  
تقل ، وان محتوى الرطوبة الأمثل يزداد عند معاملة نماذج التربة بالنورة المطفأة ، في حين  
تقل الكثافة الجافة العظمى باضافة السمنت بنسبة 8% فما دون ، ولكن هناك زيادة قليلة عند  
النسب 13% واكثر ، واطهرت النتائج ان قيم الأنضغاط الغير محصور للترب المعاملة  
بالسمنت قد ازدادت زيادة واضحة عند زيادة نسبة السمنت للترب المستعملة كافة ، اما بالنسبة  
للترب المعاملة بالنورة المطفأة فقد ازدادت ايضا عند زيادة النسبة ولكن بنسب اقل من الترب  
المعاملة بالسمنت .

قام (Eskioglou and Efthmiou , 2000) بدراسة تثبيت طرق الغابات في

مقاطعات (Aridea , Drame , Grevena , Xanthi) شمال اليونان بمواد مثبته كيميائية



مثل : (النورة ، والسمنت البورتلاندي) والتثبيت المركب (مزيج التربة - نورة - NaCl ) ،  
(مزيج تربة - ونورة - والرماد المتطاير) ومواد كيميائية أخرى ، على ترب نوع طينية ،  
ومزيجية ، ورملية غرينية ، ورملية طينية . وتبين من النتائج ان الترب ناعمة الحبيبات جيدة  
التثبيت باضافة نسبة 6%-8% نورة من الوزن الجاف للتربة ، وتحسن الخصائص الهندسية  
مثل : اللدونة ، والكثافة ، والرطوبة ، وزيادة في قيم المقاومة ولكن قيم المقاومة لاتصل الى  
17 كغم/سم<sup>2</sup> . كذلك وجد ان الترب اللدنة تتحسن بنجاح بعد معاملتها بالسمنت او النورة  
والرماد المتطاير (Fly ash) حيث تزداد المقاومة الى اكثر من 17 كغم/سم<sup>2</sup> ولكن لاتعطي أي  
تحسن للخصائص الهندسية الأخرى ، اما المزيج المركب (تربة - نورة - NaCl ) لايمكن  
استعماله لأنه لايعطي أي تحسن بقيم المقاومة فضلا عن زيادة كلفته .

قام (Wang , et al., 2003) بدراسة تثبيت تربة مقلع (Winn Rock Parish Soil) والحاوية على الكبريتات ( $CaSO_4$ ) في شمال لويزيانا في الولايات المتحدة الأمريكية ،  
بمواد مثبتة كيميائية مثل (السمنت والنورة) وبمواد مركبة من السمنت ومواد سمنتية تكميلية  
مثل خبث الأفران الحبيبي (Granulated Blast furnace Slag) (BFS) ، والرماد  
المتطاير صنف C (Class C Fly ash) (CFA) ودخان السلكا (Silica Fume) (SF)  
والسلكا غير المتبلورة (Amorphous Silica) (AS) وكانت النتائج ، ان التثبيت بالسمنت  
او النورة غير مجدية حيث تزداد المقاومة ولكن لا يحصل معالجة للتمدد Expansion .  
باضافة ال BFS لمزيج السمنت - تربة يحصل تحسين قليل في المقاومة فقط و اضافة  
CFA لمزيج السمنت - تربة لاتعطي زيادة في المقاومة . ولكن باضافة CFA:AS او C:  
CFA:AS تحصل زيادة في المقاومة ولا يحصل اي تمدد وبأي ظروف انضاج ويمكن  
استبدال (AS) ب (SF) لأن (AS) غير متوافرة .

اجرى (Geinman , 2005) دراسة على تثبيت الأرض الطبيعية الطينية الرخوة في ولاية فرجينيا في الولايات المتحدة الأمريكية في ثلاث مناطق هي (تربة منطقة شمال فرجينيا ، وتربة منطقة Staunton ، وتربة منطقة Lynchburg ) ، واستعملت المثبتات التقليدية مثل السمنت والنورة ، والسمنت الخاص ، ومثبتات غير تقليدية او مثبتات سائلة (اللكنوسلفونيت والبوليمرات وكلوريد المغنيسيوم) . وتبين من الدراسة ان ، تاثير المثبتات التقليدية في نسبة الزيادة في المقاومة اعلى من المثبتات السائلة او غير التقليدية ، وكذلك ان المثبت السمنتي الخاص Proprietary cementation stabilizer هو اكثر فعالية في زيادة المقاومة للترب من المثبتات الأخرى مثل النورة (بنسبة جرعة قليلة) Low Dosage Ratio ، ولاحظ وجود تقارب بين قيم المقاومة للترب المعاملة بالسمنت الخاص والسمنت الاعتيادي .

## 2-2: تأثيرات مادة السليكا فيوم على الخواص الجيوتقنية للترب ناعمة الحبات المتعرضة للتجميد والاذابة:

في المناطق الباردة تكون الترب معرضة على الاقل الى دورة واحدة من التجميد واذابة الجليد كل سنة. التجميد واذابة الجليد للترب يمكن ان تسبب تغيرات مميزة للخواص الجيوتقنية. الترب الحبيبية الناعمة المتأثرة بالتجميد واذابة الجليد تبين تغيرات في الحجم والقوة و قابلية الانضغاط والتكثيف والمحتوى المائي غير المتجمد وقابلية التحمل . في دورة التجميد، تتحرك رطوبة التربة التحتية باتجاه الطبقة المتمدة بسبب التدرج الحراري. تزداد اماكن الفجوات في التربة تدريجيا بسبب انتفاخ الصقيع والرطوبة تتحرك الى فجوات التربة ثم تتجمد .

يميل الثلج بمختلف الأحجام والأشكال إلى الانفصال في الترب ينتج عنه تشكيل تراكيب مميزة في مقياس الماكرو والمايكرو.

في دورة اذابة الجليد، يبدأ اذابة الطبقة المتجمدة من الاعلى الى الاسفل في نفس الوقت .  
هنالك عدة أعمال نفذت للتحقيق في تأثير الانجماد والذوبان على الخواص الجيوتقنية للترب الحبيبية الناعمة.

وقد وجد بعض الباحثين ان قوة الترب تقل لقد شاهدوا سببا لهذا التصرف في معدل تجميد منخفض، ووجدوا ان ضغط الانضمام المسبق يزداد خلال التجميد مما يؤدي الى تشكيل لروابط جديدة بين وحدات نسيج التربة، والتغيرات في الماء الحر.

تأثيرات دورات التجميد والاذابة تزيد من نفاذية الترب الحبيبية الناعمة. تسجل التأثيرات الكبرى للنفاذية بعد الدورة الاولى. على اي حال، تحدث تغيرات النفاذية باستمرار لحوالي 10-15 دورة وفي بعض الأحيان لأكثر من ذلك. هذه التغيرات معروفة بزيادة التشبع بلماء الناتج عن التجميد والاذابة لكن معظم هذه الزيادة معروف بتغيرات في بنية التربة.

اضرار التجميد والاذابة هي واحدة من اكبر المشاكل للترب الحبيبية الناعمة المضغوطة في طبقات التبطين والطبقات السطحية.

تقل القوة والصمود بدورات التجميد والاذابة. أيضا، الشقوق والشظايا هي أكثر النتائج شيوعا لأضرار التجميد والاذابة. خواص القوة وتصرف الإجهاد والضغط للترب الحبيبية بتأثر الانجماد والذوبان خلل جيدا في ظروف مختبريه .

هنالك عدة طرق متوفرة للتأكد من الخواص الجيوتقنية للترب الحبيبية الناعمة. هذه الطرق تتضمن الترسيب بإضافات كيميائية وإعادة ترطيب وإبدال التربة والسيطرة على الانضغاط والسيطرة على الرطوبة ونقل التحميل وطرق حرارية.

لذلك قام (kal kan,2009) بدراسة ملائمة دخان السيلكا كمادة مثبتة لتقليل أثار دورات التجميد والاذابة على القوة والنفاذية في طبقات التبطين والطبقات السطحية. لإتمام هذه الأغراض تم اختبار الترب الحبيبية الناعمة الطبيعية والمثبتة تحت ظروف مختبريه.

### 2-3: تأثير السيلكا فيوم على حدودالقوام:

لقد تبين ان تأثيرات مادة السيلكا فيوم على حدود القوام هي كالتالي:  
تقل قيم حد السيولة ومعامل المرونة قليلا و تزداد قيم حد اللدونة حيث تزداد مع زيادة محتوى السيلكا فيوم لكل النماذج المستقرة.  
هذا قد يكون بسبب نوع الترب أو التبادل الأيوني أوالعلاقة بين كمية معدن السيلكا في النماذج والإضافة لمادة واطنة اللدونة إلى التربة ويسبب هذا التغير في حدود القوام بعض النماذج المثبتة ذات محتويات سيلكا فيوم غيرت مجاميع الترب من عالية اللدونة إلى واطنة اللدونة.

وقد توصل الباحث الى النتائج الاتية:

- 1- السيلكا فيوم قللت حد السيولة ومعامل المرونة وزادت من قيمة حد اللدونه في جميع الترب الطينية الناعمة الحبات المستقرة.
- 2- السيلكا فيوم قد غيرت من معاملات الرص حيث زادت محتوى الرطوبة الأمثل وقللت من الكثافة الجافة العظمى.
- 3- قوة الضغط غير المحصور تزداد والنفاذية تقل باضافه مادة السيلكا فيوم.
- 4- اضافة ماده السيلكا فيوم الى الترب الطينية ناعمة الحبات تحسن من ديمومة دورات التجميد والاذابة حيث ان قوة الضغط الغير محصور تزداد والنفاذية تقل بزيادة دورات التجميد والاذابة بالمقارنة مع الترب الطينية ناعمة الحبات الطبيعية.

## 4-2: فوائد مادة الRPC:

هذه المادة استعملت بكثرة في الخلطات الخرسانية ويمكن تلخيص خواصها بما يلي (الطروحة

المهندسة مها محمد سعد، 2010):

1- هي عبارة عن مادة سمنتية تبدي خصائص عالية مثل: انكماش محدود و زحف و نفاذية قليلة ومقاومة عالية وزيادة في الحماية ضد التآكل.

2- عبارة عن مزيج من جزيئات ذات معاملات وأحجام متشابهة والتي تساعد على زيادة التجانس بين مواد الخليط والتي تقلل من الانفعال وتزيد من قابلية تحمل المواد.

3- تميز هذه المادة على إنها مادة متطايرة ذات لدونة وديمومة ومقاومة عالية.

المقاومة العالية تعني إن المنشأ الحاوي على هذه المادة يمكن بناءه بوزن أقل

وبفضاءات عالية ويمتلك خصائص جيدة بلمقارنة مع المنشآت الكونكريتية .

اللدونة العالية وقابلية الامتصاص لهذه المادة تجهز منشآت عالية التحمل .

4- مقاومة التآكل العالية توفر الحماية ضد التأثيرات الكيميائية والرطوبة العالية.

وفي الآونة الأخيرة تم استخدام عدد من الباحثين هذه المادة في تحسين خواص التربة.

## 2-5: استخدام مادة السليكا فيوم في معالجة مشكلة التشققات في التربة

### المرصوصة:

التربة الطينية تحتوي على معادن الطين السيلكية التي لها القابلية على الانتفاخ والانكماش عند

تغير المحتوى الرطوبي. هذه التربة ذات لدونة عالية ونموذجيا تحتوي على معادن الطين مثل

المونتموريلونايت الذي يمتص الماء

لقد لوحظ في الدراسات ان التربة الضعيفة الخواص قد تسبب اضرار قاسية للطبقات خصوصا

لمباني العوائل الفردية المقيمة والانابيب المدفونة والكيبلات .على اي حال،تعتبر هذه التربة

مهمة جدا في علم الجيولوجي، الانشاء، وتطبيقات البيئية بسبب استخدامها الواسع كطبقات غير منفذة وحامية في طبقات التبتطين.

## 2-6: اعداد خليط الترب الطينية ومادة السليكا فيوم:

لقد قام ( KALKAN ) عام 2009 ايضا بدراسة تأثير مادة السليكا فيوم على خواص الترب الطينية المرصودة .  
نموذج الترب الطينية جفف في فرن الى تقريبا 150 درجة سيلزية قبل الطحن. وبعد ذلك تم مزج التربة الطينية و السليكا فيوم معا لتحضير الخلطة حيث تم مزجها في ظروف مختبرية جافة. كمية السليكا فيوم اختيرت لتكون 5%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%، و 50% من الكثافة الجافة الكلية لخلطة التربة الطينية ومادة السليكا فيوم.  
الخلطة الجافة خلطت مع الكمية المطلوبة من الماء لتعطي محتوى، للرطوبة الامثل ( optimum moisture content).

كل الخلطات تم عملها يدويا وعناية ملائمة اخذت لتحضير خلطات متجانسة في كل مرحلة.

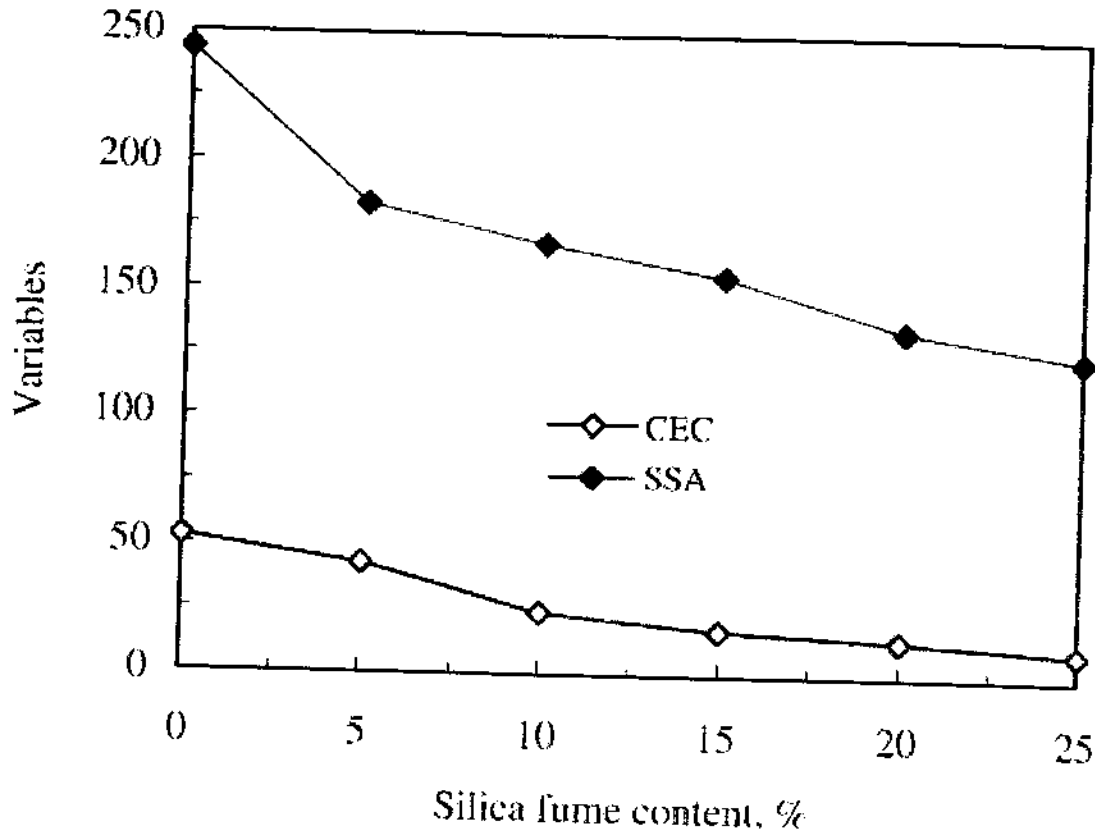
## 2-7: تأثيرات مادة السليكا فيوم على قابلية التبادل الايوني (cation exchange capacity)

والمساحة السطحية النوعية (specific surface area):

تأثيرات محتوى السليكا فيوم على قابلية التبادل الايوني والمساحة السطحية النوعية مبينة في الشكل (2-2).

السليكا فيوم تقلل قيم قابلية التبادل الايوني والمساحة السطحية النوعية و مقارنة مع نماذج التربة الطينية، لقد وجد ان قيمة المساحة السطحية النوعية للنماذج المركبة محتوية على 25% سيليكا فيوم تقل من 53 الى 10 (cmol/mg) قيم التبادل الايوني للنماذج المركبة محتوية 25% سيليكا فيوم تقل من 244 الى 125 (m2/g).

ان الانخفاض في هذه القيم يعزى الي الانخفاض في محتوى الطين للمعادن في النماذج المركبة.

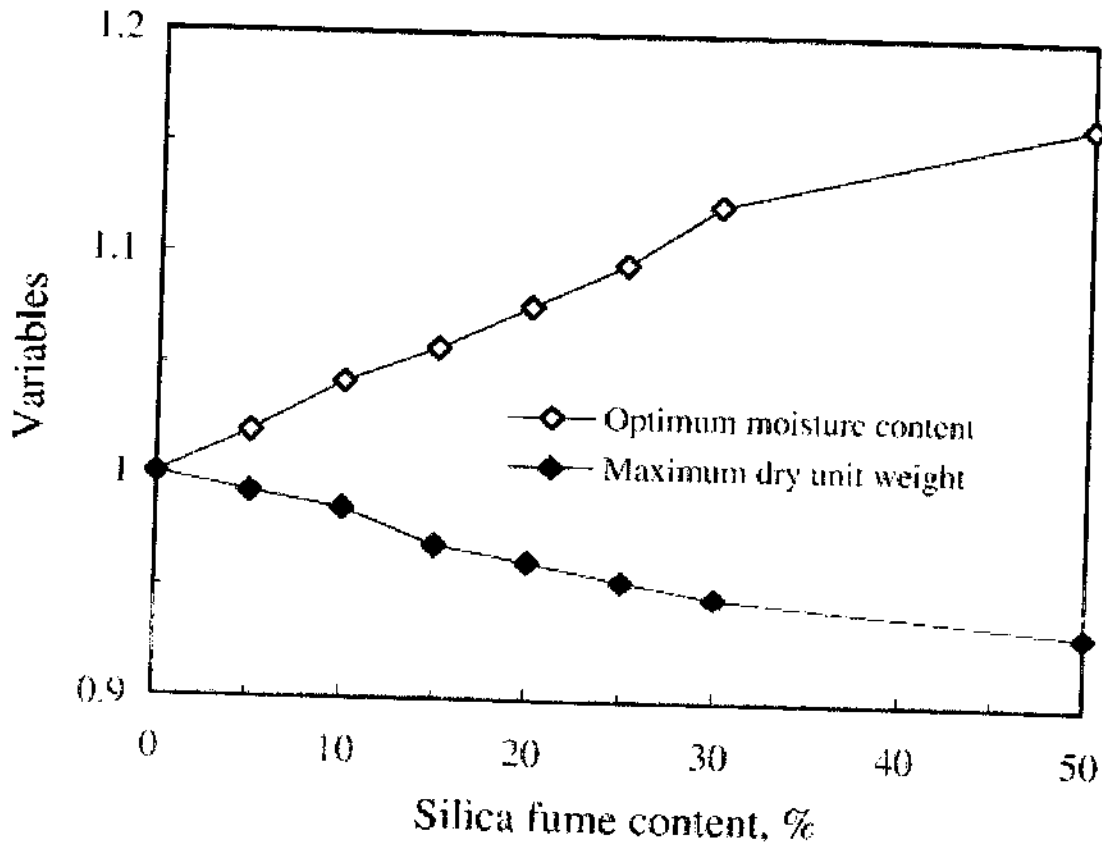


الشكل (2-2): تأثير محتوى السيلكا فيوم على قابلية التبادل الايوني والمساحة السطحية النوعية.

## 8-2: تأثير السيلكا فيوم على معاملات الرص:

الشكل (3-2) يبين تأثير مادة السيلكا فيوم على محتوى الرطوبة الامثل واعلى كثافة جافة طبعت عن طريق ضبط القيم للتربة الطينية الطبيعية .  
فقد وجد ان المحتوى الرطوبي الامثل لخلطة التربة الطينية مع السيلكا فيوم ازداد مع اضافة محتوى السيلكا الفيوم.  
اما الكثافة الجافة العظمى فقد قلت باضافة مادة السيلكا فيوم الى التربة الطينية لنفس جهد الانضغاط.

وقد لوحظ ايضا عن طريق (pera et al,1997) ان السيلكا فيوم غيرت من توزيع حجم الحبيبات والمساحة السطحية للنماذج المركبة فعليه ان الزيادة في محتوى الرطوبة الامثل يعود الى التغير في المساحة السطحية للنماذج المركبة اما السبب في انخفاض الكثافة الجافة القصوى للخلطة هو اضافة كمية اعلى من السيلكا فيوم، التي قامت بملئ الفراغات للنماذج المركبة.



الشكل (2-3): تأثير مادة السيلكا فيوم على محتوى الرطوبة واعلى كثافة جافة.

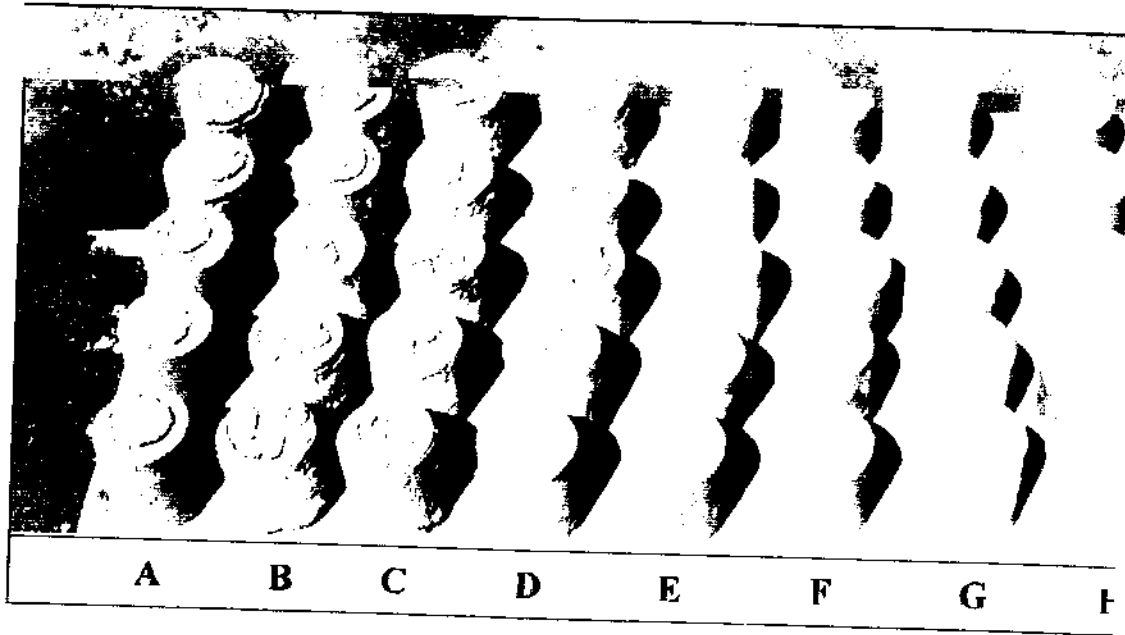
## 9-2: تأثير مادة السيلكا فيوم على نمو التشققات :

بينت نتائج التجربة ان السيلكا فيوم قد قللت من وصول الشقوق الجافة الى سطح نموذج التربة الطينية والسيلكا فيوم.

في نهاية الاختبارات، تحدث شقوق عريضة وعميقة على سطح نماذج التربة الطينية الطبيعية .  
الشكل (2-4) يبين ان مادة السيلكا فيوم قد قللت من ظهور التشققات الجافة على نماذج الخليط.



فقد وجد عرض الشقوق في خليط الترب الطيني مع مادة السيلكا فيوم بنسبة 25% قد قلت من (8.2 الى 0.2 ملم) مقارنة مع خليط التربة الطبيعي.



الشكل (4-2): ظهور التشققات.

## 10-2: استنتاجات الباحث في هذا البحث:

لقد توصل الباحث الى الاستنتاجات الآتية:

- 1- قيم التبادل الايوني والمساحة السطحية النوعية للمزيج انخفضت بزيادة محتوى السيلكا فيوم.
- 2- السيلكا فيوم غيرت عوامل الانضغاط للتربة حيث ان قيم محتوى الرطوبة الامثل قد قلت والكثافة الجافة العظمى قد زادت مع زيادة محتوى السيلكا فيوم.
- 3- السيلكا فيوم قللت من حدوث الشقوق الجافة على سطح مزيج السيلكا فيوم والتربة الطينية.

- 4- السيلكا فيوم قللت الانظغاطية والانتفاخ لنماذج مزيج السيلكا فيوم والتربة الطينية.
- 5- المزيج المضاف لعب دورا مهما في تحسين مشكلة الانتفاخ للترب الطينية. حيث ان السيلكا فيوم قللت نسبة الانتفاخ العمودي لمزيج التربة الطينية والسيلكا فيوم.

# الفصل الثالث

## المفردات المختبرية

لمعرفة تأثير محتوى مادة السيلكا فيوم على تحسين خصائص تربة معينة تم اخذ نموذج تربة من موقع في احد مناطق العاصمة بغداد وبعد وصول التربة الى المختبر تم اجراء بعض الفحوصات المختبرية اللازمة عليها لمعرفة نوعية وتدرج التربة المستخدمة في التجارب اللاحقة.

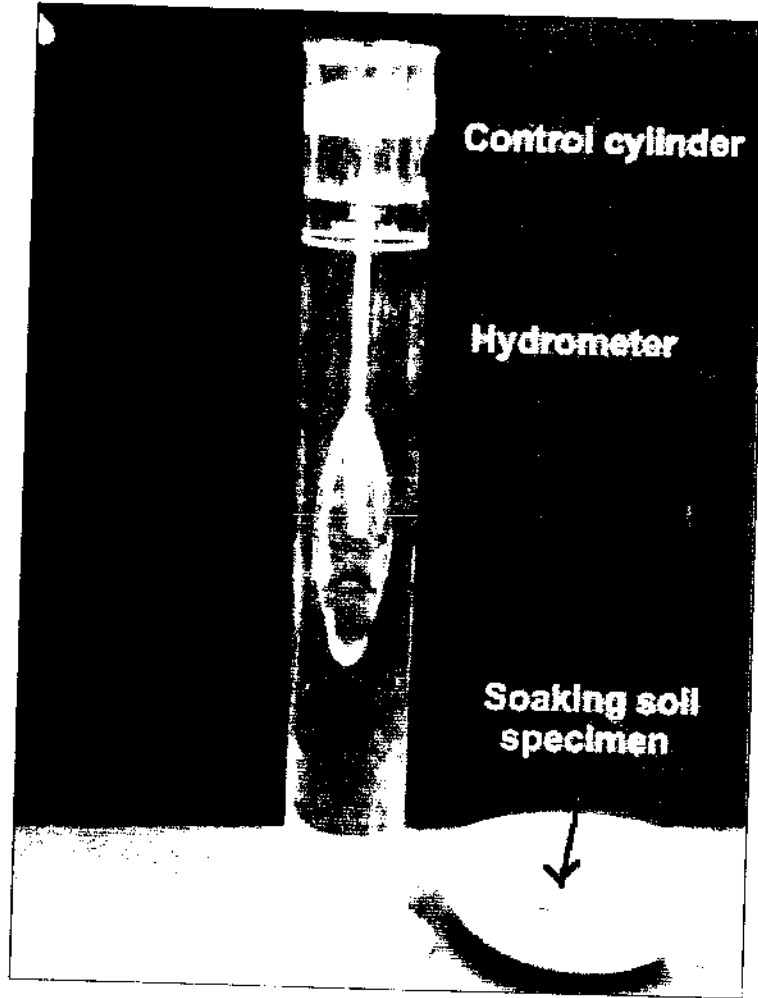
فمثلا تم اجراء فحص المحتوى الرطوبي (water content) لمعرفة كمية رطوبة التربة الموقعية حيث تم اخذ نموذج من هذه التربة ووضعت في (tin) صغير ذو وزن معلوم وتم قياس وزنها مضافا الى وزن ال (tin) وبعد ذلك وضعت في فرن ذو درجة حرارة ثابتة (105 درجة سيليزية) لمدة 24 ساعة وبعد اجراء الحسابات باستخدام قانون المحتوى الرطوبي وجد ان المحتوى الرطوبي لهذه التربة بحدود 23% .

وقد تم معرفة نوع التربة المستخدمة هي تربة ناعمة الحبات عن طريق اجراء تجربة التحليل الحبيبي (grain seive analysis) بطريقتيها (التحليل الخشن) (sieve analysis) والترسيب باستخدام المكثاف (hydrometer) . وباستخدام مجموعة المناخل القياسية المتوفرة (الشكل 3-1) اوضح سلسلة المناخل القياسية



الشكل (3-1): سلسلة المناخل القياسية

حيث يوضح في التجربة ان التربة الباقية على منخل رقم 200 (وهو منخل قياسي يفصل بين الحبيبات الناعمة والخشنة) هي تربة خشنة الحبات إما العابرة من منخل رقم 200 هي تربة ناعمة الحبات فقد تم اخذ نموذج من التربة المتبقية (بوزن 500 غم) وأجرى عليه تجربة التحليل الخشن التي تمت باستخدام سلسلة من المناخل القياسية ومعرفة مقدار وزن التربة العابرة من كل منخل وبعد اجراء حسابات التحليل المنخلي وجد ان نسبة الحبيبات الخشنة حوالي 19.35% . وبعد ذلك تم اخذ عينة بوزن 50 غم من التربة العابرة من منخل رقم 200 (التربة الناعمة) واجرى عليها تجربة الترسيب باستخدام المكثاف (hydrometer) (الشكل 2-3 يوضح شكل المكثاف). حيث مزج العينة بكمية من محلول مشتمل ذو قوة تركيز عالية مثل صوديوم هيكساميتافوسفات ( $\text{Na}_2\text{PO}_4$ ) والذي يترك لفترة زمنية قصيرة لكي يسمح بالتفاعل مع التربة وبعد ذلك تم اعادة مزج الخليط باستخدام خلاط كهربائي خاص متوفر في المختبر ووضع المزيج في اسطوانة سيطرة مدرجة وبعدها اضيف اليها مقدار من الماء المقطر (1000 لتر). وبعدها تم وضع المكثاف بعناية داخل الاسطوانة وتسجيل قراءة المكثاف ودرجات الحرارة لفترات زمنية منتظمة حيث يتم الحصول على قراءات مختلفة ودرجات حرارة مختلفة التي يجرى لها عمليات حسابية لغرض التصحيح . وبعد الحصول على كافة القراءات لكافة الفترات الزمنية يجرى لها العمليات الحسابية المتضمنة استخدام جداول خاصة بهذه التجربة حيث يتم الحصول على النتائج التي تبين كمية التربة الناعمة الحبات حيث وجد انها : نسبة الحبيبات الناعمة 40.3 % و الحبيبات الطينية هي 40.62 % . ومن هذه التجربة تم معرفة نوع التربة المستخدمة فتبين انها تربة ناعمة طينية (CH).



الشكل (2-3): المكثاف (hydrometer)

وبعد اتمام هذه الفحوصات تم اجراء تجارب وفحوصات اخرى مختبرية لنموذج التربة لمعرفة الخواص الاخرى لهذه التربة مثل حدود القوام (atterbery limits) والكثافة النوعية (specific gravity) وفحص الرص (compaction soil) وفحص الانضغاط غير المحصور (unconfined compression) .

وبعد ذلك ولغرض تحقيق هدف البحث وهو معرفة تأثير اضافة مادة السيلكا فيوم تم اعادة اجراء هذه الفحوصات على نموذج من التربة الممزوجة بالنسبة المذكورة لهذه المادة حيث تمت مقارنة النتائج لما قبل الاضافة وبعدها .

وفي ما يلي توضيح للفحوصات المذكورة اعلاه التي اجريت على التربة الطينية :

### 3-1 فحص حدود القوام (atterbery limits) :

ان الغرض الرئيسي من حدود القوام او ما تسمى بحدود اتيربيرك هي تصنيف التربة ناعمة الحبات اضافة الى انها تعطي بصورة تقريبية قوة التربة ويستفاد بالاخص من حد السيولة لتقدير قيمة مؤشر الانضغاط.

ولمعرفة مقدار حد السيولة تم استخدام طريقة العالم كاسا كراندي (casagrande) عام (1932) حيث اكتشف طريقة لحساب حد السيولة الذي عرفه على انه نسبة الرطوبة التي عندها ينغلق شق قياسي لتربة مفروشة في طاسة نحاسية قياسية لمسافة 13 ملم عند سقوط الطاسة من ارتفاع 1 سم سقوطاً حراً.

حيث تم اخذ نموذج من التربة الطينية المجففة في الهواء بحوالي 100 غم وتم خلطها بكمية من الماء المقطر وباستخدام جهاز كاسا كراندي الموضح في الشكل (3-3).  
فقد وجد بانه عدد الضربات التي ادت الى التحام الشق في التربة الموجودة في الطاسة النحاسية الخاصة بالجهاز تساوي 26 ضربة اي لم يتجاوز 30 ضربة ولم يقل عن 20 ضربة .  
وبلأعتماد على ما توصل اليه العلماء بانه يمكن حساب حد السيولة للترب الطينية التي تكون عدد ضرباتها ضمن الحدود اعلاه من محاولة واحد فقط وذلك باستخدام القانون التالي :

$$w_p = w \left( \frac{N}{25} \right)^n$$

حيث ان :

w: هو المحتوى الرطوبي للتربة عند عدد الضربات المذكور

n: هي ثابت مقداره يتراوح بين 0.068-0.121 ولكن في هذه التجربة تم اخذ معدل القيمتين لزيادة الدقة.

N: هو عدد الضربات المذكورة

### الشكل (3-3) جهاز كاساكراندي (casagrande)

إما لايجاد حد اللدونة فيتم عجن التربة بالماء ويعمل منها شريط رفيع يدرج بليد فإذا بدا هذا الشريط بالانقطاع وكان قطره 3 ملم تكون نسبة الرطوبة (يتم قياس المحتوى الرطوبي) لهذه الحالة هي ما يمثل حد اللدونة.

### 2-3 فحص الكثافة النوعية للتربة ناعمة الحبات (specific gravity):

ان الغرض من اجراء هذا الفحص هو لمعرفة الكثافة النوعية للتربة الناعمة الحبات والتي تعرف انها النسبة بين كثافة الجزيئات الصلبة وكثافة الماء عند درجة حرارة 4 درجة مئوية . ولغرض اجراء التجربة تم اخذ حوالي 10 غم من التربة المراد فحصها وتم استخدام تقنية زجاجية صغيرة مخروطية الشكل ذات حجم ثابت تسمى بالمتقالة (pynometer) بعد اختيار متقالة ذات رقم معين تم القيام بعملية تصحيح هذه المتقالة وذلك للسيطرة على درجة حرارة التجربة ثابتة لكل فقرة من فقرات التجربة وذلك لزيادة دقة النتائج حيث يمكن تصحيح هذه المتقالة بعمل حمام مائي دافئ وبارد. وبعد اجراء عملية التصحيح نحصل على وزن المتقالة



المملوءة بالماء في ثلاث حالات (الوزن بالحمام الدافئ والوزن بالحمام البارد والوزن بدرجة حرارة الغرفة) وكذلك يتم تسجيل درجات الحرارة لكل وزن وتسقيط النتائج على ورقة بيانية . ومن خلال قياس وزن المثقال وهي فارغة وقياس وزن المثقال بعد اضافة وزن التربة لها ووزنها مع اضافة الماء (بعد عملية التصحيح) ووزنها مع اضافة كل من الماء والتربة تم وضع المثقال في حمام مائي يوضع على مصدر حراري وبعد مرور فترة زمنية معينة يتم ملاحظة فيما اذا أصبحت المثقال خالية من الفقاعات الهوائية الناتجة من تبخر الماء المضاف للتربة . وبعد التأكد من خروج الفقاعات يتم اعادة وزن المثقال وقياس درجة حرارتها في تلك اللحظة ومن درجة الحرارة المقاسة وبأستعمال جدول معين يتم الحصول على الحرارة النوعية (GT) التي يستفاد منها في الحصول على الكثافة النوعية (GS) من خلال تطبيق قانون الكثافة النوعية .

### 3-3 فحص رص التربة (soil compaction):

رص التربة عبارة عن عملية زيادة كثافة التربة ميكانيكيا بتقريب جزيئات التربة مع بعضها وبالتالي تقليل حجم الهواء الموجود مع ابقاء حجم الماء ثابتا . وقد حدد العالم بروكتر (R. R . proctor) عام 1933 مواصفتين لرص التربة لذا يسمى الفحص حسب نوع المواصفة حيث هناك فحص بروكتر القياسي (Standard proctor test) وفحص بروكتر المعدل (Modifide proctor test) . إما في هذا البحث فقد تم الاعتماد على الفحص الاول وهو الفحص القياسي (( Standard proctor test) حيث تم اخذ نموذج من التربة المراد رصها حوالي 3000 غم وتم خلطها بنسبة ماء معينة اولية مقدارها 15% من وزن التربة وبعد وضع التربة في القالب القياسي (الذي تم قياس حجمه البالغ 994 م<sup>3</sup> وقياس وزنه وهو خالي من التربة ) تم رص التربة بالطريقة القياسية وهي وضع التربة على ثلاث طبقات متساوية ورص كل طبقة باستخدام المطرقة القياسية (وزنها 2.5 كغم) التي تسقط من ارتفاع 300 ملم سقوطا حرا حيث يكون معدل الضربات 25 ضربة لكل طبقة من الطبقات الثلاثة وبعد اكمال الرص يتم حساب وزن القالب بعد ازالة الجزء العلوي المتحرك للقالب (طوق الاضافة) القياسي ويتم اخذ المحتوى الرطوبي للتربة بعد اخراجها من القالب .

وبعد ذلك يتم اعادة عملية الرص بزيادة تدريجية في نسبة الماء حيث تكون هذه الزيادة بحوالي 5% لكل محاولة ويتم اعادة عملية الرص 3-4 مرات لحين الحصول على عدة نتائج لاوزان القالب مع التربة المرصودة والمحتوى الرطوبي لكل محاولة .

بعد ذلك يتم حساب الكثافة الجافة لكل محاولة من خلال حساب كثافة التربة الرطبة والمحتوى الرطوبي .

وبعد حساب الكثافة الجافة يتم تسقيط النتائج على ورقه لوغارتمية لرسم منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة .

وعن طريق استخدام هذا المنحنى يتم معرفة معاملات رص التربة الطينية وهي اقصى كثافة جافة ( $p$  dry maximum) والمحتوى الرطوبي الامثل (optimum moisture content).

### 4-3 فحص الانضغاط غير المحصور (Unconfined compressive strength):

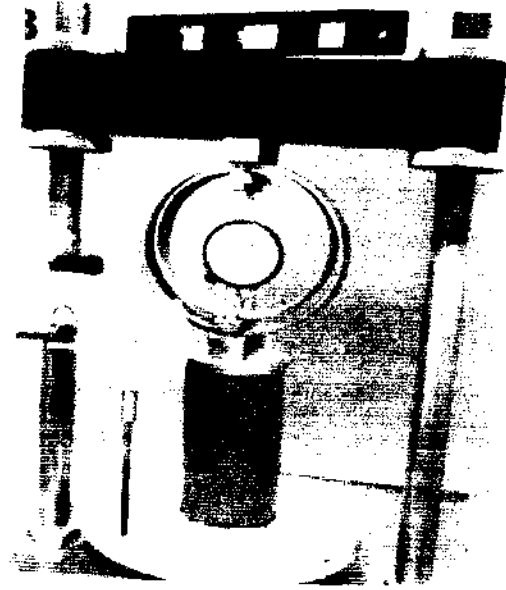
ان الغرض الرئيسي من هذا الفحص هو لحساب مقاومة الترب الطينية للضغط غير المحصور والذي يستعمل في حساب ال (the unconsolidated undrained shear) ويتم هذا الفحص مختبريا باستعمال جهاز خاص موضح في الشكل (3-4) حيث يتم تحضير نموذج من تربة مرصودة ميكانيكيا بطريقة الرص القياسية ولكن تتم بمحاولة واحدة أي باستعمال محتوى مائي واحد ويتم الاعتماد في محتوى الماء على محتوى الرطوبة الامثل المستخرج من تجربة الرص الموضحة في النقطة السابقة وبعد اكمال عملية الرص يتم استعمال قالب حديدي مفتوح من الحافتين وابعاد هذا القالب تكون ثابتة حيث يكون ارتفاعه ضعف قطره حيث وجد ان القطر كان حوالي 38 ملم فعليه كان ارتفاع القالب 76 ملم .

وبعد ذلك يتم دفع القالب باستعمال برينة لاستخراج نموذج من التربة المرصودة بابعاد القالب ومن ثم يتم قطع النموذج وتعديله باستعمال السكين كما مبين في الشكل (3-5). وبعد ذلك يوضع النموذج في جهاز الفحص ويتم البدء باستعماله بتحريك العتلة الخاصة بلجهاز الى ان يستقر المقياسان (مقياس الازاحة ومقياس حلقة القياس).

وبعد ذلك نبدأ بتحريك العتلة الخاصة بسرعه ثابتة ومنتظمة مع قراءة حلقة القياس كل (0.01 انج) (وذلك بلاعتماد على مقياس الازاحة) الى ان يحصل الفشل في النموذج . فيتم ايجاد زاوية الفشل مع الافق .

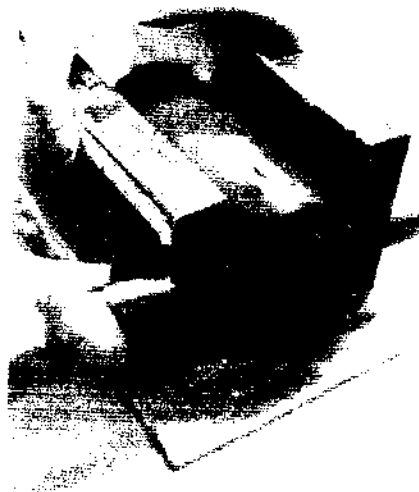
وكذلك يتم ايجاد المحتوى الرطوبي للنموذج الفاشل ويتم ايجاد القوة المحورية وذلك بضرب قراءة مقياس حلقة القياس مع ثابت الحلقة.

ويتم حساب المساحة المصححة من خلال معرفة المساحة الاصلية للنموذج قبل الفشل .  
واخيرا يتم حساب الاجهاد لكل قراءة وذلك بتقسيم قيمة القوة المحورية على المساحة المصححة.  
ومن خلال رسم العلاقة بين الاجهاد والانفعال على ورقة بيانية نوجد اعلى قيمة للاجهاد التي  
يحصل عندها فشل النموذج.



الشكل (3-4): جهاز فحص الانتفاخ غير المحصور.

A



الشكل (3-5): قطع النموذج باستخدام السكين

# الفصل الرابع

## النتائج والمناقشة

بعد اجراء كافة التجارب المختبرية التي تبين من خلالها ان التربة المستخدمة القادمة من موقع العمل هي تربة طينية ناعمة الحبات وان هذه التربة كانت ذات خصائص ضعيفة نوعا ما ولغرض تحسين هذه الخواص وكما ذكر سابقا يمكن اضافة بعض المواد الكيميائية التي تساعد على تحسين هذه الخواص وفي هذا البحث تم اضافة مادة السيلكا فيوم بنسبة وزنية مقدارها 10%

يوضح الجدول التالي تأثير مادة السيلكا فيوم على قيم فحوصات خصائص التربة الطينية

الجدول رقم (1):

الفحوصات المختبرية Laboratory test	قبل اضافة المادة Before treatment	بعد اضافة المادة After treatment
1- حدود القوام: Atterbury limites		
أحد السيولة L.L	61%	41%
ب-حد اللدونة P.L	24%	37%
ج-مؤشر اللدونة P.I	37%	4%
2- الكثافة النوعية Specific gravity	2.655 غم/سم <sup>3</sup>	2.763 غم/سم <sup>3</sup>
3- معاملات الرص : Soil compaction		
أ- الكثافة الجافة العظمى	1554 غم/سم <sup>3</sup>	1540 غم/سم <sup>3</sup>
ρ Dry max.	15.8%	19%
ب- محتوى الرطوبة الأمثل o.m.c		
4- فحص الانضغط غير المحصور Unconfined compressive strength	54.9 kpa	72 Kpa

وفيما يلي مناقشة النتائج الواردة في الجدول :

#### **1-4 - حدود القوام:**

يبين الجدول السابق العلاقة بين نتائج فحوصات حدود التماسك قبل وبعد اضافة مادة السيلكا فيوم (السيولة (LL) و اللدونة (PL) و مؤشر اللدونة (PI)) ، حيث يبين الجدول ادناه مقدار الانخفاض في قيم حدود السيولة (LL) و مؤشر اللدونة (PI) وزيادة قيم حد اللدونة بزيادة نسبة مادة السيلكا فيوم المضافة الى التربة مقارنة مع هذه الحدود لتربة بدون اضافات حيث تصل لأكبر مقدار من الانخفاض والارتفاع عند نسبة اضافة قدرها 10% من المادة المضافة ليصبح حدي السيولة (LL) و اللدونة (PL) و مؤشر اللدونة (PI) 41 % ، 37 % ، 4 % على التوالي .

يمكن تحليل ذلك الى ان مادة السيلكا فيوم وهي مادة ناعمة الدقائق عند اضافتها الى التربة تشغل الفجوات الموجودة بين جزيئات التربة والتي كانت مشغولة بالماء في التربة بدون اضافات وبذلك تعمل على تقليل نسبة الماء المطلوبة للوصول الى حدي السيولة (LL) و اللدونة (PL) والى حد نسبة الأضافة 10% حيث تشغل المادة المضافة معظم الفجوات وبزيادة نسبة الاضافة عن هذه النسبة تبدأ مادة السيلكا فيوم باشغال حجوم اضافية خارج هذه الفجوات مما يتطلب الزيادة في كمية الماء لغرض ترطيب سطوح هذه الحبيبات. ان انخفاض حدود القوام من المؤشرات الجيدة للتربة المستخدمة كطبقة اساسية في الطرق و المطارات حيث ان مقاومة القص للتربة تزداد عند نقصان هذه الحدود ، ويبين الجدول المبين ادناه العلاقة بين مؤشر اللدونة (PI) و تصنيف التربة على اساس لدونتها (العشو 1991) :

جدول رقم (2) - العلاقة بين دليل اللدونة وتصنيف التربة

ت	دليل اللدونة	صنف التربة
1	0	تربة غير لدنة
2	5 - 1	تربة لدنة نوعا ما
3	10 - 5	تربة واطنة الدونة
4	20 - 10	تربة متوسطة الدونة
5	40 - 20	تربة عالية الدونة
6	اكتر من 50	تربة ذات لدونة عالية جدا

من خلال الجدول اعلاه نلاحظ ان نتائج فحص خليط التربة بنسبة 10% تقع ضمن التسلسل الثاني في حين ان نتائج فحص التربة بدون الاضافة تقع ضمن التسلسل الخامس . ان نتائج الفحص لنسبة خليط 10% مقارنة للمواصفات المطلوبة لرص تربة طبقة الأساس للطرق و المطارات بموجب المواصفات في دليل القوة الجوية الأمريكية المرقمة ( TM 5-330 / 36-3 Air Force Manual (MFA) ( Military Soils Engineering, FM 5-410) التي تذكر: "ان متطلبات التربة المستخدمة في طبقة الأساس للمطارات و الطرق هي ان يكون مؤشر اللدونة (PI) بحدود 5 وان التجارب اثبتت انه يمكن توسيع هذه المتطلبات بحيث يكون حد السيولة (LL) بحدود 35 و مؤشر اللدونة (PI) بحدود 10". وهذا مايتقارب مع النتائج التي تم الحصول عليها و بالخصوص عند نسبة مواد مضافة قدرها 10% .

#### **2-4: - فحص الضغط الغير محصور (Unconfined compressive strength):**

تأثير اضافة مادة السيلكا فيوم الى التربة في هذا الفحص موضحة في الجدول رقم (1) ، حيث يبين الجدول ان هناك زيادة كبيره في قيمة مقاومة القص بزيادة نسبة المادة المضافة الى حد النسبة 10% حيث وجد ان مقاومة القص ( $S_u$ ) تكون بمقدار 54.9 كيلو باسكال لتربة بدون اضافات ويزداد مقدار هذه المقاومة لتصل الى اعلى قيمة وقدرها 72 كيلو باسكال لتربة بنسبة اضافة قدرها 10% .

ويوضح الجدول رقم (1) نسبة التغير في مقاومة القص نسبة الى تربة بدون اضافات حيث تصل النسبة في التغير حوالي 25 % عند نسبة اضافة 10% . ويمكن تحليل ذلك ان هذه المادة تعمل على زيادة الاحتكاك بين ذرات التربة مما يسبب من تزايد في قوة القص.

#### **3-4- فحص رص التربة ( Soil compaction ):**

من خلال الجدول رقم (1) الذي يبين نسبة المحتوى المائي ( $w\%$ ) والكثافة الجافة (Dry density) لتربة بدون اضافات مع الترب المخلوطة بنسب الاضافات المبينة في البحث وجد هناك نقصان في الكثافة الجافة ( $\gamma_{dry}$ ) بزيادة نسبة المادة المضافة . وبنفس الوقت وجد هناك زيادة في نسبة المحتوى المائي الأمثل (Optimum moisture Content) بزيادة نسبة المواد المضافة (O.M.C). حيث تكون نسبة المحتوى المائي الأمثل لتربة بدون اضافات 15.8 % لتصل الى نسبة 19 % عند نسبة مواد مضافة قدرها 10% .

وبعد زيادة نسبة المادة المضافة تؤدي الى تغيير في قيمة الكثافة الجافة العظمى ويرافقها تغيير في المحتوى الرطوبي الأمثل ويمكن تحليل سبب التغيير في قيمة الكثافة الجافة العظمى ( $\gamma_{max}$ ) والتغيير في نسبة المحتوى المائي الأمثل هو ان المادة المضافة سوف تعمل على ملء الفراغات الهوائية الموجودة بين جزيئات التربة و بذلك سوف تعمل على تغيير كثافة الخليط وبنفس الوقت فان هذه الحبيبات سوف تحتاج كمية ماء اضافية لغرض ترطيب سطحها للحصول على رص افضل .



## المصادر:-

- Abdul- Kareem, A.J.,(1978)"Engineering properties of Lime stabilized soil Related to curing temperature " M.Sc. theses ,Civil Engineering department ,Baghdad University.
- Bowles, J.E. (1984) Physical and Geotechnical Properties of Soil, McGraw-Hill Book Co.
- Eskioglou, P., and Efthymio, P.N., (2000)"Alternative Stabilization Methods of forest Roads for an Efficient and Gentle". Aristotle University of the ssaloniki, Greece.
- Geiman, C.M., (2005)"Stabilization of Soft Clay Sub grades In Virginia", phase I Laboratory Study, M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department ,Polytechnic Institute, Virginia university. [http:// scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd).
- Hunt, R.E. (2005) Geotechnical Engineering Investigation HandBook, Taylor& Francis. New York
- Hunt R.E. (1986) Geotechnical Engineering Techniques and Practices, McGraw-Hill Book Co., New York
- Military Soils Engineering, FM 5-410. U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE : 1993
- Wang,I.,Roy,A.,Seals,R.K.,andMetcalf,J.B.,(2003)"Stabiliza tion of Sulfate –containing Soils By Cementitious Mixtures" paper, Revised From original submitted TRB,Annual Meeting CD-Rom.<http://www.itrc.hsu.edu/TRB-82/TRB-2003-001724>.

- الربيعي ، عبد الكريم حسين (2008) ، معالجة التربة الغرينية الطينية باضافة مواد السمنت والنورة لزيادة قابلية التحمل في مدينة الحلة ، رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية العلوم - جامعة بغداد .
- العشو ، محمد عمر (1991) ، مبادئ ميكانيك التربة ، وزارة التعليم العالي و البحث العلمي .
- مواصفات الأعمال الإنشائية ، وزارة الأسكان و التعمير ، المركز القومي للمختبرات الإنشائية لسنة 1978 .