

دراسة جودة المواد المحلية المستخدمة في الردميات

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة المدنية

إعداد الطلاب :

مصعب أبوبكر محمد الأمين

□ محمد سر الختم الزاكي سر الختم

□ محمد مصطفى أحمد بابكر

إشراف :

□ أ. زينب مصطفى سليمان محمد

□

□ كلية الهندسة

□ جامعة الشيخ عبدالله البدري

□ مارس 2024م

الآية

قال الله تعالى:

(يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا

تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

(المجادلة : 11)

تشكر وعرفان

تتناثر الكلمات حبرا وحباً
على صفائح الأوراق لكل من علمني
ومن أزال قيمة جهل مررت بها برياح العلم الطيبة
ولكل من أعاد رسم ملامحي وتصحيح عثراتي أبعث
تحياتي شكر واحترام
في البداية الشكر لله جل في علاه فإليه ينسب
الفضل كله في إكمال هذا العمل
(والكمال يبقى لله وحده)
وبعد الحمد لله فإننا نتوجه
إلى الأستاذة : زينب مصطفى سليمان محمد
والأستاذ : عبد الرحمن محمد عباس
والأستاذة : آلاء السعيد
والأستاذة : هنادي عبد الرحيم
الأستاذ : عوض عباس
بالشكر والتقدير
الذي لن تفيها أي كلمات حقها فلولا مسابرتها
ودعمها المستمر ما تم هذا العمل

الإهداء

إذا كان الإهداء يعبر ولو بجزء من الوفاء فالإهداء
إلى معلم البشرية ومنبع العلم نبينا

محمد (صلى الله عليه وسلم)

إلى من بدعائها كل المضائق أوسع ...

(أمي العزيزة)

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون
انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار ..
أرجو من الله أن يمد في عمرك لتري ثمارا قد حان قطافها بعد طول
انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهدي بها
اليوم وفي الغد وإلى الأبد ...

(أبي العزيز)

إلى سندي وقوتي وملاذي بعد الله
إلى من أثروني على أنفسهم
إلى من علموني علم الحياء
إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة

(إخوتي وأخواتي)

إلى من أنسني في دراستي وشاركني همومي
تذكارا وتقديرا

(أصدقائي)

الفهرس

الرقم	الموضوع	الصفحة
1	الآية	I
2	الشكر والعرفان	II
3	الإهداء	III
4	الفهرس	IV
5	فهرس الجداول	V
6	فهرس الاشكال	VI
7	المستخلص	VII
8	Abstract	VIII
الباب الأول : المقدمة		
1-1	المقدمة	1
2-1	الخواص الهندسية العامة	1
3-1	أهداف البحث	2
4-1	منهجية البحث	2
5-1	ترتيب البحث	2
الباب الثاني : دراسات سابقة		
1-2	المقدمة	3
2-2	تصنيف التربة للأغراض الإنشائية	4
3-2	تصنيف التربة الخشنة	6
4-2	تصنيف التربة الناعمة	7
5-2	تصنيف التربة الرملية	7
6-2	تصنيف الرتبة الطينية	9
7-2	خصائص التربة	11
8-2	الخصائص الكيميائية للتربة	17
9-2	إختبارات التربة	19
10-2	التربة القابلة للإنتفاخ	31
11-2	مصاعب التربة القابلة للإنتفاخ	32
12-2	مشاكل التربة الإنتفاخية	32
13-2	تصنيف التربة الإنتفاخية	33
14-2	معالجة التربة القابلة للإنتفاخ	33
الباب الثالث : الإختبارات المعملية		
1-3	مقالع التراب الخرساني	35
2-3	الإختبارات المعملية	35
الفصل الرابع : النتائج والمناقشة		
1-4	نتائج الإختبارات التي أجريت على مواد ردميات مقلع بربر	43
2-4	نتائج الإختبار التي أجريت على مواد ردميات مقلع سيدون	49
3-4	نتائج الإختبار التي أجريت على مواد ردميات مقلع العالياب	56
الباب الخامس : المناقشة		
1-5	مقدمة	62
2-5	مقارنة عامة بين الثلاثة مقالع	64
الباب السادس :		

65	الخلاصة	1.6
66	التوصيات	2.6
67	المراجع	3.6
68	الملاحق	

فهرس الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
1-2	يوضح تقسيم الرتبة حسب قياس الحبيبات	5
2-2	يوضح نظام معهد ماساشوسيتس	5
3-2	يوضح تصنيف التربة الرملية حسب التدرج الحبيبي	7
4-2	يوضح تقسيم التربة الرملية	8
5-2	يوضح وصف التربة الرملية حسب درجة تشبعاً بالماء	8
6-2	يوضح المقاومة التقديرية للتربة الرملية	9
7-2	يوضح مجموعات التربة الطينية حسب دليل اللدونة	9
8-2	يوضح قوام التربة الطينية	10
9-2	يوضح المقاومة التقديرية للتربة الطينية	11
10-2	يوضح بعض الخصائص الفيزيائية لآتماط مختلفة من التربة	13
11-2	يوضح حدود اللدونة	15
12-2	يوضح الكثافة النسبية	20
13-2	يوضح فحوصات تصنيف التربة	21
14-2	يوضح دليل السيولة	24
15-2	يوضح طريقة دمك التربة	31
16-2	يوضح تصنيف التربة الإنتفاخية	33

فهرس الأشكال

الرقم	الجدول	الصفحة
1-4	شكل يوضح نتائج إختبار حد السيولة	43
2-4	مخطط يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى الرطوبي	43
3-4	شكل يوضح نتائج إختبار متوسط حد اللدونة	44
4-4	شكل يوضح نتائج إختبار التحليل المنخلي	45
5-4	مخطط يوضح العلاقة بين قطر حبيبات التربة ونسبة المار	45
6-4	مخطط يوضح العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة	46
7-4	شكل يوضح نتائج إختبار CBR	47
8-4	مخطط يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة	48
9-4	شكل يوضح نتائج إختبار حد السيولة	49
10-4	مخطط يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى الرطوبي	49
11-4	شكل يوضح نتائج إختبار متوسط حد اللدونة	50
12.4	شكل يوضح نتائج إختبار الدمك	51
13.4	مخطط يوضح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة	51
14.4	يوضح لإختبار التحليل المنخلي	52
15.4	مخطط العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة	53
16.4	شكل يوضح إختبار CBR	53
17.4	مخطط يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة	54
18.4	يوضح إختبار حد السيولة	55

55	مخطط يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي	19.4
56	شكل يوضح إختبار متوسط حد اللدونة	20.4
57	شكل يوضح إختبار التحليل المنخلي	21.4
57	مخطط يوضح العلاقة بين قطر حبيبات التربة ونسبة المار	22.4
58	شكل يوضح إختبار الدمك	23.4
58	مخطط يوضح العلاقة بين المحتوى والكثافة الجافة	24.4
59	شكل يوضح إختبار CBR	25.4
60	مخطط يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة	26.4

المستخلص :

البحث عبارة عن تراب خرساني من الحصويات الطبيعية تكونت من تقنت الصخور الطبيعية نتيجة لعمليات التعرية دراسة للتربة تشمل مقالع بربر و سيدون و العالياب و يهدف البحث الى دراسة جودة مواد الردميات المستخدمة في الطرق و المباني ثم تم توريد عينات من المقالع الثلاثة و تم اجراء التجارب المعملية عليها و اوضحت الدراسة الى ان مقلع سيدون الافضل من بين الثلاثة مقالع .

Abstract :

The research consists of concrete soil made of natural gravel formed from the fragmentation of natural rocks as a result of erosion processes. A soil study that includes the quarries of Berber, Sidon, and Al-Alyab. The research aims to study the quality of backfill materials used in roads and buildings. Then samples were supplied from the three quarries and laboratory experiments were conducted. The study showed that the Sidon quarry is the best among the three quarries .

الباب الأول

المقدمة

الباب الأول

المقدمة

1-1 مقدمة :

التراب الخرساني نوع من أنواع الحصويات الطبيعية. وهو عبارة عن خليط طبيعي من العناصر الحصوية والرملية تكونت من تفتت الصخور الطبيعية نتيجة لعمليات التعرية ونقلت بواسطة العوامل الطبيعية مثل (الماء ، الهواء ، الجليد ... الخ) إلى أماكن غير أماكن نشأتها وتتميز بان حوافها مستديرة وتحوي عناصر مختلفة الأحجام و من مواصفات التراب الخرساني :

1. **اللون** يوجد التراب الخرساني بعدة ألوان حسب المنطقة الموجود بها والمعادن المكونة له منها اللون الأحمر البني وأيضا اللون المائل للبياض (الأغيش) وعادة ما يكون اللون غير مهم في اختيار المواد لطبقات الرصف .
2. **الشكل العام** عبارة عن مواد حصوية إما خشنة أو ناعمة ذات أحجام مختلفة وعموما التراب الخرساني المستخدم في الرصف يمر بمناخل أقطارها اكبر من mm (0.075) وفقاً للتدرج الحبيبي المطلوب لطبقات الرصف المستخدمة في الطرق.

1-2 الخواص الهندسية العامة :

إن خواص التراب الخرساني تتعلق تعلقا مباشراً بالنسيج Texture والتركيب المعدني للصخور التي تكون منها . إن اصل الصخور له تأثير كبير على النسيج فمثلا حبيبات الصخور النارية تكون متشابكة فيما بينها (Inter-locked) والذي يتكون أثناء عملية تبلور (Crystallization) مادة الماكما. ان سرعة تبريد مادة الماكما لها تأثير على حجم الحبيبات الناتجة (Grain size) فالتبريد السريع يكون حجم الحبيبات صغيرا نسبياً. ومن أهم الخواص العامة للتراب الخرساني المستخدم في تشييد الطرق يمكن تلخيصها في الآتي :-

المقاومة :- وهي تحمل الاجهادات الواقعة عليه.

المتانة :- وتتمثل في درجة الصلادة لتحمل الصدمات الخارجية.

الصلابة :- وهي مقاومة الاحتكاك الذي يحدث بين الحبيبات.

الديمومة :- ويقصد بها مقاومة عوامل التعرية الجوية.

التلاحم :- ويعني قوة التماسك والالتصاق بين حبيبات التراب الخرساني مع بعضها البعض والتي يجب أن تكون قوية جداً .

النفاذية :- وهي سرعة سريان الماء خلال مسامات التربة والتي يجب أن تكون قليلة في مواد الرصف الترابية .

3-1 أهداف البحث :

دراسة جودة مواد الردميات المحلية المستخدمة في الطرق

4-1 منهجية البحث :

- 1- توريد مواد الردميات من مواقع مختلفة (بربر ، سيدون ، العالياب)
- 2- اجراء اختبارات معملية (حدود اتربيرج ، اختبار الدمك ، اختبار نسبة تحمل كلفورنيا ، التحليل المنخلي ، حد اللدونة)
- 3- مناقشة نتائج الاختبارات و اجراء مقارنة بين الردميات المختلفة
- 4- تحديد جودة الردميات و اختيار افضلها

5-1 هيكلية البحث :

- المقدمة
- الدراسات السابقة
- التجارب المعملية
- النتائج ومناقشة النتائج
- الخلاصة والتوصيات

الباب الثاني

دراسات سابقة

الباب الثاني

الدراسات السابقة

1-2 مقدمة :

تشكلت التربة الطبيعية التي نتعامل معها نتيجة لتأثير مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية على طبقة القشرة الأرضية على مر السنين، ونتيجة لتأثير هذه العوامل تكونت الخصائص الرئيسية للتربة، ويتراوح العمر الزمني للتربة التي يتعامل معها الإنسان في نشاطه اليومي بين مئات الآلاف الى ملايين السنين وقد يصل الى ما هو أكثر ، وخلال هذه الفترة الطويلة كانت التربة معرضة للكثير من التأثيرات والتقلبات في الظروف الطبيعية ، حيث تتشكل تربة جديدة باستمرار ويتم ارتصاص الطبقات الموجودة منها ، كما أن العوامل الخارجية كالرياح وتأثير المياه وتقلبات الحرارة تلعب دوراً لا يستهان به في تغيير تركيب التربة ، يضاف إليها عوامل أخرى ليست أقل أهمية كالألزال والبراكين، أما المكونات الأساسية للتربة الهندسية، أي التي يتعامل معها المهندس يمكن إيجازها بثلاث مكونات أساسية هي : (سامي أحمد حجاوي 2003)

1- الحبيبات الصلبة.

2- الفراغات بين الحبيبات.

3- الماء او الهواء داخل الفراغات.

و يجري تصنيف التربة أساساً بالاعتماد على حجم حبيباتها الصلبة، حيث تقسم التربة حسب حجم حبيباتها في أغلب المواصفات العالمية إلى :-

أ- التربة غير المتماسكة : (Non-cohesive soil)

وهي التربة التي لا تتماسك حبيباتها، وتكون خشنة وناتجة عن تفتت الصخور بفعل عوامل التعرية (Erosion) ويفتقر هذا النوع من التربة الى خاصية اللدونة (Plasticity) والتماسك بين الحبيبات (Cohesion) ، وأما أشكال التربة غير المتماسكة فهي:

1. الأحجار الكبيرة (Boulders) والدبش (Cobbles) ، ويزيد مقاسها عن 60ملمتر.

2. الحصى (Gravel) وأشكاله الأساسية:

· الحصى الناعم (Fine) وأبعاده تتراوح بين 2 و 6 ملمتر.

· الحصى متوسط النعومة (Medium) وأبعاده تتراوح بين 6 و 20 ملمتر.

· الحصى الخشن (Coarse) وأبعاده تتراوح بين 20 و 60 ملمتر.

3. الرمل وأشكاله الأساسية كما يلي:

· الرمل الناعم وأبعاده تتراوح بين 0.06 و 0.20 ملمتر.

· الرمل متوسط النعومة وأبعاده تتراوح بين 0.20 و 0.60 ملمتر.

· الرمل الخشن وأبعاده تتراوح بين 0.60 و 2.00 ملمتر.

أ- التربة المتماسكة: (Cohesive soil)

وتتميز بوجود التماسك بين حبيباتها وكذلك بالدونة، إضافة إلى أنها تتكون من مواد ناعمة يقل مقاسها عن 0.06 ملمتر، وتقسم إلى الأشكال التالية :

· الطمي (Silt) ويتراوح مقاس حبيباته بين 0.002 و 0.060 ملمتر.

· الطين (Clay) ويتكون من حبيبات يقل مقاسها عن 0.002 ملمتر.

ومن النادر إيجاد نوع من أنواع التربة المذكورة منفصلاً في الطبيعة، فغالباً ما تتكون التربة من خليط من الطين مخلوطاً ببعض الرمل مثلاً طين رملي (Sandy clay) أو الرمل المخلوط ببعض الطين، أو الطين المخلوط ببعض الطمي كما أن هناك خليطاً من الرمل والطين والطين اصطلاح على تسميته بالطفال (loam).

2-2 تصنيف التربة للأغراض الإنشائية (soil classification for construction purposes)

إن اختلاف وتعدد اشكال التربة وانواعها من مكان الى مكان وحتى في المكان الواحد يجعل من الصعب اعتماد نظام واحد موحد لتصنيفها.

وتصنيف التربة للأغراض الإنشائية أمر غاية في الأهمية، فهو يعطي فكرة، وإن كانت تقريبية، عن الخصائص المتوقعة لهذه التربة أو تلك، مما يساعد في رسم التصور الأولي في ذهن المهندس، عن الشكل الذي ستكون عليه أساسات المبنى أو المنشأ. ولهذا الغرض أي تصنيف التربة للأغراض الإنشائية، يتعامل المهندسون مع أنظمة عديدة مختلفة، يأخذ معظمها بالتدرج الحبيبي للتربة أساساً، بينما يعتمد جزء من هذه الأنظمة على خصائص اللدونة للتربة كأساس للتصنيف، أو على الأمرين معاً، كما سنرى بالتفصيل، من خلال استعراض أكثر هذه الأنظمة شيوعاً وانتشاراً وهي:

1. نظام المكتب الأمريكي لتصنيف التربة (U.S Bureau soil classification system)

2. نظام معهد ماساشوستس للتكنولوجيا لتصنيف التربة (MIT soil classification system)

3. نظام الجمعية الأمريكية للطرق لتصنيف التربة (AASHTO soil classification system)

4. النظام الموحد لتصنيف التربة (unified soil classification system)

ولا بد من الإشارة هنا، إلى أن تصنيف التربة حسب أي من هذه الأنظمة لا يعتبر نهائياً، والتصنيف النهائي للتربة يأتي بعد إجراء الفحوصات اللازمة في المختبر، التي تؤكد انتماء التربة إلى هذا النوع أو ذاك، و تؤكد بالتالي صحة التصنيف

1-2-2 نظام المكتب الأمريكي لتصنيف التربة (U.S Bureau Soil Classification system)

يعتمد هذا النظام على قياس حبيبات التربة كأساس لتقسيمها إلى مجموعات. ويبين الجدول (1-2) كيفية تقسيم التربة إلى مجموعات حسب قياس الحبيبات

جدول (1-2): تقسيم التربة حسب قياس الحبيبات

رقم المجموعة	نوع التربة	قياس الحبيبات (مم)
1	حصى ناعم	1-2
2	رمل خشن	0.5-1
3	رمل	0.25-0.5
4	رمل ناعم	0.2-0.25
5	رمل ناعم جدا	0.05-0.1
6	طمي	0.005-0.05
7	طين	0.005>

2-2-2 نظام معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا لتصنيف التربة (M.I.T soil classification system)

يعتمد هذا النظام، كسابقه، على قياس حبيبات التربة كأساس لتقسيمها إلى مجموعات مختلفة ويبين الجدول (2-2) هذه المجموعات حسب قياس حبيبات التربة

جدول (2-2): نظام معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا

رقم المجموعة	نوع التربة	قياس الحبيبات (مم)
1	رمل خشن (Coarse sand)	0.6-2.00
2	رمل متوسط (Medium sand)	0.2-0.6
3	رمل ناعم (Fine sand)	0.06-0.2
4	طمي خشن (Coarse silt)	0.02-0.06
5	طمي متوسط (Medium silt)	0.006-0.02
6	طمي ناعم (Fine silt)	0.002-0.006
7	طين (Clay)	0.002>

ويقسم هذا النظام الطين إلى مجموعات هي:

الطين الخشن (0.002-0.0006) مم

· الطين المتوسط (0.0002-0.0006) مم

· الطين الناعم او الغروي (اصغر من 0.0002) مم

ويتم تصنيف التربة ف النظامين السابقين برسم منحنى التدرج الحبيبي للتربة و توصف التربة على اساسه.

2-2-3 نظام الجمعية الأمريكية للطرق لتصنيف التربة: (AASHTO Soil Classification System)

تم إدخال هذا النظام إلى الممارسة العملية للمرة الأولى من قبل مكتب الطرق العامة (BPR) ليستعمله مهندسو الطرق بشكل واسع، مضمون هذا النظام واسع الانتشار فيمكن في أنه يقسم التربة إلى مجموعات أساسية وأخرى فرعية حسب التدرج الحبيبي وخصائص السيولة واللدونة لأشكال التربة المختلفة.

2-2-4 النظام الموحد لتصنيف التربة: (Unified Soil Classification System-USCS)

يعتبر النظام الموحد لتصنيف التربة واحداً من أكثر النظم انتشاراً في أوساط المهندسين الذين يتعاملون مع التربة. ويرجع تاريخ هذا النظام إلى عام 1942، عندما اقترح البروفيسور آرثر كازاغراندي عناصره الأساسية بتكليف من سلاح المهندسين في الجيش الأمريكي الذي اعتمد هذا النظام لتصنيف التربة في أعمال إنشاء المطارات أثناء الحرب العالمية الثانية. وقد تم تعديل ومراجعة هذا النظام بعد الحرب، وأطلقت عليه تسمية النظام الموحد. وأما في العام 1969، فقد تم اعتماده من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM) كنظام لتصنيف التربة للاغراض الانشائية. (ASTM D-2487)

2-3 تصنيف التربة الخشنة:

وتقسم بموجب هذا النظام إلى المجموعتين:

1. حصى وتربة حصوية (Gravel and gravelly soils) ويرمز لها بالحرف (G)

2. رمل وتربة رملية (Sand and sandy soils) ويرمز لها بالحرف (S)

ويقسم كل من الحصى والرمل إلى أربع مجموعات:

أ- مواد جيدة التدرج (Well-graded) ويرمز لها بالحرف (w)

أ- مواد جيدة التدرج مع رابط طيني ممتاز (Excellent clay binder) ويرمز لها بالحرف (C)

أ- مواد سيئة التدرج (Poorly-graded) ويرمز لها بالحرف (P)

أ- مواد خشنة (Coarse materials) تحتوي على مواد ناعمة (Fines) ويرمز لها بالحرف (M)

2-4 تصنيف التربة الناعمة:

وتقسم بموجب هذا النظام إلى ثلاث مجموعات:

1. التربة الطمية والرملية الناعمة جداً (Silty and very fine sandy soils) ويرمز لها بالحرف (M)

2. التربة الطينية غير العضوية (Inorganic clays) ، ويرمز لها بالحرف (C)

3. الطمي والطين العضويين (Organic silts and clay) ، ويرمز لها بالحرف (O)

5-2 تصنيف التربة الرملية: (Sandy soils)

1. تقسم التربة الرملية إلى مجموعات حسب التدرج الحبيبي (قياس الحبيبات في التربة) وذلك كما هو موضح في الجدول (2-3) أدناه.

بعد تجميع نسب الحبيبات التي تكون معروفة من فحص التدرج الحبيبي للتربة، وذلك بالتسلسل حيث نجد أولاً نسبة وزن الحبيبات الأكبر من 2 ملمتر، ثم الأكبر من 0.5 ملمتر، وهكذا، حتى يحصل التطابق الذي يضع التربة ضمن إحدى المجموعات.

جدول (2-3): تصنيف التربة الرملية حسب التدرج الحبيبي

النسبة المئوية للحبيبات من وزن التربة الاصل (%)	وصف التربة	رقم المجموعة
وزن الحبيبات الأكبر من 2 ملمتر اكثر من 25 بالمئة	رمل حصوي (Gravelly sand)	1
وزن الحبيبات الأكبر من 0.5 ملمتر اكثر من 50 بالمئة	رمل خشن (Coarse grained sand)	2
وزن الحبيبات الأكبر من 0.25 ملمتر اكثر من 50 بالمئة	رمل متوسط الخشونة (Medium-grained sand)	3
وزن الحبيبات الأكبر من 0.1 ملمتر اكثر او يساوي 75 بالمئة	رمل ناعم (Fine-grained sand)	4
وزن الحبيبات الأكبر من 0.1 ملمتر اقل من 75 بالمئة	رمل ناعم جداً (Dusty sand)	5

2. يتم إيجاد نسبة الفراغات الأولية (Initial voids ratio) للتربة في حالتها الطبيعية e_0

جدول (2-4) : تقسيم التربة الرملية

رقم المجموعة	وصف التربة الرملية
1	رمل حصوي (Gravelly sand) رمل خشن (Coarse- grained sand) رمل متوسط الخشونة (Medium- grained sand)
2	رمل ناعم (Fine- grained sand)
3	رمل ناعم جداً (Dusty sand)

2. يتم إيجاد درجة التشبع بالماء (Degree of saturation) للتربة وحسب الجدول (2-5) أدناه، تضاف تسمية التربة حسب درجة تشبعها بالماء.

3. يتم إيجاد القيمة التقديرية لمقاومة التربة الرملية للأحمال (R_o) من الجدول (2-6)، حسب درجة كثافة التربة.

وبهذا بعد إتمام الخطوات الأربع السابقة، يصبح بالإمكان إعطاء وصف شامل لعينة التربة الرملية مع القيمة التقديرية لقدرة تحملها.

جدول (2-5) : وصف التربة الرملية حسب درجة تشبعاً بالماء

رقم المجموعة	وصف التربة الرملية حسب درجة تشبعياً بالماء	درجة التشبع (S_r)
1	قليلة الرطوبة (Low moist)	$S_r \leq 0.5$ < صفر
2	رطبة (Moist)	$0.50 < S_r \leq 0.8$
3	مشبعة بالماء (Saturated)	$0.8 < S_r \leq 1.0$

جدول (2-6): المقاومة التقديرية للتربة الرملية :

رقم المجموعة	وصف التربة الرملية	المقاومة التقديرية	
		كثافة	متوسطة الكثافة
1	رمل خشن بغض النظر عن رطوبته	0.6	0.5
2	رمل متوسط الخشونة بغض النظر عن رطوبته	0.5	0.4
3	رمل ناعم:	0.4	0.3
	أ- قليل الرطوبة ب- رطب ومشبع بالماء	0.3	0.2
4	رمل ناعم:		
	أ- قليل الرطوبة	0.3	0.25
	ب- رطب	0.2	0.15
	ج- مشبع بالماء	0.15	0.1

6-2 تصنيف التربة الطينية: (Clay Soils)

1. تقسم التربة الطينية حسب هذه الطريقة إلى مجموعات حسب دليل اللدونة للتربة (

Plasticity Index - PI) ، كما في الجدول (2-7) أدناه.

جدول (2-7) : مجموعات التربة الطينية حسب دليل اللدونة

رقم المجموعة	وصف التربة الطينية	دليل اللدونة (PI)
1	طفال رملي (Sandy loam)	$1 \leq PI \leq 7$
2	تربة طفالية (Loamy soil)	$7 \leq PI \leq 17$
3	طين (Clay)	$17 < PI$

2. يتم إيجاد نسبة الفراغات الأولية (Initial Voids Ratio) للتربة في حالتها الطبيعية.

3. يتم إيجاد دليل السيولة (Liquidity Index-LI) للتربة.

يتم إيجاد القيمة التقديرية لمقاومة التربة الطينية للأحمال (R_o) من الجدول (2-8)، حسب دليل

السيولة ونسبة الفراغات e_0 الجدول (2-9)

جدول (8-2): قوام التربة الطينية حسب دليل السيولة

رقم المجموعة	وصف قوام التربة الطينية	دليل السيولة (LI)
1	طفل رملي: أ. قاس ب. لدن ج. مائع	$LI < 0$ صفر $0 \leq LI < 1$ $1 < LI$
2	الطفال والطين: أ. قاس ب. شبه قاس ج. صلب الى لدن د. طري الى لدن هـ. مائع الى لدن ل. مائع	$LI < \text{صفر}$ $0 < LI < 0.25$ $0.25 \leq LI \leq \text{صفر}$ $0.50 \leq LI \leq 0.25$ $0.75 < LI < 1.0$ $1 < LI$

جدول (9-2): المقاومة التقديرية للتربة الطينية :

رقم المجموعة	وصف التربة الطينية	نسبة الفراغات (e_0)	المقاومة التقديرية (R_0)	
			LI = 0	LI = 1
1	طفال رملي	0.5	0.3	0.3
		0.7	0.25	0.2
2	تربة طفالية	0.5	0.3	0.25
		0.7	0.25	0.18
		1.00	0.2	0.1
3	طين	0.5	0.6	0.4
		0.7	0.5	0.3
		0.8	0.3	0.2
		1.1	0.25	0.1

7-2 خصائص التربة:-

يمكن تقسيم الخصائص الأساسية للتربة الى خصائص فيزيائية (Physical properties) وميكانيكية (Mechanical properties) وأخرى كيميائية (Chemical properties) وهذه الخصائص وان اختلفت في درجة أهميتها من منشأ الى آخر، ومن منطقة الى أخرى، إلا أنها كلها مهمة وضرورية للحكم على التربة التي تجري دراستها، واجراء التجارب عليها في المختبر ضروري للخروج بتوصيات متكاملة فيما يتعلق بالتربة والأساسات.

وأما المقصود بالخصائص الفيزيائية للتربة، فهو تلك الخصائص المتعلقة بطبيعة التربة كمحتوى الرطوبة الطبيعية فيها (Natural moisture content) وحدود السيولة واللدونة (Plastic limit) وكذلك الوزن النوعي (Specific gravity) والكثافة (Density) ونسبة الفراغات (Voids ratio) ودرجة التشبع بالماء (Degree of saturation) وغيرها.

وأما الخصائص الميكانيكية للتربة فيقصد بها خصائص التربة وسلوكها تحت تأثير الأحمال، كمقاومة التربة للقص (Shear strength) وقوة التماسك بين حبيباتها (Cohesion) ومقاومة الانضغاط (Compressive strength) وزاوية الاحتكاك الداخلي (Angle of internal friction) والدمك (Compaction) والتضاغط المحوري (Consolidation) وغيرها.

وأما الخصائص الكيميائية للتربة فيقصد بها ما تحتويه من مواد كيميائية قد يكون لها تأثير سلبي على خرسانة الأساسات، كمحتوى الكبريتات ومحتوى الكلوريدات القابلة للذوبان والاملاح العضوية والشوائب وحامضية أو قاعدية الوسط التي يدل عليها الرقم الهيدروجيني وغيرها.

2-7-1 الخصائص الفيزيائية للتربة: (Physical properties of soil)

لتسهيل فهم الخصائص الفيزيائية الأساسية للتربة نتذكر ما ورد عن أن التربة تتكون من ثلاثة مكونات أساسية هي الحبيبات الصلبة (Solid particles) والفراغات بين هذه الحبيبات (Voids) والماء أو الهواء أو كلاهما داخل هذه الفراغات.

وتكون التربة كما ذكرنا سابقاً جافة (Dry) إذا كانت فراغاتها مليئة بالهواء وحده، ومشبعة جزئياً بالماء (Partially saturated) إذا تقاسم الهواء والماء فراغاتها ، ومشبعة تماماً بالماء (Fully saturated) إذا ملاً الماء كل فراغاتها.

2-7-2 العلاقات الوزنية الحجمية للتربة: (Weight -volume relationships)

1- محتوى الرطوبة (Water or moisture content) هو النسبة بين وزن الماء في فراغات التربة ووزن الحبيبات الصلبة معبراً عنه بنسبة مئوية، ويقاس محتوى الرطوبة عن طريق تجفيف عينة من التربة في فرن التجفيف الخاص (Drying oven) على درجة حرارة قياسية تتراوح بين 110-105 °م ، ومقارنة وزنها قبل وبعد عملية التجفيف التي تنتهي عندما يثبت وزن العينة، أو بعد مرور 24 ساعة كما تحدد المواصفات المتعلقة بأجراء هذا الفحص.

2- درجة التشبع بالماء (Degree of saturation) هي النسبة بين حجم الماء في فراغات التربة الى الحجم الكلي للفراغات. وتكون درجة التشبع صفراً للعينات الجافة ($S_r = 0$) و 100 % للعينات المشبعة تماماً بالماء ($S_r = 100\%$)

3- نسبة الفراغات (Voids ratio) وهي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى حجم الجزء الصلب ، وتتغير قيمة نسبة الفراغات للتربة ضمن نطاق واسع. حيث يمكن أن تتغير من 0.2 الى 1.5 للتربة التي تتكون من حبيبات معدنية (Mineral soils) ، ومن 2 الى 12 للتربة التي تحتوي مكونات عضوية (Mineral – organic soils) ولكن الأكثر شيوعاً في الواقع هو أن تكون ($e < 1$) للتربة المدموكة، و ($e > 1$) للتربة المخلخلة (Loose)

- غير المتضاغطة (Unconsolidated) وفي الحالة الأخيرة، يكون من الضروري اتخاذ إجراءات خاصة لتحسين خصائص التربة وتقويتها قبل إقامة أي منشأ عليها.
- 4- المسامية (Porosity) وهي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى الحجم الكلي للتربة.
- 5- محتوى الهواء (Air Content) وهو النسبة بين حجم الهواء الموجود في فراغات التربة إلى الحجم الكلي للتربة.
- 6- الكثافة (Bulk density) هي النسبة بين الكتلة الكلية للتربة إلى حجمها الكلي. وتقاس الكثافة بوحدات كيلوجرام/ متر مكعب (Kg/m^3) أو جرام / سنتيمتر مكعب (g/cm^3) أو طن / متر مكعب (t/m^3) أما كثافة الماء فيرمز لها بـ ρ_w قيمتها تساوي 1 جم /سم³ = 1000 كجم /م³.
- 7- وزن وحدة الحجم (Unit weight) وهو النسبة بين الوزن الكلي (قوة) إلى الحجم الكلي للتربة
- 8- الوزن النوعي للحبيبات الصلبة (Specific gravity of solid particles) ويعرف بأنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى وزن كمية من الماء تشغل نفس الحجم.
- 9- درجة التشبع بالماء

جدول (2-10) : بعض الخصائص الفيزيائية لأنماط مختلفة من التربة :

وزن وحدة الحجم (جم/سم ³)	محتوى الرطوبة %(W)	نسبة الفراغات (e)	المسامية (n)	وصف التربة
1.89	32	0.85	0.46	رمل متجانس مخلخل
2.09	19	0.51	0.34	رمل متجانس كثيف
1.99	25	0.67	0.40	رمل متدرج مخلخل
2.16	16	0.43	0.30	رمل متدرج كثيف
1.86	21	0.99	0.50	طمي
1.58	70	1.9	0.66	طين طري يحتوي قليل من المواد العضوية
1.43	110	3.00	0.75	طين طري شديد العضوية

3-7-2 الخصائص الدالة: (Index properties)

ويمكن أن تقسم الخصائص الدالة للتربة الى قسمين رئيسيين هما:

1- الخصائص الحبيبية (Grain properties) وتتعلق بخصائص الحبيبات التي تتشكل منها

التربة بشكل منفصل، دون الربط بينها وبين الشكل الذي هي عليه في التركيب الطبيعي للتربة. ولذا فمن السهل دراسة الخصائص الحبيبية لأية عينة من التربة، سليمة كانت أم مخلخلة. وتدرس الخصائص الحبيبية للتربة عادة من خلال فحص التدرج الحبيبي

(Particle size distribution) باستعمال مناخل قياسية (Standard sieves) أو بالتحليل الحجمي بالهيدروميتر (Hydrometer analysis) للحبيبات ذات القياسات الناعمة من الطمي (Silt) والطين (Clay) ، وهما الطريقتان الأكثر شيوعاً لهذا الغرض.

2- خصائص القوام (Consistency properties) وتعتبر عنها الحدود المعروفة بحدود أتربيرج نسبة الى العالم السويدي أتربيرج الذي كان أول من أشار اليها سنة 1911، وهذه الحدود هي:

· حد السيولة (Liquid Limit - LL) وهو محتوى الرطوبة الذي تتحول عنده التربة من حالة اللدونة الى حالة السيولة،

· حد اللدونة (Plastic Limit - PL) وهو محتوى الرطوبة الذي تفقد عنده التربة خاصية اللدونة وتكون بحالة جافة نسبياً لا تسمح بتشكيلها الى خيوط.

· حد الانكماش (Shrinkage Limit - SL) وهو محتوى الرطوبة الذي تنتقل عنده التربة من الحالة شبه الصلبة (Semi-solid state) الى الحالة صلبة (Solid state)

· دليل اللدونة (Plasticity Index - PI) وهو الفرق العددي بين قيمتي حد السيولة وحد اللدونة للتربة.

· دليل السيولة (Liquidity Index - LI) ويبين مدى قابلية التربة لمقاومة التغير في شكلها.

· دليل القوام (Consistency Index - CI)

أما كيف تساعد معرفة حدود أتربرغ ، وخصوصاً دليل السيولة (LI) ، في الحكم على قوام التربة، فيظهر من خلال الجدول (11-2) المعتمد في المواصفات الروسية

جدول (2-11): حدود القوام للتربة :

الطين والطفال			الطفال الرملي		
صلب	Hard	$LI < 0 (W < PL)$	صلب	Hard	$LI < 1$
شبه صلب	Semi hard	$LI = 0.0 - 0.25$	لدن	plastic	$0 \leq LI \leq 1$
صلد لدن	Stiff-plastic	$LI = 0.25 - 0.50$			
طري لدن	Soft-plastic	$LI = 0.50 - 0.75$	سائل	Liquid	$LI > 1$
سائل لدن	Liquid-plastic	$LI = 0.75 - 1.0$			
سائل	Liquid	$LI > 1$			

4-7-2 الخصائص الميكانيكية للتربة (Mechanic properties of soil)

المقصود بالخصائص الميكانيكية للتربة هو تلك الخصائص التي تعبر عن سلوك التربة تحت تأثير الأحمال

بالتضاغط (Consolidation) وبما أن حجم الفراغات الموجودة في تركيب التربة محدود ويتناقص مع زيادة الحمل الضاغط، فإن الذي يحدث عندما تتلاشى الفراغات مع ازدياد الحمل العمودي هو أن حبيبات التربة تبدأ بالانزلاق الواحدة فوق الأخرى، ويحصل ما يدعى بالقص (Shear).

وأما ما يحصل إذا استمرت زيادة الحمل المؤثر على التربة بعد مرحلة القص، فهو الانهيار (Failure) ومن هنا تبرز أهمية الدراسة المستفيضة لخصائص التضاغط، وللتربة الطينية بالتحديد، وذلك للحصول على المعطيات اللازمة لحساب قيمة الهبوط الكلي للمبنى ودراسة ظاهرة الهبوط مع الزمن. وكذلك الحال بالنسبة لفحوصات القص، التي تمكن من الحصول على القيم اللازمة لحساب قدرة تحمل التربة، وهي قوة التماسك بين الحبيبات (Cohesion) وزاوية الاحتكاك الداخلي (Angle of internal friction)، وهي قيم ضرورية لأغراض أخرى مثل حسابات الضغوطات الجانبية للتربة (Lateral earth pressure) على الجدران الساندة ودراسة اتزان المنحدرات الترابية وغيرها.

5-7-2 القص في التربة: (Soil Shear Tests)

مقاومة التربة للقص : (Shear strength of soil)

من المعروف أن أساس المبنى أو المنشأ يقوم بعملية نقل وتوصيل الأحمال الى التربة التي يرتكز عليها. ويؤدي تأثير هذه الأحمال الى ظهور اجهادات (Stresses) في التربة تنتج عنها تشوهات (Deformations). وتكون هذه التشوهات إما مرنة (Elastic) لحبيبات التربة، أو حجمية نتيجة لخروج الماء من الفراغات، وينتج عنها تغير في حجم التربة (Volume change) وهي ظاهرة التضاضط (Consolidation).

اما الشكل الثالث للتشوهات التي يمكن أن تظهر في التربة تحت تأثير الحمل الخارجي، فهو انزلاق حبيبات التربة الواحدة فوق الاخرى (Slippage of soil particles) ، والذي قد يؤدي الى انزلاق كتلة ترابية فوق أخرى، مما يعني الانهيار (Failure) ، وهذا الشكل من التشوهات هو ما يعرف بالقص (Shear).

إن تحميل التربة حتى حد معين ينتج عنه تراص حبيباتها تحت تأثير الحمل على حساب الفراغات بين هذه الحبيبات، أي أن التربة تتدمك بتقارب حبيباتها من بعضها البعض، وبالتالي تتحسن خصائصها، وتدعى هذه المرحلة من مراحل التحميل بمرحلة الانضغاط أو الدمك (Compaction phase) ، وتنتهي هذه المرحلة عند تلاشي الفراغات في تركيب التربة، ونظرياً، وحسب العالم الروسي نيكولاي غيرسيفانوف، فإن العلاقة بين الحمل والهبوط في هذه المرحلة يمكن اعتبارها علاقة خطية (Linear) ، وبالتالي يمكن استعمال القوانين والاشتقاقات الناتجة من نظرية المرونة (Theory of elasticity) لدراسة التربة في هذه المرحلة. وهذه الفرضية هي الأساس النظري الأكثر شهرة في ميكانيكا التربة، وهي صالحة طالما أن الحمل المؤثر على التربة ضمن نطاق المرحلة الاولى للتحميل.

ولكن ما الذي يحصل لو تمت زيادة الحمل المؤثر على التربة بعد تلاشي الفراغات بين حبيباتها؛ إن الذي يحصل هو أن الحبيبات تبدأ بالانزلاق الواحدة فوق الاخرى، أي تبدأ مرحلة القص (Shear phase) وتكون العلاقة بين الحمل والهبوط في هذه المرحلة غير خطية (Non-linear) ، ودراسة التربة خلالها تتبع نظريات خاصة، حتى أن فرعاً خاصاً في ميكانيكا التربة قد بدأ بالاستقلال بذاته وهو فرع "ميكانيكا التربة غير الخطية (Non-linear soil mechanics).

وقد أظهرت تجارب عملية أجراها العالم الروسي فلادى مير بيريزانتسي فأن نواة متراسة (Compacted core) تتشكل في نهاية مرحلة الانضغاط وبداية مرحلة القصور ينتهي تشكلها عند بلوغ التربة قدرة تحملها القصوى ، وأي زيادة في الحمل بعد ذلك تؤدي الى ظهور اسطح انزلاق متصلة تكون دليلاً على أن التربة بدأت في فقدان ثباتها (Loss of stability) ، وهو بداية

مرحلة التحميل الثالثة، وتسمى مرحلة الانهيار (Failure phase) ولدراسة مقاومة التربة للقص ، يتم اجراء أحد فحوصات القص في المختبر، وذلك لتحديد المركبين الرئيسيين لهذه المقاومة، وهما أحد فحوصات القص في المختبر، وذلك لتحديد المركبين الرئيسيين لهذه المقاومة، وهما:

أ- التماسك بين الحبيبات وتعبر عنه قوة التماسك (Cohesion) ويُرمز لها بالحرف (C)

أ- الاحتكاك بين الحبيبات الصلبة للتربة، وتعبر عنه زاوية الاحتكاك الداخلي (Angle of internal friction) ويرمز لها بالحرف اللاتيني

وقد كان العالم الفرنسي كولوم (Columb) أول من ربط بين زاوية الاحتكاك والتماسك بين الحبيبات، وذلك سنة 1773 في معادلته:

6-7-2 دمك التربة: (Soil Compaction)

تعتبر خصائص التربة كمقاومة القص (Shear strength) والنفاذية القليلة (Low permeability) والامتصاص القليل للماء (Low water absorption) ، من أهم الخصائص التي تمنح التربة صفة الاتزان (Stability) ، وتحسن من نوعيتها وإمكانية عملها بشكل جيد تحت أي منشأ، سواء كان طريقاً أو مبنى، أو كمادة إنشائية في أعمال السدود والردميات. ويعتبر الدمك (Soil compaction) أسلوباً ممتازاً لتحسين نوعية التربة والارتقاء بها للحصول على الخصائص المذكورة. وأما دمك التربة، فهو عملية تتم خلالها إعادة ترتيب الحبيبات الصلبة في تكوين التربة من خلال إنقاص حجم الفراغات التي تكون ممثلة بالهواء. ويتم هذا بواسطة مطارق خاصة (Hammers) أو مداحل (Rollers) أو بواسطة الهز (Vibration) وينبغي التمييز بين عملية دمك التربة وعملية تضاعطها (Consolidation) ، حيث إن الأخيرة هي عملية يتم فيها انضغاط التربة وتقارب حبيباتها من خلال إخراج أو طرد الماء المحتوى في فراغاتها، وذلك تحت تأثير الضغط العمودي المتواصل.

8-2 الخصائص الكيميائية للتربة: (Chemical properties of soil)

تتعلق الخصائص الكيميائية للتربة بما تحتويه الأخيرة من مواد يسبب وجودها أضراراً للأجزاء المظمورة من المبنى أو المنشأ المتلامسة مع التربة، مثل الاساسات بأشكالها، جدران القبو، الأنابيب الخرسانية وأية أجزاء أخرى متلامسة مع التربة المحيطة ، وفيما يلي عرض موجز لأهم الجوانب العملية التي تتعلق بالخصائص الكيميائية للتربة:

1-8-2 محتوى الكبريتات في التربة: (Sulphate content)

تكون الكبريتات الذائبة في الماء والتي تتواجد عادة في التربة على شكل كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) وتوجد كبريتات الكالسيوم (CaSO_4) على شكل جبس، ولكنها بطيئة الذوبان في الماء. ويعبر عن نسبة الكبريتات الموجودة في التربة عادة من خلال ايجاد نسبة ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) فيها.

وتكمن خطورة الكبريتات الذائبة في المياه الجوفية في مهاجمتها للخرسانة وأية مواد أخرى تحتوي الأسمنت. ويجري التفاعل بين الكبريتات ومركبات الألومينات (Aluminate compounds) الموجودة في الاسمنت مما يتسبب في حدوث تبلور لهذه المركبات يؤدي الى تمدد، تنشأ عنه اجهادات اضافية تتسبب في حدوث تشققات وتفتت. كما أن وجود الكبريتات في التربة التي تحيط بالأنابيب المعدنية المغمورة يؤدي الى صدأ هذه الأنابيب (Corrosion) ، مما يتسبب في حدوث التسرب (Leakage) ويفيد تحديد نسبة الكبريتات في التربة في تقدير حجم الضرر الذي قد ينجم عنها، وذلك لاتخاذ ما يلزم من احتياطات مضادة، كاستعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات (Sulphate resisting cement) أو زيادة نسبة الاسمنت في الخلطة الخرسانية.

2-8-2 محتوى المواد العضوية: (Organic matter content)

تتنوع المركبات العضوية التي قد توجد في التربة تنوعاً كبيراً تبعاً لتنوع مصادرها. فالمواد العضوية في التربة تتشكل من مخلفات الحيوانات والمزارع. وأما تأثير وجود هذه المواد العضوية على سلوك التربة فهو سلبي ويمكن تلخيصه كما يلي:

- يؤدي الى انخفاض قيمة قدرة تحمل التربة.
- يؤدي الى ازدياد انضغاطية التربة.
- يؤدي الى ازدياد احتمالات الانتفاخ (Swelling) والنتقلص (Shrinkage) بسبب التغير في محتوى الرطوبة.
- وجود الغاز في فراغات التربة العضوية يمكن أن يؤدي لهبوط فوري (Immediate settlement) ، كما قد يؤثر على الدقة في اشتقاق معاملات التضاضط (Consolidation coefficients) أثناء الفحص المخبري .
- وجود الغاز يمكنه كذلك أن يؤدي الى الحصول على قيم مغلوبة لمقاومة القص.
- يكون وجود المواد العضوية مصحوباً بحامضية الوسط (قيمة منخفضة للرقم الهيدروجيني (PH) وأحياناً بوجود الكبريتات.
- وجود المواد العضوية في التربة المستعملة لأغراض التثبيت في الطرق له أثر ضار مما تقدم، تبرز أهمية تحديد محتوى المواد العضوية في التربة لتقرير ما يلزم اتخاذه من احتياطات.

3-8-2 محتوى الكلوريد: (Chloride content)

تساعد معرفة محتوى الكلوريد في المياه الجوفية أو في التربة على تحديد ما إذا كانت المياه الجوفية هي مياه بحر أو إذا كانت التربة قد تعرضت لمياه البحر. ويلاحظ في المناطق الساحلية في الشرق الأوسط أن تركيز ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) في المياه الجوفية هو أعلى بكثير من تركيزه في مياه البحر، كما أن

تركيزاً عالياً للكوريد قد يصادف في مناطق من التربة والصخور المنفذة التي لا يوجد اتصال بينها وبين البحر ، ولا يتفاعل الكلوريد مباشرة مع الاسمنت كما هو الحال بالنسبة للكبريتات، ولكن تأثيره يقتصر على الاجزاء المعدنية التي قد يصل اليها وأهمها حديد التسليح (Steel reinforcement) ، وهذا يؤدي الى صدأ هذه الاجزاء، مما يتسبب في تلف الخرسانة المسلحة وحدوث التشققات في اجزائها. وتجدر الاشارة الى أن الكلوريدات قد تكون موجودة في المكونات الاساسية للخرسانة، كالرمل والركام الخشن والماء. ووصولها لحديد التسليح ليس مقصوراً على نفاذها من التربة. ولهذا تولى عناية خاصة لهذا الموضوع في المنشآت والمباني التي تقام في المناطق الساحلية. ونشير الى أن المواصفات البريطانية (BS 8110) تحدد النسبة القصوى المسموح بها لمحتوى الكلوريد (0.4 %) للأسمنت البورتلاندي العادي و (0.2 %) للاسمنت المقاوم للكبريتات.

2-9 اختبارات التربة:

تقسم الاختبارات إلى إختبارات مخبرية وأخرى حقلية. و الإختبارات الحقلية، كما هو واضح من تسميتها، هي تلك التي تجري في الحقل أو الموقع، وذلك على التربة في وضعها وتركيبها الطبيعيين. ومن أهم الإختبارات الحقلية للتربة ما يلي:

أ- اختبارات الكثافة الحقلية: (Field density tests) لتحديد كثافة التربة الطبيعية أو بعد دمكها للتأكد من جودة الدمك. وهناك طرق مختلفة لإجراء هذا الإختبار، مثل طريقة مخروط الرمل أو إحلال الرمل وطريقة البالون المطاطي والطريقة الذرية ، وتعتبر الطريقة الأولى باستخدام الرمل هي الأكثر انتشاراً.

أ- اختبارات الاختراق: (Penetration tests) وتستخدم هذه الإختبارات لغرض تحديد قدرة تحمل التربة وخصائصها، وتقسم إلى إختبارات الاختراق الاستاتيكي (Static penetration tests) التي يتم خلالها اختراق السطح الطبيعي للتربة بواسطة مخروط له أبعاد محددة، ومثالها إختبار المخروط، المعروف بـ (Dutch cone test) ، و إختبارات الاختراق الديناميكي (Dynamic penetration tests) ، التي يتم خلالها كذلك اختراق التربة بواسطة جهاز أسطواني خاص في مقدمته جامع عينات (Soil sampler) بواسطة مطرقة خاصة، ومثال هذه الإختبارات إختبار الاختراق القياسي

ج- اختبارات القص: (Shear tests) تستخدم غالباً لقياس مقاومة القص للتربة الطينية الناعمة ذات الرطوبة العالية، وأهمها فحص القص بالريشة (Vane shear test)

د- اختبارات النفاذية (Permeability tests) يتم إجراء هذه الإختبارات داخل الآبار السبرية (Boreholes) أو الحفر الاختيارية (Trail pits) لقياس معامل نفاذية التربة (Coefficient of permeability) بتركيبها الطبيعي. ويتم اللجوء إلى إجراء هذه

الإختبارات ، والتي تتميز عن الإختبارات المخبرية بدقتها، في حالة المشاريع ذات الأهمية الخاصة، حين يكون لنفاذية التربة دور أساسي في تحديد سلوكها، كما هو الحال في المنشآت المائية (Hydraulic structures) كالسدود والقنوات، أو في حالة أساسات المباني والمنشآت الموجودة في مناطق تتأثر بمنسوب المياه الجوفية.

هـ- اختبارات التحميل (Loading tests) وتستخدم هذه الإختبارات لدراسة خصائص الهبوط والقص وقدرة التحمل للتربة. ومثالها إختبار قرص أو صفيحة التحميل (Plate bearing test) الذي يجري في الحفر الاختبارية عند منسوب التأسيس أو أي منسوب مطلوب. ويتم خلال الإختبار تعريض القرص أو الصفيحة المثبتة على سطح التربة لحمل ستاتيكي (Static load) متصاعد حتى حصول الانهيار أو الوصول إلى حمل معين، مع أخذ ما يلزم من قراءات لإجراء الحسابات اللازمة.

1-9-2 اختبار الاختراق القياسي: (Standard Penetration Test- SPT)

يعتبر هذا الإختبار الحقلي، كما سبق وأشرنا، أحد إختبارات الاختراق الديناميكية للتربة. ويتم إجراء هذا الإختبار في العادة داخل الآبار السبرية (Boreholes) أثناء تحريات الموقع (Site investigation) ، وعلى أعماق مختلفة لتحديد خصائص التربة وقدرة تحملها.

● الفائدة العملية: (Application)

يتم الاستفادة من رقم الاختراق القياسي (عدد الضربات N) لعدة أغراض عملية أهمها:
أ. تحديد الكثافة النسبية للتربة: (Relative density) ويبين الجدول (2- 12) أدناه العلاقة بين عدد الضربات (N) والكثافة النسبية للتربة الرملية حسب ترزاجي وبيك.

جدول (2-12): الكثافة النسبية

الكثافة النسبية (Relative density)	عدد الضربات N
مفككة جدا	أقل من 4
مفككة	4-10
متوسطة الكثافة	10-30
كثيفة	30-50
كثيفة جدا	أكثر من 50

أ. تحديد قوام التربة (Consistency) ومقاومة الضغط اللامحصور (Unconfined strength) للتربة الطينية التركيب، كما هو موضح في الجدول (2-13) أدناه، والقيم الواردة في الجدول تقريبية لكنها ذات فائدة عملية كبيرة.

أ. تحديد قدرة تحمل التربة (Bearing capacity) حيث توصل ترازجي وبيك إلي تلخيص تجربتهما في منحني خاص لتحديد قدرة التحمل المسموح بها (Allowed bearing capacity) حسب عدد الضربات في فحص الاختراق القياسي (SPT) ولمقاسات مختلفة من الأساسات، على افتراض أن منسوب المياه الجوفية (Water table) يقع على مسافة لا تقل عن عرض الأساس (B) من منسوب التأسيس. وتكون قيمة قدرة التحمل قريبة جداً إلى الواقع في حالة التربة الرملية.

أ. تحديد قيمة زاوية الاحتكاك الداخلية للتربة. ϕ

2-9-2 اختبارات التربة المخبرية: (Soil Testing for Construction Purposes)

ورد فيما تقدم، واثاء استعراض أهم خصائص التربة، ذكر معظم الإختبارات التي تجرى في المختبر لتحديد خصائصها الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية. وفيما يلي حصر لأهم هذه الإختبارات المخبرية، وسنشير بشكل أساسي الى المقاييس البريطانية الخاصة بفحوصات التربة لأغراض الهندسة المدنية (BS 10/ (1377/، ومقاييس الجمعية الأميركية للفحوصات والمواد (ASTM//11)، وهما الأكثر شيوعاً واستعمالاً في الممارسة الهندسية في البلاد العربية، مع الإشارة إلى مقاييس الجمعية الأميركية للطرق (AASHTO/ /12) الخاصة بإجراء بعض الفحوصات، وخصوصاً تلك التي تجري في إنشاء الطرق. ويمكن تقسيمها الى المجموعات الرئيسية التالية:

جدول رقم (2-13): فحوصات تصنيف التربة

محتوى الرطوبة	Moisture content	BS 1377 Test No. 1 ASTM D-2216
حد السيولة	Liquid Limit (LL)	BS 1377 Test No. 2 ASTM D-423 AASHTO T-89
حد اللدونة	Plastic Limit (PL)	BS 1377 Test No. 3 ASTM D-424 AASHTO T-90
حد الانكماش	Shrinkage Limit(SL)	BS 1377 Test No. 5 ASTM D-427

الوزن النوعي	Specific gravity	BS 1377 Test No. 6 ASTM D-854
الترج الحبيبي	Sieve analysis	BS 1377 Test No. 7 ASTM D-422

ج - فحوصات الدمك (Compaction tests) وأهمها:

• الدمك القياسي بروكتر (Standard Proctor test)

• الدمك المعدل (Modified compaction)

د - فحوصات النفاذية (Permeability tests)

هـ - الفحوصات الكيميائية (Chemical tests) وأهمها:

• محتوى المواد العضوية Organic matter content²

• محتوى الكبريتات Sulphate content

• محتوى الكبريتات في المياه الجوفية Sulphate content in groundwater

• تحديد الرقم الهيدروجيني PH value

• محتوى الكلوريد في التربة Chloride content

3-9-2 اهدف الاختبارات المخبرية للتربة: (Purposes of Laboratory Soil Testing)

من البديهي أن إختبار التربة في المختبر يهدف إلى التعرف على خصائصها الرئيسية من فيزيائية وكيميائية وميكانيكية، مما يعطي الفرصة لاعتبار هذه الخصائص عند تصميم المبنى أو المنشأ، وأساساته على وجه التحديد ويمكن تلخيص الأهداف الأساسية لإختبار التربة كما يلي:

1- إمكانية التصنيف الدقيق للتربة

2- التعرف على الخصائص المتعلقة بثبات التربة تحت تأثير الأحمال (Strength requirements)

وقوة تحملها للضغط. (Bearing capacity)

3- التنبؤ بمقدار الهبوط (Settlement) الذي سيحصل للمبنى والتأكد من عدم حصول

الهبوط غير المتكافئ (Differential settlement) بين نقاط مختلفة.

4- دراسة تأثير المياه الجوفية (Ground water) إن وجدت على سلوك التربة والتعرف على

إمكانية تغيير منسوبها ارتفاعاً أو انخفاضاً مع ربط هذا بعامل الزمن.

5- تحديد مدى احتواء التربة على الكبريتات (Sulphates) أو الكلوريدات (Chlorides) أو

كليهما معاً لتقرير ضرورة أو عدم ضرورة استعمال الإسمنت المقاوم للكبريتات (Sulphate

resisting cement)

6- دراسة مدى تأثير العوامل الجوية المحيطة (مياه الأمطار، الثلوج، الحرارة.....الخ) على سلوك التربة تحت الأساسات.

7- التعرف على أشكال خاصة من التربة تستلزم التعامل معها بحذر كتربة اللوس الهابطة (Loess or collapsing soil أو التربة المنتفخة أو المتمددة (Swelling orexpansive soil) وغيرهما.

4-9-2 حدود اتربيرج (Atterberg Limits)

يسهل تغيير الحالة التي يوجد فيها الطين أو التربة الطينية، وذلك بتغيير محتوى الرطوبة. فزيادة قليل من الماء إلى عينة من الطين تزيد رخاوتها، وهو أمر يسهل تصوره على كل من تعامل مع التربة بشكل أو بآخر. ولكل شكل من أشكال التربة الطينية مجال من محتوى الرطوبة، تكون التربة فيه بحالة لدنة مثلاً، وهي واحدة من الحالات التي يمكن أن توجد فيها التربة الطينية. ولفهم هذه الحالات، نفرض أن كمية كافية من الماء قد أضيفت لعينة من الطين وحولتها إلى ما يشبه السائل اللزج. إن هذه الحالة التي أصبح عليها الطين هي حالة السيولة (Liquid state). وإذا ما تركت العينة لتجف ببطء، فإن فقدان الماء يقارب حبيبات الطين من بعضها أكثر ويجعلها قادرة على إبداء مقاومة لتغيير شكلها، وهذه هي حالة اللدونة (Plastic state) ومع استمرار فقدان الماء من العينة، فإنها تبدأ بالتقلص (Shrink) وتزداد صلابتها مع احتفاظها بقليل من اللدونة، وهنا نقول بأنها في حالة شبه الصلابة (Semi-solid state) وتنتقل العينة إلى حالة الصلابة (Solid state) مع استمرار جفافها وتقلص حجمها إلى الحد الأدنى.

وفيفيد تحديد هذه الحدود مع معرفة محتوى الرطوبة للتربة في تحديد خصائصها أكثر، حيث يمكن من خلالها إيجاد دليل السيولة (LI) بالمعادلة (5) وكذلك ما يسمى بدليل القوام (I c) بالمعادلة (6) ويشيع استعمال دليل السيولة (LI) أكثر في التعرف على قوام التربة. ويبين الجدول التالي (3-3) العلاقة بين مجال الرطوبة للتربة ودليل السيولة ودليل القوام. كما تساعد معرفة حدود أتربرج في إيجاد فعالية الطين (Clay activity)، وهي خاصية مرتبطة بنسبة الحبيبات الطينية الموجودة في التربة. وقد توصل سكمبتون (Skempton) سنة 1953 إلى أن دليل اللدونة (PI) لعينة التربة التي تحتوي الطين مع حبيبات أكثر خشونة منه يعتمد على نسبة الطين في العينة (Clay fraction)، وأن النسبة بين دليل اللدونة ونسبة الطين هي قيمة ثابتة جرت تسميتها بفعالية الطين.

جدول (14-2) دليل السيولة والقوام

محتوى الرطوبة	دليل القوام Ic	دليل السيولة LI
تحت حد اللدونة PL	$1 <$	سالب
عند حد اللدونة PL	1	صفر
بين حد اللدونة PL والسيولة LL	صفر - 1	صفر - 1
عند حد السيولة LL	صفر	1
فوق حد السيولة LL	سالب	$1 <$

و يتم تصنيف التربة الطينية حسب فعاليتها إلى أربع مجموعات:

1. طين غير فعال >0.75 (Inactive clay)

2. طين عادي $1.25-0.75$ (Normal clay)

3. طين فعال $2-0.25$ (Active clay)

4. طين عالي الفعالية $2.0 < 6.0 \leq$ (Highly active)

5-9-2 الوزن النوعي للتربة: (Specific Gravity of Soil)

جرى تعريف الوزن النوعي للتربة (الحبيبات الصلبة) بأنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى وزن كمية من الماء تشغل نفس الحجم. ولا يشكل إيجاد الوزن النوعي للتربة أدنى صعوبة لو كانت تتكون من حبيبات متشابهة متجانسة، كالرمل النقي الذي يتكون من حبيبات الكوارتز مثلاً، ولكن التربة تتكون في الواقع من عدة أشكال من الحبيبات المعدنية (Mineral particles)، لكل منها وزنها النوعي، ومن هنا، فإن الذي تهدف إليه تجربة إيجاد الوزن النوعي للتربة، هو الوزن النوعي لهذا الخليط من الحبيبات ككل لا يتجزأ.

وتكمن الفائدة العملية لمعرفة الوزن النوعي لحبيبات التربة، في استعمال قيمته في حساب نسبة الفراغات في التربة (Voids ratio) والمسامية (Porosity) ودرجة التشبع بالماء (Degree of

(saturation)، وكذلك في حسابات تجربة التدرج الحبيبي للتربة بالهيدروميتر. وتتراوح القيمة العددية للوزن النوعي للتربة المتماسكة (غير العضوية) بين 2.68-2.72، وتبلغ حوالي 2.67 للتربة الرملية غير المتماسكة.

5-9-2 كثافة التربة: (Bulk Density of Soil)

تعتبر كثافة التربة من أهم الخصائص التي يجري تحديدها لغرض استعمالها في عدّة مجالات مهمة في حسابات التربة والأساسات، منها على سبيل المثال:

1. حساب ضغط التربة على الجدران الاستنادية. (Retaining walls)

2. دراسة اتزان المنحدرات الترابية. (Slope stability analysis)

3. حسابات هبوط التربة. (Settlement)

4. توزيع الاجهادات في التربة تحت القواعد. (Stress distribution)

5. حساب حجوم أعمال الحفريات في التربة.

ويمكن إيجاد كثافة التربة عن طريق الفحوصات التي تجري في الموقع مباشرة، وتسمى بفحوصات الكثافة الحقلية (Field density tests)، أو عن طريق فحوصات بسيطة يمكن إجراؤها في المختبر

6-9-2 التدرج الحبيبي: (Particle size distribution of soil)

المقصود بالتدرج الحبيبي للتربة، هو فرز الحبيبات ذات المقاسات المتشابهة في العينة وإيجاد نسبة كل منها إلى الوزن الكلي للعينة. ويجري التعبير عادة عن النسبة المئوية للمواد الأكثر نعومة من قياس معين (Percentage finer)، أو نسبة المواد التي تمر من منخل معين، كما سنرى فيما بعد. وهناك طريقتان مختلفتان لإيجاد التدرج الحبيبي لعينات التربة، وهما طريقة التنخيل أو الغربلة (Sieving) وطريقة الترسيب. (Sedimentation).

وأما الضرورة العملية لمعرفة التدرج الحبيبي للتربة فتكمن في:

أن التدرج الحبيبي للتربة هو المفتاح الأول والأساسي لتصنيف التربة للأغراض الإنشائية (Soil classification for engineering purposes)، حيث تقسم التربة إلى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحتويها، ويساعد منحنى التدرج الحبيبي للتربة في تصنيفها إلى تربة منتظمة التركيب (Uniform) أي تتكون من حبيبات متشابهة القياس أو (جيدة التدرج) (Well graded) تتوزع فيها مقاسات الحبيبات من الصغير إلى الوسط إلى الكبير، أو (سيئة التدرج - Poorly-graded) لا تحتوي على قياسات وسطية، أي أنها تتكون من حبيبات كبيرة وصغيرة دون ما هو بينهما وهناك قيمتان يجري إيجادهما من منحنيات التدرج الحبيبي للتربة، وتساعدان في تصنيف التربة، وهما:

معامل الانتظام : (Uniformity coefficient)

ومعامل تجويف (تقعر) المنحنى : (Concavity coefficient)

حيث ترمز D_{10} ، D_{30} ، D_{60} ، إلى قياسات الحبيبات التي تبلغ نسبة الأنعم منها في العينة 10 بالمئة، 30 بالمئة و 60 بالمئة على التوالي. وتطلق على القياس D_{10} تسمية القياس الفعال (Effective size).

وهناك استعمال مهم جداً للتدرج الحبيبي للتربة في الهندسة الجيوتقنية وأعمال الإنشاءات يمكن تلخيصه كما يلي:

أ- اختيار مواد الردميات أو المواد المائلة (Fill material) ، حيث تحدد المواصفات المختلفة حدوداً معينة للتدرج الحبيبي للمواد المستعملة لأغراض الردميات في أعمال السدود والمباني وغيرها.

أ- اختيار مواد الطبقات الترابية لأعمال الطرق، مثل طبقة ما تحت الأساس (Sub base) والأساس (Base) وغيرها.

أ- اختيار المواد المناسبة للعمل كمرشحات (Filters) ، حيث يلزم أن يكون للمواد المستخدمة لهذا الغرض تدرج حبيبي محدد.

أ- اختيار المواد المناسبة للاستعمال في الخلطات الخرسانية، كالرمل والركام (Fine and coarse aggregates) التي تحدد لها المواصفات مجالات التدرج الحبيبي المناسبة للخلطة الخرسانية المطلوبة.

أ- اختيار الطريقة الأنسب لأعمال التقوية والحقن الكيميائي للتربة (Grouting and chemical injection) ، حيث يعتمد اختيار المواد ومدة الحقن على التدرج الحبيبي للتربة

أ- تساعد معرفة التدرج الحبيبي للتربة في تقرير فاعلية تحسين خصائصها بواسطة الدمك (Compaction) ، حيث تعتمد نسبة الدمك التي من الممكن بلوغها لنوع معين من التربة على التدرج الحبيبي لهذه التربة إلى حد كبير .

7-9-2 التدرج الحبيبي للتربة بطريقة الغسل: (Particle Size Distribution By Wet Sieving)

تستعمل هذه الطريقة للتخيل عندما تحتوي عينة التربة على نسبة من الطين أو الطمي أو كليهما، والتي تكون عادة متماسكة الحبيبات ولا تذوب إلا بالغسل. وتستعمل الطريقة سواء كبرت نسبة المواد الناعمة في العينة قياساً إلى المكونات الخشنة، أو صغرت هذه النسبة في العينة

8-9-2 القوام عند حد اللدونة: (Consistency near plastic limit)

تزال من عينة التربة جميع الحبيبات المتبقية على منخل رقم (40). تُشكل عينة ذات حجم تقريبي يساوي مكعباً طول ضلعه 10 مللى مترات من التربة الرطبة والمضاف إليها قليل من الماء إلى خيوط قطرها 3 ملمتر، ويتم تشكيل العينة بواسطة اليد على سطح أملس أو بين راحتي اليد. يعاد

عجن وتحويل العينة إلى خيوط مما يترتب عليه نقص تدريجي في محتوى رطوبتها وتصلبها، وفي النهاية تقعد لدونتها، وتتفتت عندما يبلغ محتوى رطوبتها حد اللدونة. وكلما ازدادت متانة الخيوط (Toughness) عند اقتراب محتوى رطوبتها من حد اللدونة، وازدادت صلابة الكتلة عند تفتتها، كان ذلك دليلاً على احتوائها نسبة عالية من الطين. أما إذا أبدت العينة ضعفاً عندما يكون محتوى رطوبتها مساوياً لحد اللدونة ونقصاً سريعاً في تماسك الكتل التي يقل محتوى رطوبتها عن حد اللدونة، فهذا دليل على أن العينة من الطين منخفض اللدونة (Low plastic clay) غير العضوي، أو مواد مثل الطين المحتوي على الكاولين (Kaolin) ويلاحظ أن الطين المحتوى على كمية كبيرة من المواد العضوية يكون ضعيفاً وله ملمس اسفنجي عند حد اللدونة.

2-9-9 سرعة الترسيب (تجربة الانتشار) : (Dispersion test)

تؤخذ عينة من التربة (حوالي 100-50 غرام) وتوضع في أنبوب زجاجي أسطواني (Jar) بداخله ماء. إذا كانت التربة من الطمي، فإن حبيباتها تترسب في قعر الأنبوب خلال 15 دقيقة إلى ساعة. وأما إذا كانت الحبيبات الطينية هي الغالبة فيها، فإن ترسبها يستغرق ساعات طوالياً أو حتى بعض الأيام. ويمكن استعمال هذا الفحص للكشف عن الرمل، إذ لا تستغرق حبيباته أكثر من دقيقتين لتترسب في قعر الأنبوب الزجاجي. ويمكن وصف التربة المتماسكة حسب قوامها (Consistency) بأنها قاسية (Hard) إذا تشوهت بسهولة بظفر إبهام اليد، وصلدة جداً (Very stiff) إذا كانت سهلة التشوه بظفر الإبهام لكنها صعبة الاختراق، وصلدة (Stiff) إذا تشوهت بسهولة بظفر الإبهام، ورأسخة (Medium stiff) إذا أمكن اختراقها عدة سنتمترات بالإبهام ببذل جهد متوسط، أما الطرية (Soft) فهي التي يمكن اختراقها بالإبهام عدة سنتمترات بسهولة، والطرية جداً (Very soft) التي يمكن اختراقها عدة سنتمترات بقبضة اليد بسهولة.

2-10-9 اختبارات القص للتربة:

2-10-9-1 اختبار القص المباشر (Direct shear test) :

ويتم إجراؤه داخل ما يسمى بصندوق القص (Shear box) ، حيث تؤخذ ثلاث عينات متشابهة، ويتم تعريض كل عينة لحمل عمودي مختلف (σ) ، وتكون نتيجة الفحص رسم المنحنى وبعدها يتم تعريض كل عينة لقوة قص أفقية τ ، ومنه يتم إيجاد قيم زاوية الاحتكاك الداخلي ϕ والتماسك C.

2-10-9-2 اختبار القص ثلاثي المحاور : (Tri-axial shear test)

وهدم فيه تعريض ثلاث عينات اسطوانية الشكل (طولها ضعف قطرها) إلى ضغط من كل الجهات داخل وعاء اسطواني محكم يسمى خلية (Cell) ، وذلك من خلال ضخ ماء داخل الخلية ليحيط بالعينة التي تكون محفوظة داخل غشاء مطاطي (Rubber membrane) ، ويكون هذا الضغط ثابتاً ويرمز له (σ_3) ومع وجود (σ_3) حول العينة، يتم التأثير بحمل

عمودي خارجي متصاعد تدريجياً حتى انهيار العينة ، ويتم في نهاية هذا الفحص رسم المنحنى $(\tau \rightarrow \sigma)$.

ونشير هنا الى تعدد طرق اجراء الفحص في الجهاز ثلاثي المحاور، أما الاشكال الثلاثة الرئيسية للفحص فهي:

أ- الفحص على عينة غير متاغطة غير مصرفة (Unconsolidated-Untrained UU) فيه يتم السماح بحصول التصريف في العينة أثناء تعرضها للحمل من كل الجوانب العينة حتى إتمام تضاعفها. بعدها يتم التأثير بالضغط الخارجي دون السماح بحدوث التصريف.

أ- الفحص على عينة متضاعطة غير مصرفة (Consolidated-Untrained CU) وفيه يتم السماح بحصول التصريف في العينة أثناء تعرضها للحمل من كل الجوانب الذي يستمر تأثيره على العينة حتى إتمام تضاعفها. بعدها يتم التأثير بالضغط الخارجي دون السماح بحدوث التصريف.

أ- الفحص على عينة متضاعطة مصرفة (Consolidated-Drained CD) وفيه يتم السماح بحصول التصريف من العينة أثناء تعريضها للحمل من كل الجوانب وكذلك أثناء تعريض العينة للضغط الخارج يبعد انتهاء تضاعفها

2-9-10-3 فحص التربة المتماسكة (الطينية) :

يجري فحص القص للتربة الطينية المتماسكة في صندوق القص المباشر بنفس الطريقة التي يجري للتربة غير المتماسكة، باختلاف بسيط يتمثل في أن العينة في هذه الحالة تكون سليمة التركيب (Undisturbed) ، ويجري قطعها من عينة أكبر وادخالها في صندوق القص. ويتم هنا إنهاء تضاعف العينة (Consolidation) تحت تأثير الحمل العمودي قبل القيام بفصل جزئي صندوق القص ، وذلك لضمان عدم خروج العينة الطرية من الصندوق عند القيام بعملية الفصل.

2-9-10-4 فحص القص بالريشة : (Vane Shear Test)

يلجأ لهذا الفحص الحقلي السريع لقياس مقاومة القص (Shear strength) للتربة الطينية ذات القوام الطري (Soft) ، ولا يمكن الاعتماد بنتائجه للأشكال الأخرى من التربة، وكذلك عندما يكون الطين محتويًا على رمل (Sand) أو طمي (Silt). ولهذا السبب، فهذا الفحص محدود الاستعمال وغير منتشر في بلادنا العربية، بينما هو منتشر أكثر في أوروبا (خصوصاً في بريطانيا والدول الاسكندنافية) والولايات المتحدة الأمريكية. وسنعرض فيما يلي فكرة هذا الفحص وحسابات نتائجه باختصار.

11-9-2 فحوصات دمك التربة: (soil compaction test)

تهدف فحوصات الدمك التي تجري للتربة في المختبر إلى معرفة درجة الدمك القصوى الممكنة لها. ويتم الفحص عادة لإيجاد محتوى الرطوبة للتربة، الذي تحصل عنده (بعد دمكها) على أقصى كثافة، ويسمى محتوى الرطوبة هذا بمحتوى الرطوبة المثالي - (Optimum moisture content - OMC)، والكثافة الجافة عنده بالكثافة الجافة القصوى (Maximum dry density - MDD)، وتكون نتيجة الفحص الحصول على منحنى العلاقة بين محتوى الرطوبة للتربة وكثافتها الجافة. وعندما تكون الكثافة الجافة القصوى للتربة معروفة (كثافة المختبر)، يصبح من السهل إيجاد نسبة دمك التربة في الموقع (Degree of compaction)، وذلك بإيجاد الكثافة الجافة للتربة في الموقع، بعد دمكها، ونسبتها إلى الكثافة الجافة القصوى.

وتكون هذه النسبة واضحة ومحددة في المواصفات الخاصة بكل مشروع، و تتراوح بين 90 و 100 بالمئة حسب المكان الذي يتم دمكه.

وأما فحص الدمك في المختبر، فيتلخص بدمك التربة على طبقات عند نسب مختلفة من محتوى الرطوبة (تصاعدياً) داخل قوالب معدنية أسطوانية (Molds) باستخدام مطارق خاصة (Rammers)، وإيجاد الكثافة الجافة للتربة عند كل محتوى رطوبة تمهيداً لرسم المنحنى الخاص وبخصوص الأدوات المستعملة للفحص، فإن المهندس ر. بروكتور (R.Proctor) الذي كان أول من ابتكر الفحص سنة 1933 في الولايات المتحدة الأمريكية، قد أجراه في قالب أسطواني قطره الداخلي 4 إنش وحجمه (1\ 30) قدم مكعب، وباستعمال مطرقة حديدية وزنها 5.5 باوند (2.5 كيلو جرام). والفحص بهذه الأدوات أصبح يعرف بفحص بروكتور (Proctor test)، أو فحص الدمك القياسي (Standard compaction test)، وذلك لتمييزه عن الفحص الآخر المشابه، والذي يدعى بفحص الدمك المعدل (Modified compaction test)، والذي يتم إجراؤه باستعمال مطرقة وزنها 10 باوند (4.5 كيلو غرام) أي باستعمال جهد مضاعف تقريباً.

12-9-2 اختبار نسبة تحميل كاليفورنيا: (California Bearing Ratio-CBR Test)

يعتبر اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا واحداً من الاختبارات الهامة التي تجري للتربة في هندسة الطرق. ويرمي هذا الاختبار إلى معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس للطريق (Base) أو أساس مساعد (Sub-base) أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق. وقد جاءت تسمية هذا الاختبار نسبة إلى قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية (California Division of highways)، الذي كان أول من أطلق هذا الاختبار سنة 1929.

ويمكن تلخيص مبدأ هذا الاختبار كما يلي: يتم غرز أداة قياسية أسطوانية الشكل (مكبس) في التربة وبسرعة محددة، ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز أو مقاومة الغرز وقيمة الغرز (المسافة) (Load-Penetration relationship) يمكن إيجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR). وتعرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR-value) بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لგრز المكبس للأسطوانة (مساحته 3 انش مربع) مسافة معينة داخل عينة مدموكة من التربة لها رطوبة وكثافة، معينتين، وبين الأحمال القياسية اللازمة لגרز المكبس لنفس العمق في عينة قياسية من الأحجار المكسرة (Crushed stone)، أي أن:

وبما أن قيمة تحمل كاليفورنيا تلزم للتربة المدموكة، فإن الفحص في المختبر يجري على عينة التربة بعد إيصالها إلى نسبة الدمك المطلوبة، أي عندما تكون لها كثافة مشابهة لكثافة التربة المطلوبة بعد دمكها، وكذلك، عند نفس محتوى الرطوبة (محتوى الرطوبة المثالي). ولهذا، فإن فحص الدمك لعينة معينة من التربة يسبق فحص نسبة تحمل كاليفورنيا لها، لأنه يعطي محتوى الرطوبة المثالي للتربة (Optimum moisture content) والكثافة الجافة القصوى للتربة (Maximum dry density)

ويتم تحضير العينات لفحص نسبة تحمل كاليفورنيا داخل قوالب معدنية أسطوانية شبيهة بتلك التي يجري فيها تحضير العينات لفحص الدمك (مقاسات القالب حسب مواصفات الجمعية الأمريكية للطرق AASHTO هي قطر مساو لـ 6 انش وارتفاع 7 انش)، ويمكن استعمال القوالب المستعملة في فحص الدمك لتحضير عينة فحص نسبة تحمل كاليفورنيا، وذلك بدمك التربة حسب عدد الطبقات والضربات وباستعمال المطارق المختلفة كما هو موضح في الجدول (2-17) أدناه.

جدول رقم (2-15) يوضح طريقة دمك التربة

عدد الضربات	عدد الطبقات	المطرقة المستعملة	نوع الدمك
62	3	2.5 كجم	-الدمك القياسي حسب المواصفات البريطانية (BS 1377- Test No. 12)
62	5	4.5 كجم	الدمك المعدل حسب المواصفات البريطانية (BS 1377- Test No. 13)
56	3	5.5 باوند	-الدمك القياسي حسب المواصفات الأمريكية (AASHTO T-90)
56	5	10.0 باوند	الدمك المعدل حسب المواصفات الأمريكية (AASHTO T-180)

ونشير هنا، إلى أنه وبعد تحضير عينات التربة داخل القوالب يجري غمرها في الماء (Soaking) لمدة 96 ساعة حسب مواصفات (AASHTO) وذلك للتربة التي تحتوي نسبة من الطين، بينما من الممكن أن تقتصر هذه الفترة على 24 ساعة للتربة الحصوية التي يرشح منها الماء بشكل أسرع ويجري أثناء الغمر قياس قابلية العينة للانتفاخ (Swelling) ، حيث يمكن إيجاد نسبة الانتفاخ للعينة في قالب (AASHTO) القياسي من العلاقة:

وأخيراً، نشير إلى القيمة العملية لهذا الاختبار، فهو:

1. يساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق
2. يساعد في تصميم سُمك رصفة الطريق. (Pavement thickness)

10-2 التربة القابلة للانتفاخ Swelling Soil :

توجد بعض أنواع الطين اللدن لها المقدرة على الانتفاخ أو الانتفاش عند اضافة الماء لها وتتكشف عند فقد هذا الماء ،والأساسات المقامة على هذا الطين تتعرض لقوى رافعة بسبب انتفاخ هذا الطين تسبب أضرار بالغة قد تؤدي الى الانهيار الكامل .وتتوقف قيمة الانتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين خاصة الطين الفعال مثل المنتمولر يلينيث وانخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .والتربة القابلة للانتفاخ تكون صلبة ذات قيمة عالية للقص في حالتها الجافة الابتدائية ،أما في حالتها الرطبة فانها تفقد تلك الصفات

(أ.د السيد عبد الفتاح القسبي)

2-11 مصاعب التربة القابلة للانتفاخ:

تتصف هذه التربة بمقدرتها على الانتفاخ أو الانكماش المصاحب للتغير في محتوى الرطوبة لها. وعند التأسيس على هذه التربة يجب الأخذ في الاعتبار عند التصميم احتمالات الحركة من جانب هذه التربة والضغوط الناتجة عن انتفاخها، ويرجع انتفاخ هذه التربة إلى امتصاص الماء الحر بواسطة معادن الطين الداخلة في تركيبه وخاصة المنتموريلينيث وتتوقف درجة الانتفاخ على عوامل كثيرة منها نوع معدن الطين ونسبة وجوده وكثافة التربة ونسبة الحبيبات النشطة الطينية إلى الحبيبات غير النشطة الطينية ومحتوى الماء الطبيعي والتكوين النباتي للتربة والجهد الواقع على التربة.

يصبح وجود التربة الانتفاخية مشكلة إذا توافرت العوامل الثلاثة التالية:

- أ. أن تحتوي التربة على مكونات معدنية (Mineral components) ذات الخواص الانتفاخية العالية
- أ. أن تتعرض هذه التربة لتغيرات كبيرة في محتوى الرطوبة.
- أ. طبقة التربة المحتوية على مواد انتفاخية يجب أن تكون بسمك كاف لكي تحدث حركة تكفي لأحداث الضرر على سطح الطبقة ، وعموما لو زادت نسبة التمدد الحجم لتربة الأساسات عن (3 %) فإنها تؤدي إلى إحداث أضرار بنسبة متفاوتة للمنشآت ما لم تكن أساساتها مصممة بطريقة خاصة لمواجهة ذلك. (Specially designed Foundations)

2-12 مشاكل التربة الانتفاخية:

طبقا لبعض الإحصاءات فإن الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة. وتشمل هذه المنشآت المباني وأيضا الطرق (Roads) والكباري (Bridges) وخطوط الأنابيب (Pipelines) وأيضا كل المنشآت غير المرنة (Rigid structures) والتي تركز على أو تمر من خلال التربة الانتفاخية. والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط (Pressure changes) تحت المنشأ من مكان لآخر، وهذا بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة (Moisture content) في التربة الحاملة للأساسات. فنجد أن المباني الصغيرة، الكباري والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية وذلك مقارنة بضغوط الانتفاخ بها.

13-2 تصنيف التربة الانتفاخية Potential swell classification:

جدول رقم (2-16) يوضح تصنيف التربة الانتفاخية

Potential swell classification	Potential swell (%)	Plasticity index	Liquid limit
Low	< 0.5	< 25	< 50
Marginal	0.5-1.5	25-35	50-60
High	> 1.5	> 35	> 60

14-2 معالجة التربة القابلة للانتفاخ

إذا كانت التربة تعطي طاقة انتفاخ منخفضة فإن المنشآت تصمم وتنفذ بالطريقة المعتادة. أما إذا كانت التربة تعطي طاقة انتفاخ عالية فإنه يجب توخي الحذر في التصميم والتنفيذ على هذه التربة والتعامل معها، ويتلخص التعامل مع التربة القابلة للانتفاخ عند التأسيس عليها فيما يلي:

1. استبدال التربة القابلة للانتفاخ Soil Replacement

من أبسط الطرق لمعالجة هذه التربة، ويجب دراسة عملية الاستبدال من حيث نوع التربة المستخدمة وعمق وامتداد الاستبدال وطريقة الدمك، وعادة ما تكون التربة المستخدمة تتراوح من تربة زلطية إلى تربة رملية. أما عمق الاستبدال فيجب ألا يقل عن 0.5 متر بأي حال من الأحوال ويكون حوالي 1 متر للتربة المتوسطة الانتفاخ وحوالي 1.5 متر أو أكثر كل منها لا يزيد عن 30 سم مع الدمك الجيد لكل طبقة تغيير طبيعة التربة القابلة للانتفاخ

أ- الدمك: انتفاخ التربة يقل عندما تكون هذه التربة مدموكة لأقل كثافة على الجانب الأعلى لمحتوى الرطوبة الأمثل (3-4%)

أ- البلل المسبق: هذا الأسلوب يستخدم لزيادة المحتوى المائي للتربة فيحدث لها أكبر انتفاخ قبل التأسيس عليها، وعملية البلل المسبق تأخذ وقتاً لأن الطين اللدن نفاذيته منخفضة.

ج- إقامة حواجز الرطوبة: التحكم في الرطوبة في التربة المنتفخة يمكن أن يقلل الانتفاخ والانتفاخ النسبي، وحواجز الرطوبة قد تكون رأسية بعمق 1.5 متر حول المحيط الخارجي للمبنى وتعوق هذه الحواجز الرأسية مسار المياه المتجهة إلى أسفل المبنى ويمكن إنشاء الحواجز الرأسية باستخدام أغشية من البلاستيك أو حواجز من الخرسانة أو الانسجة الغير منفذة.

كما يمكن إقامة حواجز التحكم الأفقية حول المبنى بالأغشية الغير منفذة أو بالرصف. كما يمكن التحكم في الرطوبة عن طريق الصرف السطحي وتحت السطحي للمياه وذلك لوقف مسار المياه الحرة الحركة وخفض منسوب المياه المتسربة إلى أسفل المبنى وإعاقة حركة المياه نتيجة الخاصية الشعرية.

2. تثبيت التربة: تثبيت التربة ببعض المواد مثل الجير والاسمنت مفيض في خفض الانتفاخ للتربة، ويتم تثبيت التربة بعدة طرق منها خلط مادة التثبيت بالطبقة العليا من التربة ثم دمكها ويمكن استخدام هذه الطريقة لأعماق من 1 إلى 1.5 مترا ومن طرق التثبيت أيضا الحقن بمحاليل الجير إلى أعماق تصل إلى 5 أمتار.

3. عمل الاحتياطات اللازمة للمنشأ بحيث يقاوم الانتفاخ المتباين بدون انهيار أو التأسيس على أساسات عميقة أسفل المنطقة الفعالة للانتفاخ.

من الممكن الاستغناء عن المعالجة في حالة التمكن من تغيير الموقع المرشح للإنشاء بموقع آخر ولكن عند تعذر تغيير الموقع فإنه ينتقي من هذه التقنيات ما يناسب الموقع المرشح، وهذه التقنيات هي كالتالي:

- عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية.
- معالجة التربة لتقليل التغيرات الحجمية.
- الصرف والتحكم في مياه الأمطار.
- احتياطات تتعلق بالمزروعات المجاورة للمنشأ.

الخلاصة :

يرى الباحث أن الانهيارات المفاجئة تحصل نتيجة عدم الدراسة الوافية للتربة .وهناك وسائل كثيرة لمعرفة باطن الأرض ويوجد علم كامل يسمى (علم الجيوتكنيك) مختص بدراسة التربة قبل التنفيذ وتحديد مقاومة التربة.

يعتمد كثير من المهندسين على الحدس في تقدير مقاومة التربة أو يأخذون عيناتهم من السطح أو من أعماق قريبة ،وغالبا ما تكون هذه العينات مقبولة الا اذا وجد تكهف تحت البناء أو طبقة من الكلس قابلة للانحلال بالماء . وهنا تبدأ المشاكل قبل البدء بالتفصيل .

الباب الثالث

الإختبارات العملية ☐

الباب الثالث

الإختبارات المعملية

1-3 مقالع التراب الخرساني :

مقلع يطلق على المنطقة التي تتوفر فيها مواد التراب الخرساني بكميات عملية (كبيرة) وتكون مطابقة للمواصفات العامة المطلوبة في رصف الطرق وصالحة للاستخدام في الطبقات المختلفة. اختيار مكان المقلع يعتمد على حجم المواد التي يمكن أن يتم استخراجها منه وكذلك تكلفة نقل هذه المواد للطريق. يجب إجراء عدة اختبارات للمواد في المقلع للتأكد من جودتها و مطابقتها للمواصفات والتي يشترط فيها وجود قوى تماسك واحتكاك بين حبيباتها وذلك لضمان ثباتها أيضاً يشترط قلة قابليتها للانضغاط نظراً لبطء إنضغاط التراب ذو القابلية الكبيرة للانضغاط وما يترتب على استمرار انضغاطه بعد فتح الطريق للمرور من عدم انتظام واستقرار لسطح الرصف ، كما يشترط أيضاً إمكانية الحصول علي كثافة عالية عند دمكها لتتحمل الاجهادات الكبيرة المسلطة عليها. ومن هذه المقالع الآتي :

1. **مقلع بربر** : يقع المقلع في الشمال الشرقي من مصنع اسمنت بربر ويبعد حوالي 2 كيلو متر من المصنع .

2. **مقلع سيدون** : يقع المقلع في الجنوب الشرقي من مدينة عطبرة ويبعد حوالي 35 كيلو متر من مدينة عطبرة

3. **مقلع العالياب** : يقع المقلع في الجنوب الشرقي من مدينة الدامر ويبعد حوالي 42 كيلو متر من مدينة عطبرة

2-3 الإختبارات المعملية :

1-2-3 المحتوى الرطوبي (المائي) Moisture(water)content:

هو نسبة الرطوبة الموجودة في التربة -

1-1-2-3 **الغرض**: اختبار لتصنيف التربة كما نحتاجها لتحديد الكثافة الجافة للتربة كما انها تدخل في جميع الحسابات

للاختبارات الاخرى.

2-1-2-3 الأدوات:

- فرن بدرجة حرارة $110^{\circ}C - 105^{\circ}C$.

- ميزان حساس بدقة 0.01 جرام.

- علب نظيفة جافة ومرقمة.

3-1-2-3 طريقة الاختبار

- زن العلب وهي فارغة بعد التأكد من نظافتها وخلوها من الرطوبة ولتكن (w1)
- ضع عينة التربة الرطبة في العلبة . تم اوجد وزن العلبة والتربة الرطبة معا ولتكن (w2)
- ضع عينة التربة بعد وزنها في فرن التجفيف وعند درجة حرارة تتراوح بين 110°C - 105°C ولمدة لا تقل عن 12 ساعة ، ويفضل ان تكون 24 ساعة.
- استخرج العلبة من الفرن بعد التأكد من جفافها ومن ثم اوزن العلبة والعينة جافة وليكن الوزن (w3)
- كرر الخطوات السابقة ، مع اخذ متوسط للمحتوى المائي

2-2-3 الكثافة النوعية :

هي نسبة وزن من التربة الجافة مقسومة على وزن معلوم من الماء مساوي لحجم التربة

1-2-2-3 الغرض: اختبار لتصنيف التربة كما انها تدخل في الحسابات مثل Hydrometer & Consolidation

Consolidation

2-2-2-3 الأدوات:

- قارورة الكثافة النوعية Density Bottle Pycnometer Jar.

- فرن بدرجة حرارة 110 °C - 105 °C .

- ميزان حساس بدقة 0.01 جرام.

- قارورة غسيل Washing Bottle.

3-2-2-3 طريقة الاختبار:

- خذ عينة من التربة ووضعها في الفرن لمدة 24 ساعة.
- غربل العينة بغربال رقم (m40) (0.425 mm).
- أوزن الجهاز (Density Bottle) فارغ ونظيف وجاف ، وليكن (w1)
- أوزن الجهاز وبه كمية من العينة الجافة وليكن (w2)
- أوزن الجهاز وبه العينة ومملوء تماماً بالماء وليكن (w3)
- أوزن الجهاز وهو مملوء تماماً بالماء فقط وليكن (w4)
- كرر الخطوات السابقة مع اخذ متوسط للكثافة النوعية

3-2-3 حدود اتربيرج اختبار حد السيولة LL (Atterberge Limits)

نظرياً : هي اقل نسبة لمحتوي الرطوبة التي تتحول فيها التربة من الحالة اللدنة الى الحالة السائلة.

عملياً : المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة علي جهاز كازاكراند بعد 25m ضربة مسافة 13

mm

1-3-2-3 الغرض: إيجاد حد السيولة للتربة الطينية.

2-3-2-3 الأدوات:

- جهاز كازجراند بملحقاته
- سكين طولها لا يقل عن (75 mm)
- فرن بدرجة حرارة $110^{\circ}C - 105^{\circ}C$.
- ميزان حساس بدقة 0.01 جرام.
- غربال رقم m40 مقاس (0.245 mm)
- علب نظيفة جافة ومرقمة.

3-3-2-3 طريقة الاختبار:

- هز العينة بعد تجفيفها إن كانت رطبة بغربلتها على غربال 0.425 mm وفي تلك الاثناء قم بوزن العلب وهي فارغة
- ضف كمية ماء مناسبة واخلطها مع العينة جيداً واتركها لليلة.
- اخلط العينة جيداً في اليوم التالي وضعها في الجهاز وقم بقسم العينة الى قسمين بواسطة القاطع وابدأ في تشغيل الجهاز (يرتفع أناء الجهاز الحامل وينخفض).
- قم بتسجيل عدد الضربات وبأخذ عينة من منطقة التقاء طرفي العينة
- ضع العينة في العلبة بعد وزنها (العلبة والعينة رطبة) في الفرن لدرجة حرارة $110^{\circ}C - 105^{\circ}C$.
- بعد 24 ساعة اوزن العلبة والعينة جافة.
- احسب المحتوى المائي للجميع العلب وقم برسم النتائج المتحصلة في ورقة رسم لوغاريتمي ، في المحور السيني
- عدد الضربات وفي المحور الصادي المحتوى الطوبى المقابل توصل مع بعضها البعض بخط مستقيم مائل من اعلى
- الى اسفل وبعد ذلك يعين حد السيولة بأخذ قيمة المحتوى المائي المقابل لعدد ضربات 25 ضربة.

4-2-3 حدود اتربيرج اختيار حد اللدونة PL Atterberge Limits (Plastic Limit) :

- نظرياً :** هدى اقل نسبة لمحتوي الرطوبة تكون فيها التربة لدنة.
- عملياً :** هو المحتوى المائي عندما يبدأ خيط من التربة قطرة 3 mm في التشقق والتفتت بعد دحرجته على لوح زجاجي.

1-4-2-3 الغرض : إيجاد حد اللدونة للتربة.

3-2-4-2 الأدوات:

- لوح زجاجي او بلاستيكي
- فرن بدرجة حرارة $105^{\circ}C$ - $110^{\circ}C$.
- ميزان حساس بدقة 0.01 جرام.
- غربال رقم 40 مقاس (0.425 mm)
- علب نظيفة جافة ومركمة.

3-2-4-3 طريقة الاختبار :

- اخلط حوالي 15 gm من التربة بعد مرورها من منخل رقم 40 واخلطها مع الماء المقطر حتي تشكل عجينة ذات قوام منتظم . وفي تلك الاثناء قم بوزن العلب وهي فارغة
- شكل كرة بين اصابع اليد بقطر 10mm وقم بدحرجتها على اللوح الزجاجي حتي تتحول الي خيط بسمك 3 mm ويظهر عليها شقوق.
- ضع التربة المتفتتة في العلبه بعد وزنها في الفرن لإيجاد المحتوى المائي.
- كرر الخطوتين اعلاه بمحتويات ماء مختلفة.

- اذا لم تظهر الشقوق على الخيط يعاد تشكل الخيط الى كرة وتكرر العملية الي ان يتفتت الخيط عند 3 mm

3-2-5-2 التدرج الحبيبي Grain Size Distribution :

- تجرى التجربة على الجزء الخشن من التربة والذي نزيد اقطار حبيباتها عن 0.074mm ولذلك فهي تجرى على الزلط والرمل

- 3-2-5-1 الغرض: اختبار تصنيفي يجرى لمعرفة نوع التربة ولتحديد نسب العناصر الموجودة في التربة (Gravel, Sand , Silt , Clay)

3-2-5-2 الأدوات:

- مجموعة من المناخل القياسية وصينية وغطاء.
- ميزان حساس بدقة 0.01 جرام.
- صندوق التقسيم Riffle Box.
- هزاز ميكانيكي.
- فرشاه سلك.
- فرشاة شعر.

3-5-2-3 طريقة الاختبار:

- اوزن حوالي 500 gm كعينة من التربة بحيث تكون جافة واحجام حبيباتها تتناسب مع فتحات المناخل المختارة.
- رتب فتحات المناخل من الأعلى الي الاسفل تبعا لأقطار فتحاتها.
- ضع التربة علي المناخل وابدأ بهزها باليد لمدة نصف ساعة او باستخدام الهزاز الميكانيكي لمدة لا تقل عن عشر دقائق
- اوزن المتبقي علي المناخل كل على حدا ويمكن استخدام الفرشة لإزالة الحبيبات العالقة.
- ارسم علاقة بين نسبة المار في الإحداثي الصادي ولو غاريثم قطر حبيبات التربة في الإحداثي السيني و اوجد الاقطار المناسبة للنسب 6% , 30% , 10%

6-2-3 الدمك إختبار بروكتور المعدل Compaction Modified Proctor Test

الدمك هو عملية طرد الفراغات من التربة لتحسين خواصها بزيادة قوة تحملها

1-6-2-3 الغرض:

- تحديد اقصى كثافة جافة Maximum Dry Density.
- تحديد المحتوى الرطوبي الأمثل Optimum Moisture Content ومن ثم تحديد جودة التربة لاستعمالها في الردميات

2-6-2-3 الأدوات:

- قالب الدمك (Compaction Mould) بقطر 10 cm وطول 12 cm
- مطرقة الدمك (Compaction Hammer) بوزن 4.5Kg وطول 30 cm
- فرن درجة حرارته بين $105^{\circ}C$ - $110^{\circ}C$ درجة مئوية
- ميزان يزن اكثر من 10Kg
- ميزان يزن لمنزلتين عشريتين 0.01g . لقياس المحتوى الرطوبي
- عفريته استخراج عينات (Jack)
- إناء لعجن التربة (Tray)
- سكاكين لتسوية العينة
- اسطوانة مدرجة لقياس الماء المضاف
- غلب مرقمة بأغطية لتحديد المحتوى الرطوبي

3-6-2-3 طريقة الاختبار:

- جفف عينة التربة المراد اختبارها في درجة الحرارة العادية
- غربل العينة بغربال قطر 19mm

- أوزن حوالي 3.5 كيلو جرام من العينة المغريلة
- أضف ماء حوالي (9-10%) من وزن التربة وحوالي (4-3%) للتربة الرملية او الصخرية
- أعجن التربة جيدا حتى تصير متجانسة
- اوزن القالب فارغ مع قاعدته (من دون الطوق او الملحق الخاص به)
- ثبت الطوق بإحكام على القالب
- ادمك العينة بواسطة المطرقة على خمس طبقات لكل طبقة 56a ضربة
- أزل الطوق عن القالب ثم ازل التربة الزائدة عن ارتفاع القالب بحافة السكين حتى يتساوى سطح التربة مع حافة القالب تماما

- أوزن التربة مع قاعدته والتربة الموجودة به وخذ جزء من منتصف العينة لتحديد المحتوى الرطوبي
- أضف للعينة مزيدا من الماء بعد تفتيتها حوالي (3%) للعينة الطينية و(1-2%) للتربة الرملية او الصخرية

- كرر الخطوات السابقة بزيادة المحتوى المائي حتى يبدأ الوزن في النقصان وبالتالي تبدأ الكثافة الجافة للتربة في النقصان وعندها نوقف الاختبار (يجب الا يقل عدد النقاط عن 4 نقاط)

3-2-7 تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio CBR ,

التمهيد النظري للتجربة والهدف من التجربة:

- وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط (إلى الحمل (الضغط (القياسي عند غرز الإبرة مقداره (2.5 ملم أو 5 ملم) (ويعطي الإختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصورا عن تصرف التربة تحت السفلت مواد الساس (، ويمكن عمل الإختبار في الحقل او المعمل)

3-2-7-1 طريقة الإختبار:

المواصفات الفنية:

ASTM D – 1883 - 87

AASHTO T – 193- 81

3-2-7-2 الأدوات المستخدمة:

1 . أدوات اختبار الـ CBR والتي تتكون من :

- قالب الدمك الإسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة

- حلقة و قاعدة

- مطرقة الدمك ، Rammer إما يدوية أو ميكانيكية

- أداة قياس الإنتفاخ مع مؤشر وأوزان

- آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الإختراق

2. ميزان وفرن تجفيف

3-7-2-3 طريقة اجراء التجربة:

1- جهاز حوالي 5 كيلو جرام من التربة المارة من منخل رقم (4) الأمريكي ، واخلطها مع كمية الماء المناسبة تبعاً للمحتوى المائي كمية الرطوبة الصولية والتي تم الحصول عليها لتجربة الرص لبرتوكور و قد كانت 19%

2- خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي للتربة.

3- احسب وزن قالب الأسطواني + القاعدة.

4- اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح.

5- ادمك التربة حسب طريقة الدمك العادية أو المعدلة أي 56 ضربة لكل طبقة والتي سبق شرحها.

6- افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني ، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة.

7- ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة بدون الحلقة ، ومنه حدد وزن وكثافة التربة.

8- ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة.

9- من اجل العينات غير المشبعة : ضع مجموعة من الوزان كافية ل تقل عن 4.5 كجم (تعادل وزن ضغط التربة على الطبيعة ، (Overburden Pressure) ثم سجل قيمة هذه الأوزان.

10- أغمر العينة تماماً بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج Dial Gauge دقة قراءته 0.01 ملم ثم صفر المقياس.

11- سجل زمن بداية الإختبار ثم خذ قراءات بعد مرور ، 0 ساعة 96 ، 72 ، 48 ، 36 ، 24 ، 12 ، 8 ، 4 ، 2 ، 1 لتحديد مقدار الإنتفاخ مع ملاحظة أن الإختبار يمكن أن ينتهي بعد مرور 48 ساعة عند ثبوت القراءة بعد هذا الوقت لمدة 24 ساعة.

12- بعد الإنتهاء من تحديد مقدار الإنتفاخ اترك العينة لمدة 15 دقيقة لخروج الماء ثم جفف سطحها واحسب وزن العينة مع القالب

13- ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم ضع أوزاناً ل تزيد عن 4.5 كيلو جرام وصّقر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الإختراق .

14- زد قيمة الضغط والإختراق لها

15- بعد انتهاء الإختبار استخرج عينة التربة ثم خذ عينان من الثلث الأول والوسط والثلث الخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.

- 16- ارسم منحنى الضغط كيلو باسكال (مع الإختراع ملم) ثم سجل مقدار الضغط عند الإختراق 0.2 و 2.5 و 5.0 ملم ومنها حدد قيمة التحمل بالمعادلة التالية :
- نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR) = مقدار الضغط في الإختبار / مقدار الضغط القياسي $\times$ (100%). يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق 5.00 ملم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق 2.5 ملم يجب إعادة الختبار مرة أخرى .
- 17- في حالة استخدام طريقة عدم غمر العينة بالماء اتبع الخطوات السابقة دون غمر العينة بالماء .

الباب الرابع

النتائج والمناقشة

الباب الرابع

النتائج

4-1 نتائج الإختبارات التي أجريت على مواد ردميات مقلع بربر :

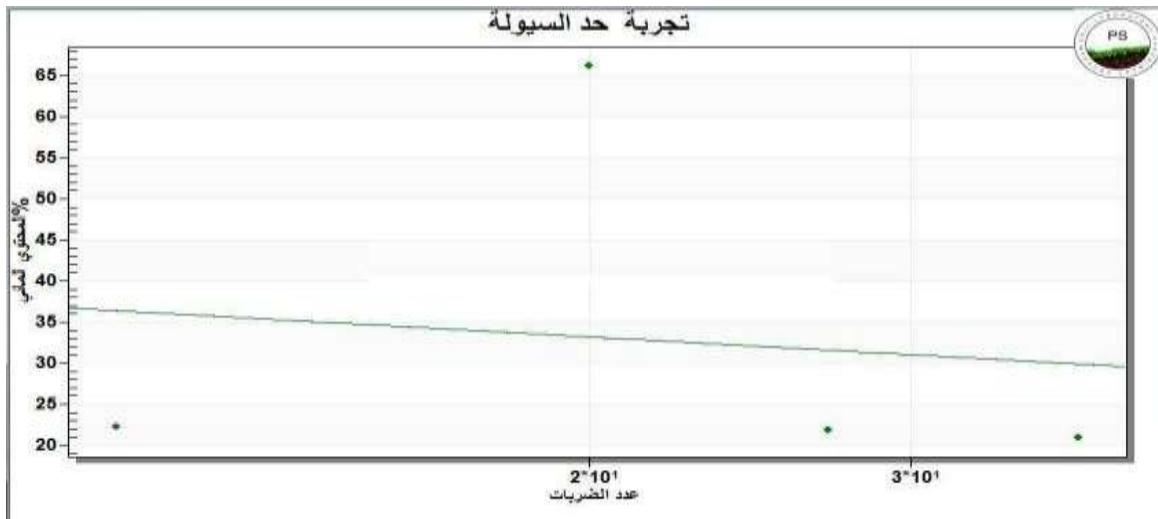
4-1-1 إختبار حد السيولة : Liquid Limit (LL)

المعطيات				
عدد العينات 4				
رقم العينة	1	2	3	4
عدد الضربات	11	27	20	37
وزن العينة فارغة (جم)	41	39.1	36.9	36.4
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	46.5	45.8	47.7	41.6
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	45.5	44.6	43.4	40.7

رقم العينة	1	2	3	4
وزن الماء (جم)	1	1.2	4.3	0.9
وزن العينة جافة (جم)	4.5	5.5	6.5	4.3
المحتوي المائي wc	22.2	21.8	66.2	20.9

حد السيولة 32.14

شكل (4-1) يوضح نتائج إختبار حد السيولة



مخطط (4-2) يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى الرطوبي

2-1-4 اختبار حد اللدونة (PL): Plastic Limit

المعطيات

عدد العينات 3

رقم العينة	1	2	3
وزن العينة فارغة (جم)	40.5	40.2	41.6
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	44	45.3	45.8
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	43.6	44.7	45.3

النتائج

رقم العينة	1	2	3
وزن الماء (جم)	0.4	0.6	0.5
وزن العينة جافة (جم)	3.1	4.5	3.7
المحتوى المائي w _c	13%	13%	14%

متوسط حد اللدونة 13.33%

شكل (3-4) يوضح نتائج اختبار متوسط حد اللدونة

3-1-4 إختبار التحليل المنخلي :Sieve Analysis Test

صورة ☐ تقرير ☐ فيديو ☐ المنطقة ☐ التجربة

النتائج

0.181 D10
1.532 D30
8.5 D60

معامل الانكسار (Cc) 46.961
معامل التفرغ (Cu) 1.526

نسبة المار (%)	الوزن التراكمي (جم)
100	0
84.37	156.3
63.16	368.3
48.3	516.8
35.52	644.6
27.77	722.1
23.55	764.3
20.67	789.6

المعطيات

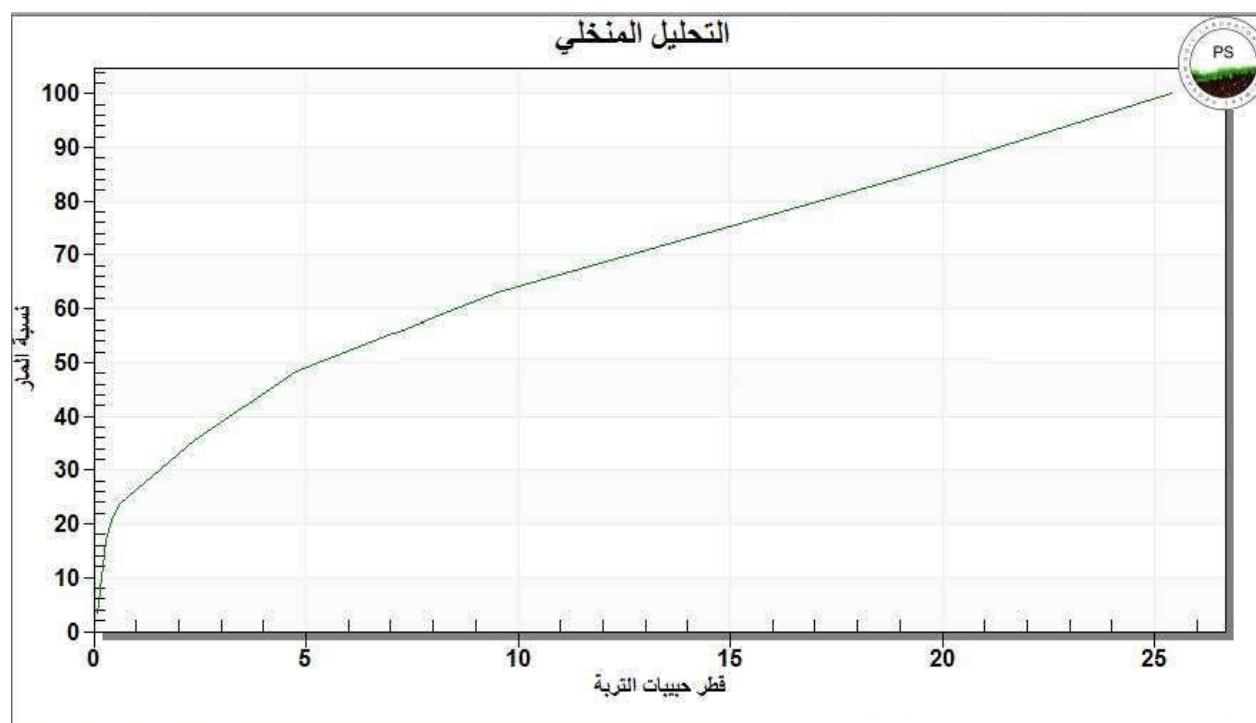
999.7 (الوزن الكلي للعينه) (جم)

رقم المنخل	قطر فتحة المنخل (مم)	وزن التربة (جم)
1	25.4	0
3/4	19.0	156.3
3/16	9.51	212.0
4	4.76	148.5
8	2.38	127.8
16	1.19	77.5
30	0.595	42.2
40	0.420	29.3

تغيير المناطق القياسية

احسب
امسح
رجوع

شكل (4-4) يوضح نتائج إختبار التحليل المنخلي



مخطط (5-4) يوضح العلاقة بين قطر حبيبات التربة ونسبة المار

4-1-4 إختبار بروكتور المعدل : Modified Proctor Test

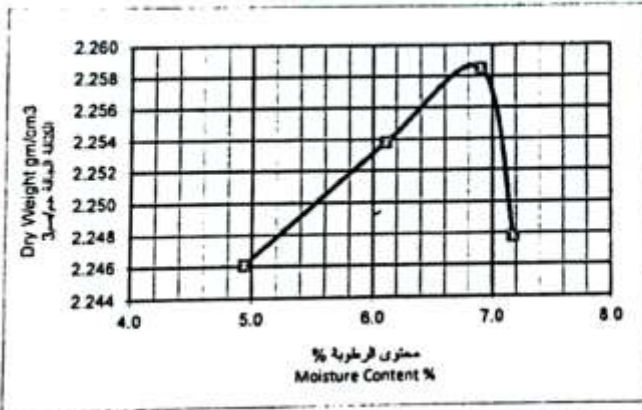
MOISTURE DENSITY RELATIONSHIP

Mold No :		رقم القالب
Weight of Mold :	8000.5	وزن القالب
Vol. of Mold :	2260.8	حجم القالب

Mass of Rammer	10 lbs	وزن المطرقة
No. Blows / Layers	56	عدد المراتبات
No. of Layers	5	عدد الطبقات

Trial No.	1	2	3	4
Wt. of Mold & Wet Soil (gm)	13329	13407	13459	13447
Wt. of Wet Soil (gm)	5328.5	5406.5	5458.5	5446.5
Wet Density (gm/cm ³)	2.357	2.391	2.414	2.409
Dry Density (g/cm ³)	2.246	2.254	2.258	2.248

Can No.	1	4	10	19
Wt. of Wet Soil & Can (gm)	261.7	199.2	258.7	269.1
Wt. of Dry Soil & Can (gm)	251.1	189.9	244.7	254.0
Wt. of Water (gm)	10.6	9.3	14.0	15.1
Wt. of Can (gm)	36.3	37.6	41.9	43.6
Wt. of Dry Soil (gm)	214.8	152.3	202.8	210.4
Water Content(%)	4.9	6.1	6.9	7.2



الكثافة الجافة القصوى
Maximum dry Density : 2.258 g/cm³

محتوى الرطوبة الأمثل
Optimum Moisture Content : 6.9 %

مخطط (4-6) يوضح العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة

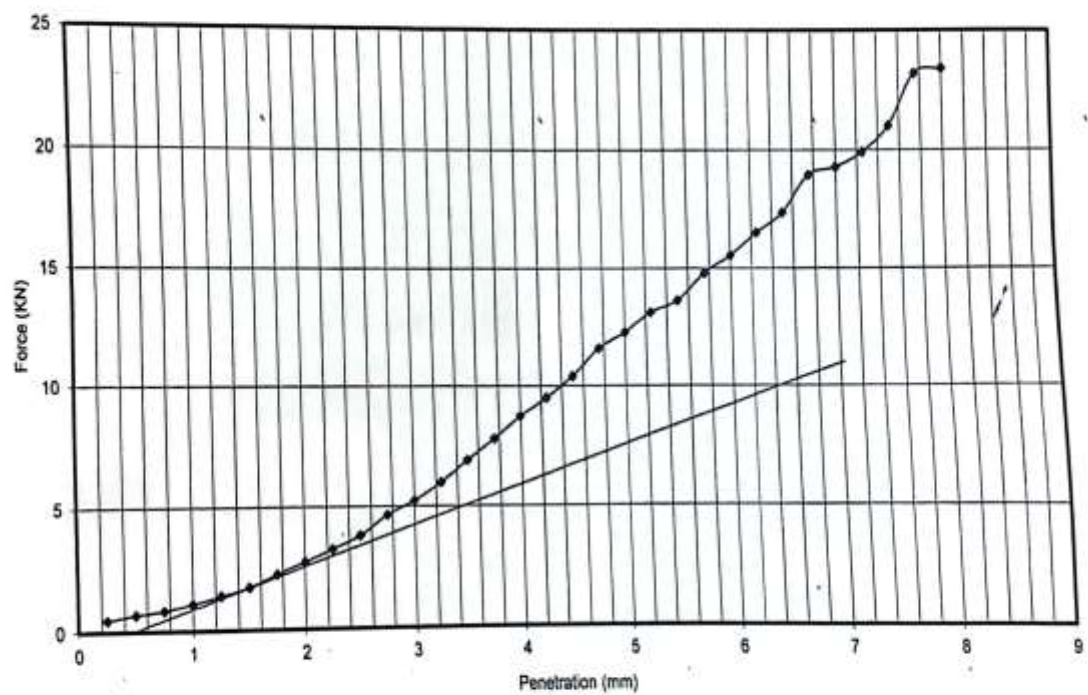
5-1-4 إختبار تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا , CBR California Bearing Ratio

Pentetration (mm)	Force (KN)	P.R.R
0.25	0.468	18
0.5	0.676	26
0.75	0.832	32
1	1.092	42
1.25	1.404	54
1.5	1.742	67
1.75	2.262	87
2	2.73	105
2.25	3.25	125
2.5	3.796	146
2.75	4.628	178
3	5.226	201
3.25	5.98	230
3.5	6.89	265
3.75	7.774	299
4	8.71	335
4.25	9.49	365
4.5	10.4	400
4.75	11.57	445
5	12.246	471
5.25	13.13	505
5.5	13.65	525
5.75	14.794	569
6	15.548	598
6.25	16.51	635
6.5	17.368	668
6.75	18.954	729
7	19.292	742
7.25	19.916	766
7.5	21.008	808
7.75	23.192	892
8	23.4	900

M.C%	
Mass of wet soil + container =	240.30
Mass of dry soil + container =	228.50
Mass of container =	41.90
M.C% =	6.32

Pentetration (mm)	Force (KN)	Factor	CBR
2.5	5.226	13.2	40
5.0	13.65	19.96	68

شكل (7-4) يوضح نتائج إختبار CBR



مخطط (8-4) يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة

4-2 نتائج الإختبارات التي أجريت على مواد ردميات مقلع سيدون :

4-2-1 إختبار حد السيولة (LL) : Liquid Limit

التجربة المخطط فيديو تقرير صور

المعطيات

عدد العينات 4

رقم العينة	1	2	3	4
عدد الضربات	14	39	19	28
وزن العينة فارغة (جم)	15.3	14.4	14.1	14.4
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	30.3	29.3	26.4	29.8
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	26.9	26.6	24.2	26.9

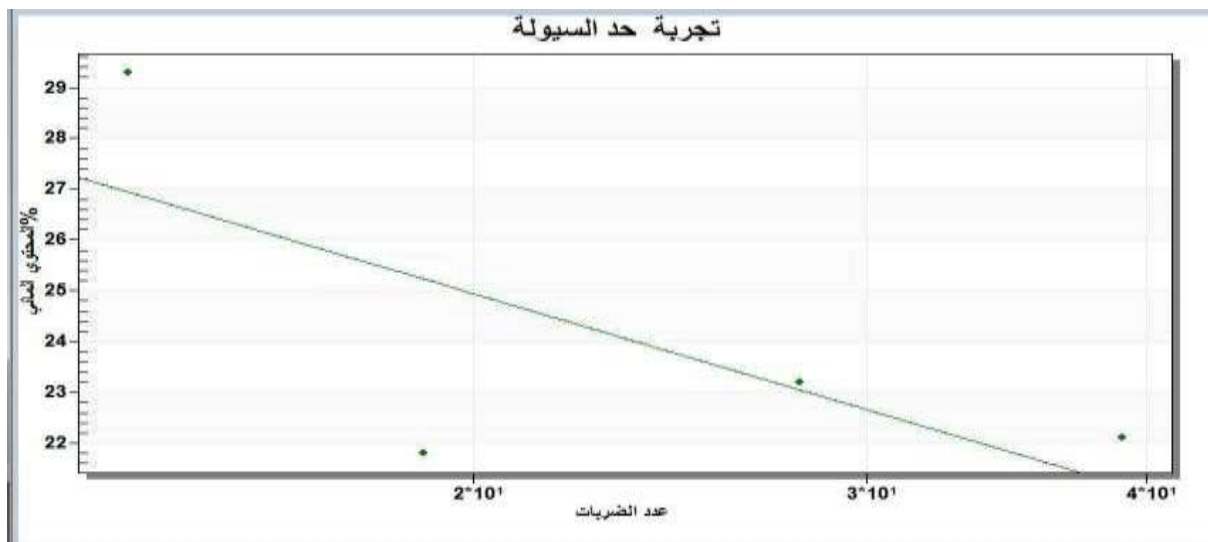
النتائج

رقم العينة	1	2	3	4
وزن الماء (جم)	3.4	2.7	2.2	2.9
وزن العينة جافة (جم)	11.6	12.2	10.1	12.5
المحتوى المائي w%	29.3	22.1	21.8	23.2

حد السيولة 24.1

احسب مسح رجوع

شكل (4-9) يوضح نتائج إختبار حد السيولة



مخطط (4-10) يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى الرطوبي

2-2-4 إختبار حد اللدونة (PL) : Plastic Limit

صور
تقرير
فيديو
التجربة

المعطيات

عدد العينات

رقم العينة	1	2	3
وزن العينة فارغة (جم)	13.3	13.3	13.6
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	19.6	21.8	20.7
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	18.9	20.6	19.8

النتائج

رقم العينة	1	2	3
وزن الماء (جم)	0.7	1.2	0.9
وزن العينة جافة (جم)	5.6	7.3	6.2
المحتوي المائي w _c	12%	16%	15%

متوسط حد اللدونة

14.33333333

شكل (4-11) يوضح نتائج إختبار متوسط حد اللدونة

3-2-4 اختبار بروكتور المعدل Modified Proctor Test :

النتائج

رقم العينة	1	2	3	4
كثافة الجافة (g/cm ³)	2.03	2.25	2.22	2.2
المحتوى المائي (%)	2.8	4.55	5.62	7.06

المحتوى المائي الأمثل (O.M.C) 4.54

كثافة الجافة (g/cm³) 2.23

المعلومات

عدد الطبقات 4

ارتفاع القالب (cm) 15

ارتفاع القالب (cm) 12.8

وزن القالب (g) 8002.5

رقم العينة	1	2	3	4
وزن القالب (بم) + وزن العينة	13728	13282	13317	13336

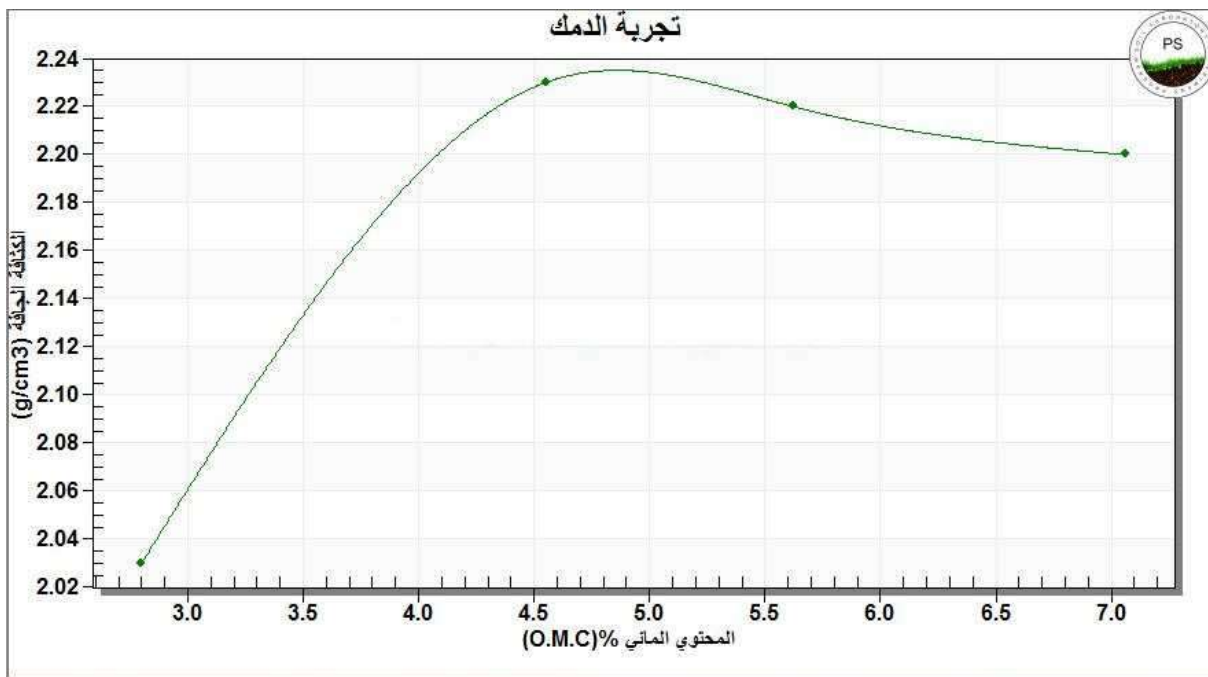
رقم العينة	1	2	3	4
وزن العينة فارغة (بم)	59.1	58.7	58.5	57.7
وزن العينة + وزن العينة الجافة (بم)	92.1	224.8	207.7	193.9
وزن العينة + وزن العينة الجافة (بم)	91.2	216.7	198.7	183.6

الاسم

المنطقة

الرقم

شكل (4-12) يوضح نتائج اختبار الدمك



مخطط (4-13) يوضح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة

4-2-4 إختبار التحليل المنخلي :Sieve Analysis Test

التجربة المتخطت فيديو تقرير صور

المعطيات

(الوزن الكلي للعينه)جم 1769.4

رقم المنخل	قطر فتحة المنخل (مم)	(وزن التربة)جم
3/4	19.0	233.9
3/16	9.51	351.3
4	4.76	618.7
8	2.38	265.4
16	1.19	126.0
30	0.595	26.3
40	0.420	13.7
50	0.297	20.6

تغيير المناخل القياسية

الحساب مسح ريدع

النتائج

نسبة المار (%)	الوزن التراكمي (جم)
86.78	233.9
66.93	585.2
31.96	1203.9
16.96	1469.3
9.84	1595.3
8.35	1621.6
7.58	1635.3
6.41	1655.9

معامل الانتظام (Cu) 1.217 D10

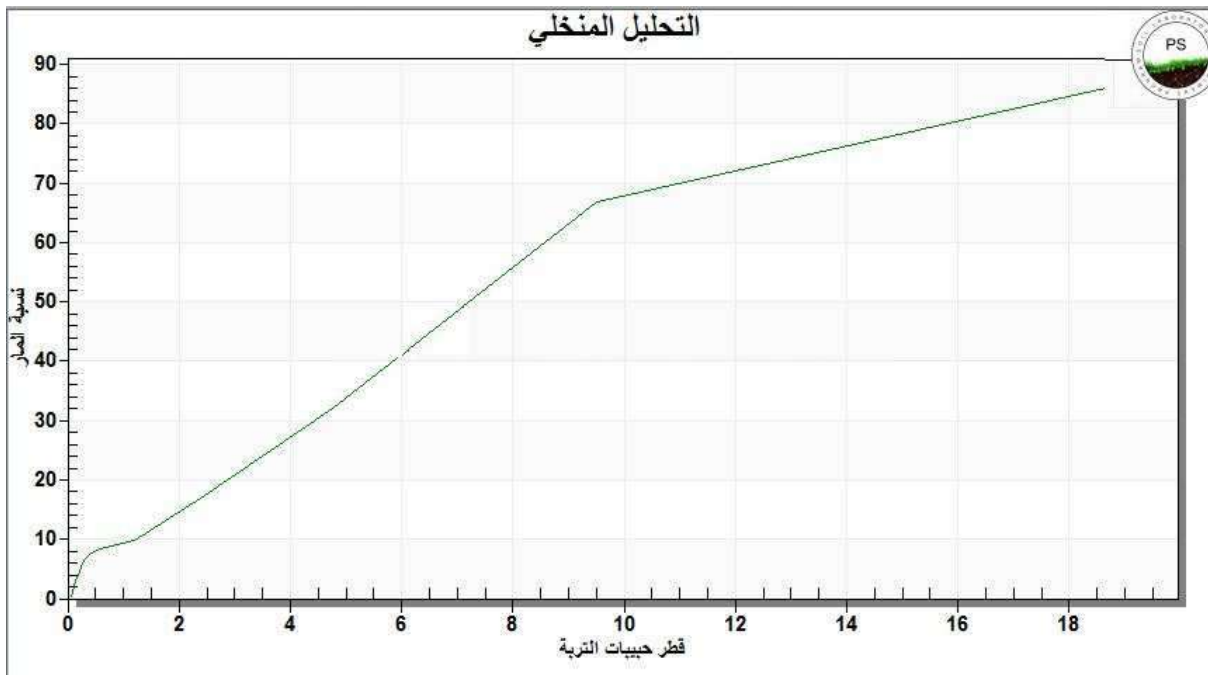
معامل التفرج (Cc) 4.449 D30

معامل الانتظام (Cu) 8.569 D60

معامل التفرج (Cc) 7.041

معامل التفرج (Cc) 1.898

شكل (4-14) يوضح إختبار التحليل المنخلي



مخطط (4-15) يوضح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة

5-2-4 إختبار تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR

California Bearing Ratio (CBR)																			
PORT ON CALIFORNIA BEARING RATIO USING ASTM D4429 / MRDTM 213 TEST METHOD																			
Project:-					Test No					CBR									
Material Description					ABC Material					Date Sampled									
Material Source					Materials					Sampled by / Tested by					QC-				

Density Determination				Moisture Determination				Swell Determination			
No. of Blows	10	30	65	No. of Blows	10	30	65	No. of Blows	10	30	65
Mold No.	A	B	C	Can No.	77	B	E	Date Molded	13-Mar-19		
Wet soil + Mold, g.	11226	12418	12771	Wet soil + can, g.	402.0	451.0	462.0	Mold No.	4	5	6
Dry soil, g.	6855	7629	7955	Dry soil + can, g.	375.2	421.2	430.8	Swell in 1st day	0.00	0.00	0.00
Moisture, g.	4372	4790	4816	Moisture, g.	26.8	29.8	31.2	Swell in 2nd day	0.00	0.00	0.00
Unit weight, g/cc	2.084	2.281	2.294	Can, g.	37.0	38.1	40.8	Swell in 3rd day	0.00	0.00	0.00
Unit weight, g/cc	1.987	2.175	2.187	Dry soil, g.	338.2	383.1	390.0	Swell in 4th day	0.00	0.00	0.00
Volume of Mold, cc	2098	2100	2099	% Moisture	4.9	4.9	4.9	% Swell	0.00	0.00	0.00

Penetration	mm	Test No. 10 blows				Test No. 30 blows				Test No. 65 blows					
		Molded Date:		Tested Date:		Molded Date:		Tested Date:		Molded Date:		Tested Date:			
		Dial	Load	Corr.	%	Dial	Load	Corr.	%	Dial	Load	Corr.	%		
	Rdg	kg	kg/cm ²	Load	CBR	Rdg	kg	kg/cm ²	Load	CBR	Rdg	kg	kg/cm ²	Load	CBR
0	0	0	0.0			0	0	0.0			0	0	0.0		
5	0.64	18	450.0	22.9		1	25.0	1.3			7	175.0	8.9		
10	1.27	31	775.0	39.5		2	50.0	2.5			12	300.0	15.3		
15	1.91	50	1250.0	63.7		2	50.0	2.5			24	600.0	30.6		
20	2.54	69	1725.0	87.9	125	8	200.0	10.2	14	35	875.0	44.6		63	
25	3.81	85	2125.0	108.3		21	525.0	26.7			51	1275.0	65.0		
30	5.08	106	2650.0	135.0	128	40	1000.0	50.9	48	73	1825.0	93.0		88	
35	6.35	126	3150.0	160.5		60	1500.0	76.4			96	2400.0	122.3		
40	7.62	140	3500.0	178.3		83	2075.0	105.7			120	3000.0	152.8		
45	8.89														
50	10.2														

No. of Blows	10	30	65
CBR%	128	48	88
MDD Test Data :	MDD: 2 2.23 g/cc		OMC : 4.8%
Machine data:	Ring Factor	25 Kg/div	Plunger Area: 19.63 cm ²

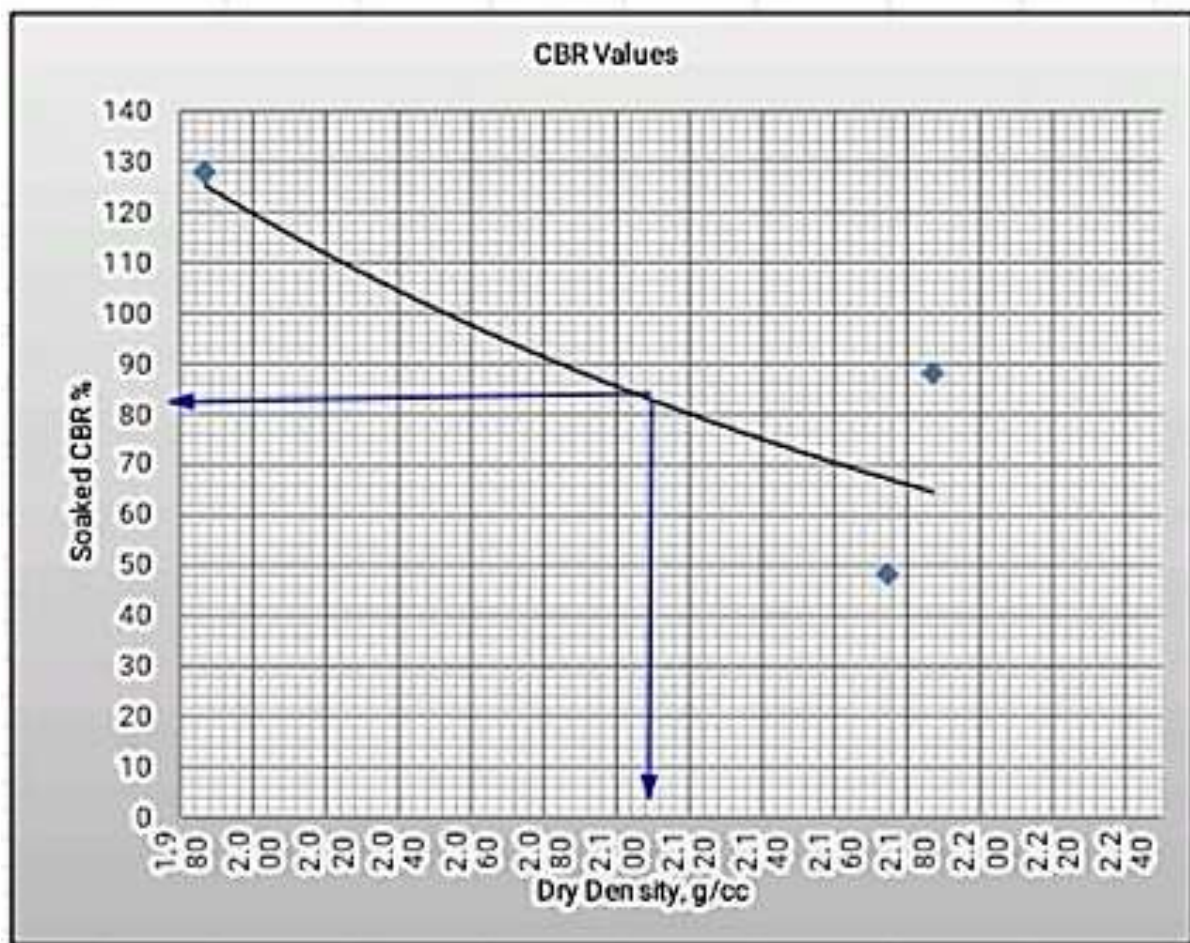
Remarks

CBR Values @ 95 % MDD

80.0%

1.987	2.175	2.187
128	48	88

شكل (4-16) يوضح إختبار CBR



مخطط (4-17) يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة

4- 3 نتائج الإختبارات التي أجريت على مواد ردميات مقلع العالياب :

1-3-4 إختبار حد السيولة : Liquid Limit (LL)

المعطيات

عدد العينات 4

رقم العينة	1	2	3	4
عدد الضربات	12	23	34	39
وزن العينة فارغة (جم)	77.3	81.0	87.4	77.3
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	92.8	95.6	103	89.5
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	89.0	92.2	99.5	86.9

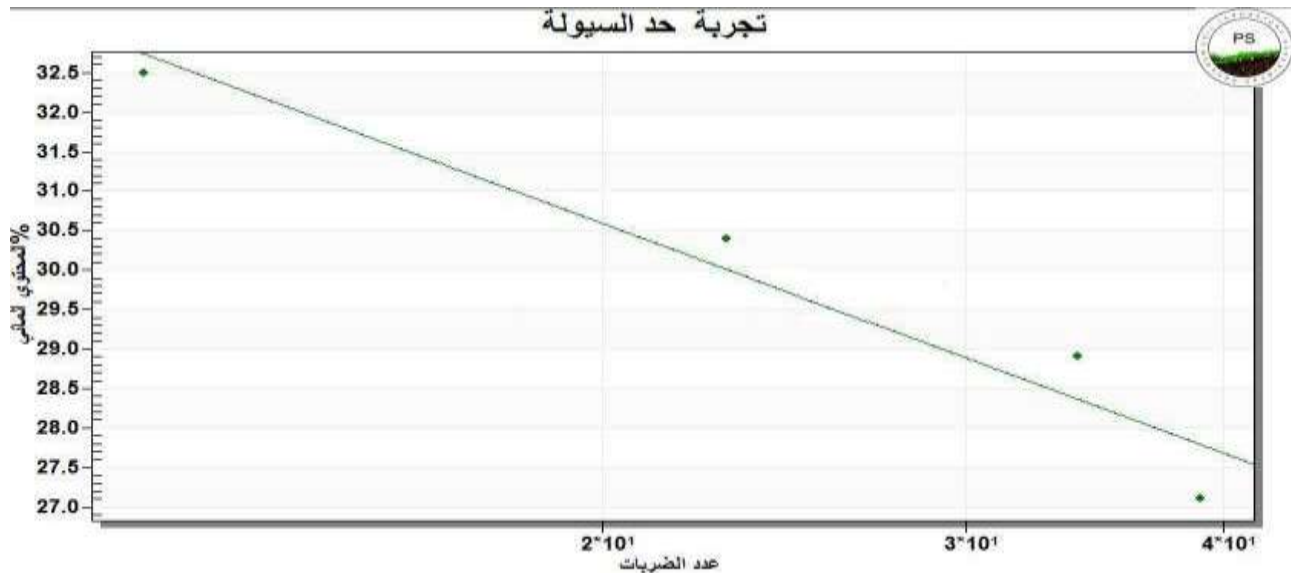
النتائج

رقم العينة	1	2	3	4
وزن الماء (جم)	3.8	3.4	3.5	2.6
وزن العينة جافة (جم)	11.7	11.2	12.1	9.6
المحتوي المائي wc	32.5	30.4	28.9	27.1

حد السيولة 30.1

احسب
مسح
رجوع

شكل (4-18) يوضح إختبار حد السيولة



مخطط (4-19) يوضح العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي

2-3-4 إختبار حد اللدونة (PL) : Plastic Limit

صور

تقرير

قيد

التجربة

المعطيات

عدد العينات

3

رقم العينة	1	2	3
وزن العينة فارغة (جم)	77.5	81.1	87.5
وزن العينة + وزن العينة الرطبة (جم)	87.7	92.8	96.2
وزن العينة + وزن العينة الجافة (جم)	85.8	90.8	94.8

النتائج

رقم العينة	1	2	3
وزن الماء (جم)	1.9	2	1.4
وزن العينة جافة (جم)	8.3	9.7	7.3
المحتوى المائي w _c	23%	21%	19%

احسب

منح

رجع

متوسط حد اللدونة

21%

شكل (20-4) يوضح إختبار متوسط حد اللدونة

3-3-4 إختبار التحليل المنخلي :Sieve Analysis Test

التجربة المخطط فيديو تقرير صور

النتائج

المعطيات

999.1 (الوزن الكلي للعينة (جم))

رقم المنخل	إشقر فتحة المنخل (مم)	(وزن التربة (جم))
3/4	19.0	54.0
3/16	9.51	244.5
4	4.76	184.1
8	2.38	96.5
16	1.19	94.1
30	0.595	48.2
40	0.420	19.8
50	0.297	18.6

تغيير المناخل القياسية

احسب مسح رجوع

0.037 D10

0.867 D30

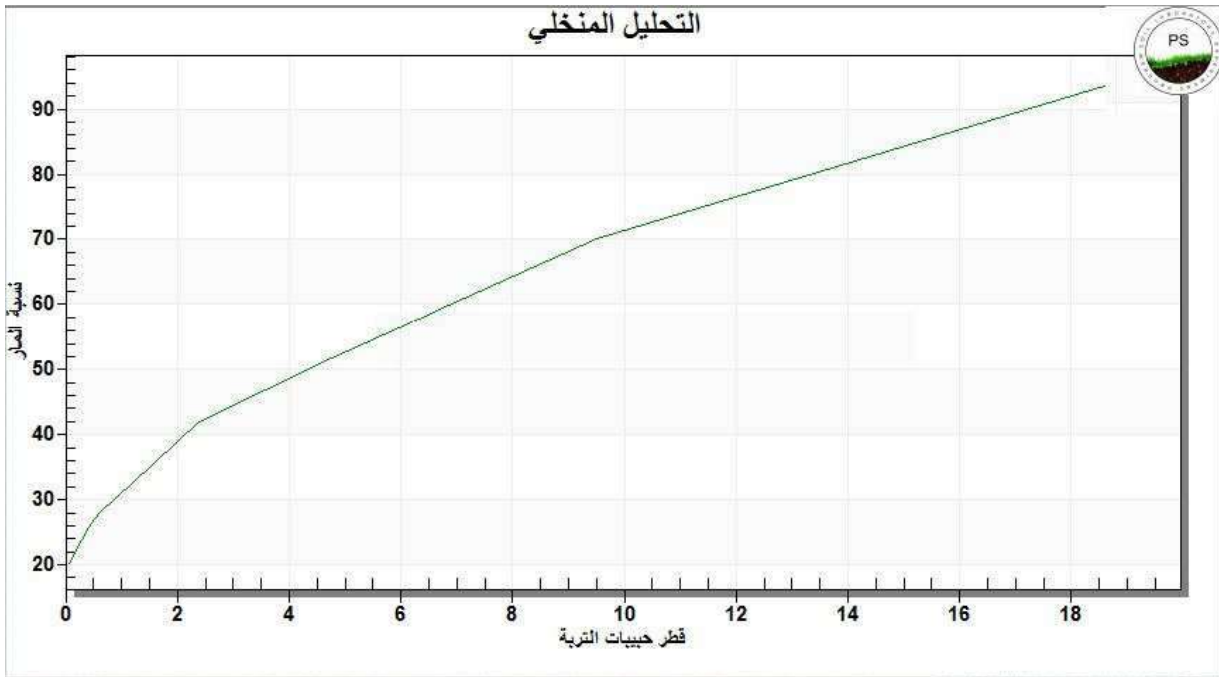
6.9 D60

معامل الإنظام (Cu) 186.486

معامل الشرح (Cc) 2.944

نسبة المار (%)	الوزن التراكمي (جم)
94.6	54
70.12	298.5
51.7	482.6
42.04	579.1
32.62	673.2
27.8	721.4
25.81	741.2

شكل (4-21) يوضح إختبار التحليل المنخلي



مخطط (4-22) يوضح العلاقة بين قطر حبيبات التربة ونسبة المار

4-3-4 إختبار بروكتور المعدل Modified Proctor Test :

صورة ☐ تقرير ☐ فيديو ☐ المخطط التجربة

المعطيات

عدد العينات: 5
 قطر القالب (cm): 15
 ارتفاع القالب (cm): 12.8
 وزن القالب (g): 7998

رقم العينة	1	2	3	4	5
الكثافة الجافة (g/cm ³)	2.03	2.22	2.18	2.11	2.04
المحتوى المائي (%)	3.55	5.15	8.01	9.23	11.23

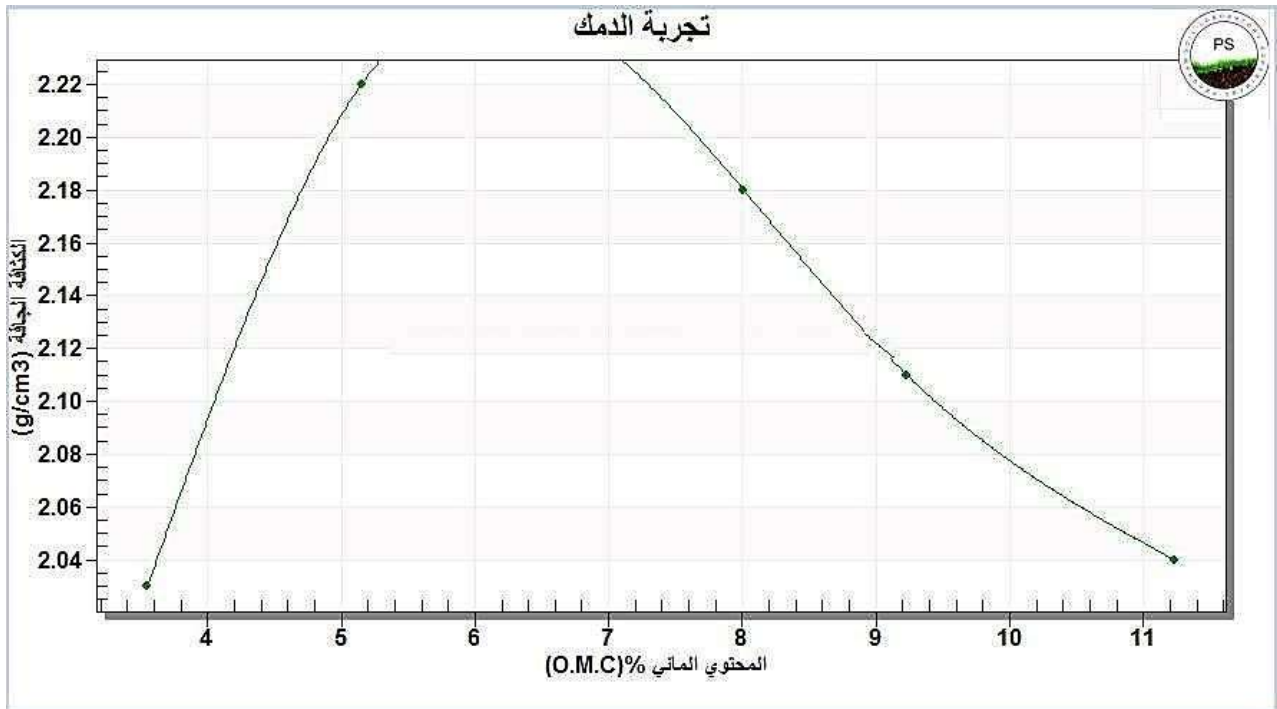
المحتوى المائي الأمثل (O.M.C): 6.13
 أقصى كثافة جافة (gm/cm³): 2.25

رقم العينة	1	2	3	4	5
وزن القالب (جم) + وزن العينة	12749.5	13266.5	13314	13200	13155

رقم العينة	1	2	3	4	5
وزن الحبة فارغة (جم)	255.3	255.6	255.7	255.7	255.6
وزن العينة الرطبة (جم)	325.5	331.1	328.5	358.7	358.7
وزن العينة الجافة (جم)	323.1	327.4	323.1	350.0	350.0

الحساب
 مسح
 رجوع

شكل (4-23) يوضح إختبار الدمك



مخطط (4-24) يوضح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة

5-3-4 إختبار تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio , CBR

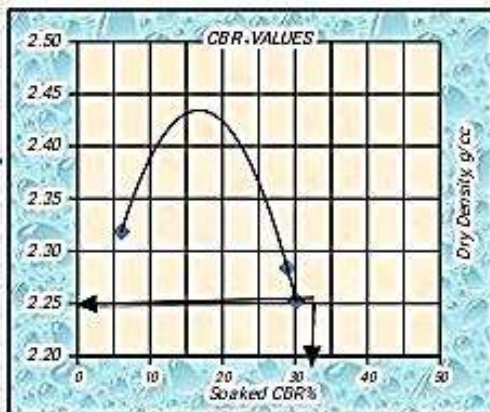
California Bearing Ratio (CBR)

REPORT ON CALIFORNIA BEARING RATIO USING ASTM D4429 / MRDTM 213 TEST METHOD

Project:-		Test No	CBR
Material Description	ABC Material	Date Sampled	
Material Source	Materials	Sampled by / Tested by	QC-

Density Determination				Moisture Determination				Swell Determination			
No. of Blows	10	30	65	No. of Blows	10	30	65	No. of Blows	10	30	65
Mold No.	A	B	C	Can No.	77	B	E	Date Molded	13-Mar-19		
Sample + Mold, g.	12023	13267	13496	Wet soil + can, g.	359.2	330.9	376.7	Mold No.	4	5	6
Mold, g.	7033	8203	8356	Dry soil + can, g.	350.7	324.7	369.0	Swell in 1st day	0.00	0.00	0.00
Sample, g.	4990	5064	5140	Moisture, g.	8.5	6.2	7.7	Swell in 2nd day	0.00	0.00	0.00
Wet unit weight, g/cc	2.379	2.412	2.448	Can, g.	257.3	255.7	257.3	Swell in 3rd day	0.00	0.00	0.00
Dry unit weight, g/cc	2.253	2.284	2.319	Dry soil, g.	93.4	69.0	111.7	Swell in 4th day	0.00	0.00	0.00
Volume of Mold, cc.	2098	2100	2099	% Moisture	5.6	5.6	5.6	% Swell	0.00	0.00	0.00

Penetration	Test No. 10 blows					Test No. 30 blows					Test No. 65 blows				
	Molded Date : 13-Mar-19					Molded Date : 13-Mar-19					Molded Date : 13-Mar-19				
	Tested Date : 17-Mar-19					Tested Date : 17-Mar-19					Tested Date : 17-Mar-19				
	Dial Rdg.	Load kg	Load kg/cm ²	Corr. Load	% CBR	Dial Rdg.	Load kg	Load kg/cm ²	Corr. Load	% CBR	Dial Rdg.	Load kg	Load kg/cm ²	Corr. Load	% CBR
0	0	0	0.0			0	0	0.0			0	0	0.0		
0.025	0.64	1	25.0	1.3		1	25.0	1.3			1	25.0	1.3		
0.050	1.27	2	50.0	2.5		2	37.5	1.9			2	37.5	1.9		
0.075	1.91	3	62.5	3.2		2	50.0	2.5			3	75.0	3.8		
0.100	2.54	6	150.0	7.6	11	10	250.0	12.7		18	4	100.0	5.1		7
0.150	3.81	15	375.0	19.1		16	400.0	20.4			4	100.0	5.1		
0.200	5.08	25	625.0	31.8	30	24	600.0	30.6		29	5	125.0	6.4		6
0.250	6.35	35	875.0	44.6		32	800.0	40.8			5	125.0	6.4		
0.300	7.62	46	1150.0	58.6		41	1025.0	52.2			6	150.0	7.6		
0.350	8.89														
0.400	10.2														



No. of Blows	10	30	65
CBR%	30	29	6
MDD Test Data :	MDD: 2	2.25 g/cc	OMC : 6.1%
Machine data:	Ring Factor	25 Kg/div	Plunger Area: 19.63 cm ²

Remarks

CBR Values @ 100 % MDD

35.0%

2.253

2.284

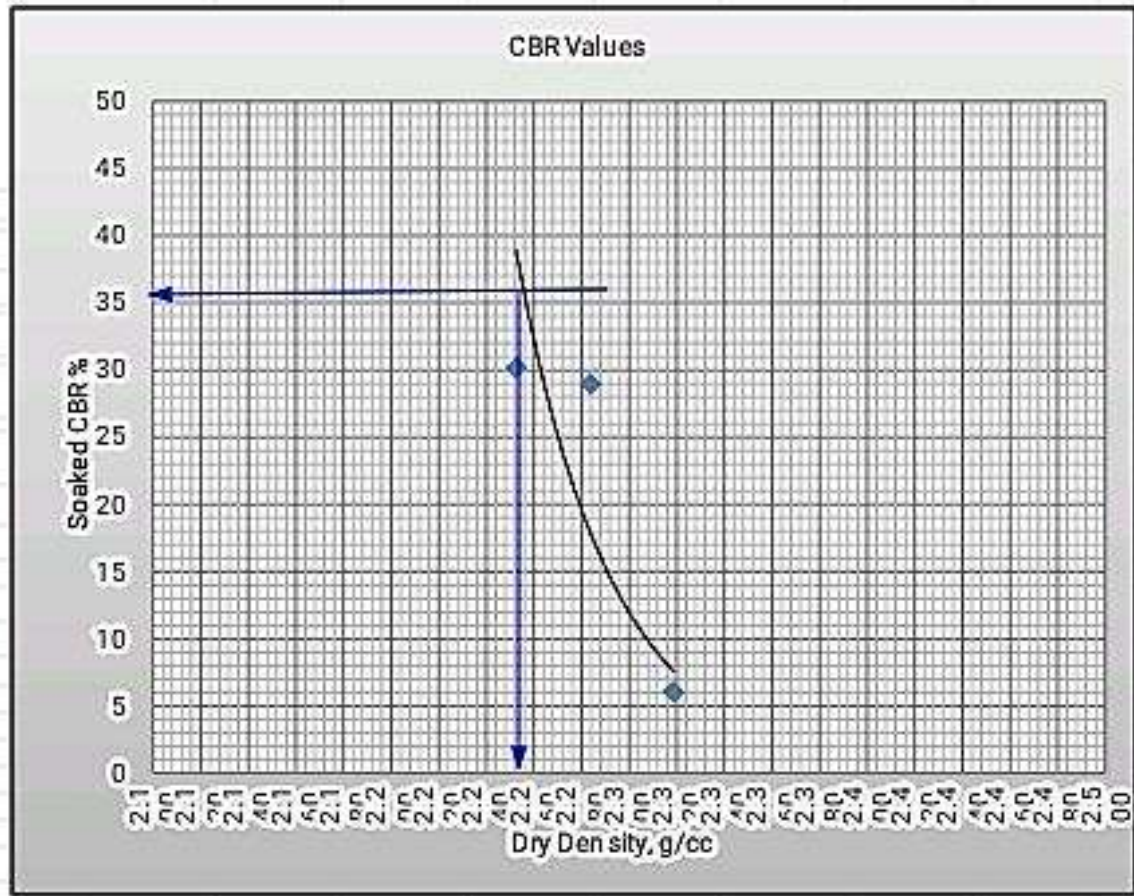
2.319

30

29

6

شكل (4-25) يوضح إختبار CBR



مخطط (26-4) يوضح العلاقة بين الإختراق والقوة

الباب الخامس

المناقشة

الباب الخامس

مناقشة النتائج

1-5 مقدمة :

يتم مناقشة و تحليل النتائج عن طريق تصنيف التربة بنظام تصنيف اشتو :
يصنف نظام اشتو التربة الى سبع مجموعات رئيسية موزعة من A-1 الى A-7 وتحتوي كل من المجموعة الاولى A-1 و السابعة A-7 على مجموعتين فرعيتين فيما تتضمن المجموعة الثانية A-2 على اربعة مجموعات فرعية يعتمد هذا التصنيف على نسبة المار من منخل رقم 200 اذا كانت 35% او اقل فان التربة تكون حبيبية وتصنف على انها A-3 ، A-2 او A-1 . اما اذا كانت نسبة المار من المنخل رقم 200 اعلى من 35% فان التربة تكون ناعمة وتصنف على انها : A-4 ، A-5 ، A-6 او A-7 كما يعتمد نظام اشتو على نسبة المار من المناخل 10 و 40 و 200 ، بالإضافة الى حالة لدونة التربة .
بمعرفة حجم حبيبات التربة وبيانات اللدونة فيمكن تصنيفها باستخدام الجدول مبتدئا من اليسار الى اليمين ، حيث ان المجموعة التي تحقق شروط التصنيف هي التربة المعنية ان التربة المصنفة بنظام اشتو تكون لها المواصفات التالية .

i - A-1 : تربة ذات تدرج جيد من الركام و الرمل الخشن و قليل من الرمل الناعم ولها لدونة منخفضة

ii - A-2 : تربة حبيبية تحتوي على مواد ناعمة تصل الى 35%

iii - A-3 : تربة ذات رمل ناعم و نظيف

iv - A-4 ، A-5 : تربة طمي

v - A-6 ، A-7 : تربة طين

1-1-5 مناقشة نتائج تجربة مقلع بربر :

بعد اجراء التجارب العملية لصلاحية تربة بربر وجد ان حد السيولة (32.14) و حد اللدونة (13.33) و ان مؤشر اللدونة (18.8) و ان نسبة المار من المنخل رقم 200 (3.23) و المنخل رقم 40 (20.6) و المنخل رقم 10 (35.5) بدلالة هذه المعطيات تصنف هذه التربة من المجموعة (A-2-6) و هي تربة حبيبية تحتوي على مواد ناعمة تصل الى 35% .

2-1-5 مناقشة نتائج تجربة مقلع سيدون :

بعد اجراء التجارب العملية لصلاحية تربة سيدون وجد ان حد السيولة (24.1) و حد اللدونة (14.33) و ان مؤشر اللدونة (9.77) و ان نسبة المار من المنخل رقم 200 (0) و المنخل رقم 40 (7.5) و المنخل رقم 10 (16.9) بدلالة هذه المعطيات تصنف هذه التربة من المجموعة (A-2-4) و هي تربة حبيبية تحتوي على مواد ناعمة تصل الى 35% .

3-1-5 مناقشة نتائج تجربة مقلع العالياب :

بعد اجراء التجارب العملية لصلاحية تربة العالياب وجد ان حد السيولة (30.1) و حد اللدونة (21) و ان مؤشر اللدونة (9.1) و ان نسبة المار من المنخل رقم 200 (20) و المنخل رقم 200(25.8) و المنخل رقم 10 (42.03) بدلالة هذ المعطيات تصنف هذه التربة من المجموعة (A-2-4) و هي تربة حبيبية تحتوي على مواد ناعمة تصل الى 35% .

5-2 مقارنة عامة بين الثلاثة مقالع :

<p>وجد أن المحتوى المائي الأمثل لها 6.9 وأن أقصى كثافة جافة 2.258 ملي جرام / سنتيمتر مكعب وأن CBR عند الإختراق 2.5 مل 40 وعند 5 مل 68</p>	<p>تجربة صلاحية بربر</p>
<p>وجد أن المحتوى المائي الأمثل لها 4.84 وأن أقصى كثافة جافة 2.23 ملي جرام / سنتيمتر مكعب وأن CBR عند عدد الضربات 10 و عمق الإختراق 2.5 مل 125 وعند 5 مل 128 وعند عدد الضربات 30 و عمق الإختراق 2.5 مل 14 و عمق الإختراق 5 مل 48 عند عدد الضربات 65 و عمق الاختراق 2.5 مل كان 63 و عند الاختراق 5 مل كان 88</p>	<p>تجربة صلاحية سيدون</p>
<p>وجد أن المحتوى المائي الأمثل لها 6.13 وأن أقصى كثافة جافة 2.25 ملي جرام / سنتيمتر مكعب وأن CBR عند عدد الضربات 10 و عمق الإختراق 2.5 مل 11 وعند 5 مل 30 وعند عدد الضربات 30 و عمق الإختراق 2.5 مل 18 و عمق الإختراق 5 مل 29 عند عدد الضربات 65 و عمق الاختراق 2.5 مل كان 7 و عند الاختراق 5 مل كان 6</p>	<p>تجربة صلاحية العالياب</p>

الباب السادس

الخلاصة والتوصيات

الباب السادس

الخلاصة والتوصيات

1-6 الخلاصة :

بعد اجراء التجارب المعملية التي اجريت على العينات من ثلاث مقالع مختلفة وجدنا أن تربة مقلع سيدون هي الافضل من بين الثلاث مقالع في كل الخواص المدروسة عدا حد اللدونة .

6-2 التوصيات :

- 1- دراسة المقالع الاخرى الموجودة في الولاية لحصر المقالع و معرفة افضل و أجود الردميات الموجودة في الولاية عدا المقالع المذكورة .
- 2- تهيئة المعامل بصورة افضل و توفير جهاز تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا CBR.
- 3- الاستفادة من الشركات المتخصصة في مجال التربة في الولاية .
- 4- تم إجراء اختبار CBR في جامعة وادي النيل .

3-6 المراجع :

1. اسامة مصطفى الشافعي " ميكانيكا التربة ، اساسيات و خواص التربة " ، الجزء الاول ، دار الراتب الجامعية ، بيروت ، (1998)
2. اسامة مصطفى الشافعي " ميكانيكا التربة ، التطبيقات الهندسية " ، الجزء الثاني ، دار الراتب الجامعية ، بيروت ، (1998)
3. السيد الفتاح القصبي " ، ميكانيكا التربة ، دار الكتاب العلمية للنشر و التوزيع (1999) .

الملاحق



جهاز يوضح معامل الإنتفاخ



شكل يوضح عينات مغمورة ليوضح مدى إنتفاخ العينة



شكل يوضح قالب الدمك



شكل يوضح مقسم التربة



شكل يوضح مقلع بربر



شكل يوضح مقلع سيدون



شكل يوضح مقلع العالياب