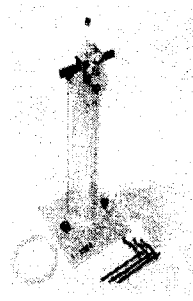
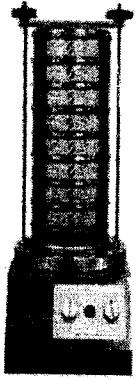


تطبيقات ميكانيك التربة

الطلبة السنة الثانية S4 و الثالثة S5 ليسانس



تقديم

اليك ايها الطالب

نقدم بين يديك هـذه المطبوعة التي تحتوي على كافة الاعمال التطبيقية في مادة ميكانيك التربة ، و التي حرصنا فيها على التقديم الجيد والواضح وعلى ان تتماشى مع تسلسل الدروس. ولقد ارفقنا كل التجارب بصور عن الاجهزة والوسائل المستعملة وكذا الجداول والمخططات البيانية. وكل ما نتمناه من خلال هذه المطبوعة هو ان تكون عوناً لك على الاعداد الجيد للتجارب شريطة ان تحضى من جانبك بالتحضير الجيد والمعاينة المستمرة للمطبوعة.

الاستاذ: احمد زيرق

مَدِينَةُ الْمَدِينَةِ

وَالْمَدِينَةِ

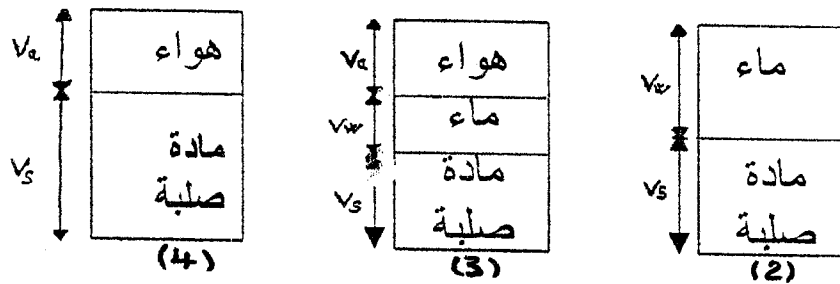
الطلبة السنة الثانية S4 ليسانس

الدراسة النظرية :

□ تمهيد :

إن مادة التربة عموما تتكون من ثلاثة عناصر أساسية هي المادة الصلبة ، الماء والهواء ، حيث الماء و الهواء يشغلان ما يسمى بالفراغات الموجودة بين حبيبات التربة على الشكل التالي :

1. تربة مغمورة كلياً : حيث الماء يشغل كل الفراغات (منسوب الماء فوق سطح التربة)
2. تربة مشبعة تماماً : كل الفراغات الموجودة في التربة مملوءة بالماء (صعود الماء إلى التربة بالخاصية الشعرية) .
3. تربة رطبة : أي جزء من الفراغات مملوء بالماء عن طريق الخاصية الشعرية .
4. تربة جافة : هي تربة فراغاتها مليئة بالهواء .



تمثيل حجمي للتربة

□ بعض الخصائص الفيزيائية للتربة :

1. الكتلة الحجمية : الكتلة الحجمية لمادة ما تعرف بأنها نسبة كتلة هذه المادة الى حجمها ويرمز لها بالرمز γ . وتحسب بالعلاقة التالية :

$$\gamma = m_t / V_t = \text{الحجم الكلي / الوزن الكلي}$$

وحداتها : غ/سم³ ، كغ/م³ .

- 1.1- الوزن الكلي : هو مجموع أوزان الحبيبات الصلبة ووزن الماء الموجود في الفراغات ،

$$m_t = m_s + m_w$$

يرمز له بالرمز m_t وتعرف بالعلاقة التالية :

حيث m_s : وزن الحبيبات الصلبة

m_w : وزن المياه داخل التربة

وحداته : غ ، كغ .

- 2.1- الحجم الكلي : هو مجموع أحجام الحبيبات الصلبة و حجم الفراغات التي تضم حجم

الماء و الهواء و يرمز له بالرمز V_t ، ويعرف بالعلاقة التالية :

$$V_t = V_s + V_w + V_a$$

حيث

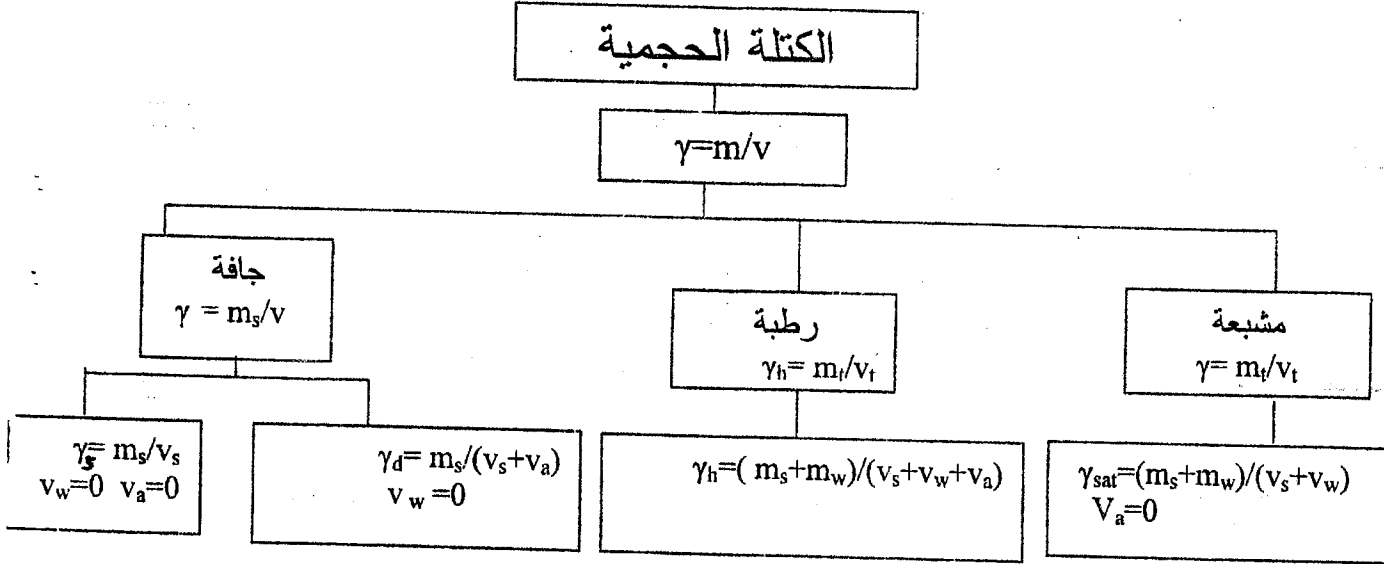
V_s : حجم الحبيبات الصلبة

V_w : حجم الماء

V_a : حجم الهواء

وحدة الحجم : سم³ ، م³ .

□ مخطط حالات الكتلة الحجمية :



□ أنواع الكتلة الحجمية :

❖ الكتلة الحجمية الظاهرية : هي نسبة كتلة المادة إلى حجمها ويرمز لها

بالرمز γ_{ap}

$$\gamma_{ap} = m_t/v_t$$

❖ الكتلة الحجمية المطلقة: هي نسبة كتلة المادة إلى حجمها الصلب ويرمز لها

بالرمز γ_{ab}

$$\gamma_{ab} = m_t/v_s$$

2. فحوى الماء ω : هو نسبة وزن الماء إلى وزن حبيبات التربة يعطى بالعلاقة التالية:

$$\omega(\%) = m_w/m_s * 100$$

3. نسبة الفراغات e : هي نسبة حجم الفراغات إلى حجم الحبيبات الصلبة يعطى

$$e = v_v/v_s$$

بالعلاقة التالية:

4. المسامية n : هي نسبة حجم الفراغات إلى الحجم الكلي للعينة ويعطى بالعلاقة التالية:

$$n = v_v/v_t$$

حيث: $v_v = v_a + v_w$

5. التراص c : هو نسبة حجم المادة الصلبة الى الحجم الكلي:

$$c = v_s/v_t = (v_t - v_v)/v_t = 1 - v_v/v_t$$

-العلاقة بين المسامية ونسبة الفراغات : $e = n/(1-n) \quad n = e/(1+e)$

- العلاقة بين الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة و التراص $c = \gamma_{ap} / \gamma_{ab}$:
 6. درجة التشبع s_r : هي نسبة حجم الماء إلى حجم الفراغات ويعطى بالعلاقة التالية:
 $s_r (\%) = v_w / v_v * 100$
 7. المحتوي الهوائي A_c : هو نسبة حجم الهواء إلى الحجم الكلي ويعطى بالعلاقة التالية:
 $A_c = v_a / v_t$

جدول قيم بعض الخصائص الفيزيائية :

الخاصية	الرمز	العلاقة	الوحدة	القيم المحصورة بينها
المسامية	n	$n = v_v / v_t$	%	$100 > n \geq 0$
نسبة الفراغات	e	$e = v_v / v_s$	/	0.3 إلى 9
التراص	C	$C = v_s / v_t$	%	$100 > c \geq 0$
فحوى الماء	ω	$\omega \% = m_w / m_s * 100$	%	0 إلى 800
درجة التشبع	s_r	$s_r \% = v_w / v_v * 100$	%	0 إلى 100
الوزن النوعي للمادة الصلبة	G_s	$G_s = \gamma_s / \gamma_w$	/	2.5 إلى 2.8

□ حساب الكتلة الحجمية تجريبيا :

لحساب الكتلة الحجمية تجريبيا لتربة معينة واستنتاج خواصها

الفيزيائية نقوم بإجراء:

1. تجارب مخبرية: تنقل عينات من الميدان إلى المخبر .
2. تجارب ميدانية: تقام هذه التجارب في الموقع .

العمل التطبيقي رقم 1

التجارب المخبرية للكتل الحجمية

• الكتلة الحجمية الظاهرية

• الكتلة الحجمية المطلقة

1- الكتلة الحجمية الظاهرية

- تجربة الإناء :
- ♦ الهدف من التجربة : حساب الكتلة الحجمية الظاهرية لتربة مفتتة وذلك لاستنتاج حجم عينة معروفة الوزن والعكس قياس وزن عينة معروفة الحجم
- ♦ ميدان التطبيق :

1. إن معرفة الكتلة الحجمية الظاهرية لتربة ما يساعدنا في حساب كميات الردم .
2. تقام هذه التجارب على عينات من التربة مأخوذة من الميدان في حالة مفتتة .
- ♦ مبدأ التجربة : وضع كمية من التربة في إناء ذو حجم معروف v ووزن معروف m ووزنه مع التربة .
- ♦ التجربة :

❖ تحضير العينة : تؤخذ عينة التربة من الميدان بالطريقة التالية :

إزالة الطبقة السطحية للتربة للتخلص من الطبقة المعرضة للتبخر ، ثم نقوم بعملية الحفر على عمق معين ، والعينة المأخوذة من الحفرة تفتت جيدا و ذلك لفصل جزيئات التربة عن بعضها البعض .

❖ الأدوات المستعملة :

- إناء معروف الحجم 1000 سم³ ، امتداد علوي طوله 10 سم .
- ميزان ، مسطرة مستوية ، فرن للتجفيف .
- ❖ مراحل التجربة :

- بعد تنظيف الإناء وتجفيفه نزن الإناء وهو فارغ m_0 .
- تسكب العينة في الإناء بتشكيل اليدين قمعا مملوء بالتربة ، ووضعها فوق امتداد الإناء ونترك العينة تسقط بطريقة عادية وبسرعة متوسطة ، نواصل العملية حتى يمتلئ ويفيض ننزع امتداد الإناء ، ثم نسوي سطحه بالمسطرة بدون رص .
- وزن الإناء بما فيه m_1 .
- نعيد التجربة ثلاث مرات مع تجفيف جزء من كل عينة في الفرن لحساب فحوى الماء واستنتاج الكتلة الحجمية الجافة .

❖ العلاقات :

للحصول على الكتلة الحجمية الظاهرية γ_{ap} نطبق العلاقة التالية :

$$\gamma_{ap} = m_1 / v_t = (m_1 - m_0) / v_t$$

وتدون النتائج في الجدول رقم (1)

❖ تعيين فحوى الماء لنفس التربة :

نأخذ جزء من العينات السابقة ونضعها في علب معروفة الوزن m_1 ثم نزنها m_2 و نجففها في فرن كهربائي تحت درجة حرارة 105 °م لمدة 24 سا . نتقل العلب للتبريد ، ثم نقوم بوزنها m_3

$$\omega \% = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$$

$$\gamma_d = \gamma_{ap} / (1 + \omega)$$

تدون النتائج في الجدول رقم (2)

❖ تعيين الكتلة الحجمية الجافة :

تدون النتائج في الجدول رقم (3)

2 . الكتلة الحجمية المطلقة

• تجربة المخبرة :

♦ الهدف من التجربة : تهدف إلى تعيين الكتلة الحجمية المطلقة لتربة معينة بمعرفة حجمها المطلق (حجم الحبيبات الصلبة) .

♦ ميدان الاستعمال :

- معرفة الكتلة الحجمية المطلقة لتربة معينة تساعدنا على معرفة مدى رص التربة .

- تقام هذه التجارب على عينات من التربة مأخوذة من الميدان وتكون مفتتة.

♦ مبدأ التجربة : وضع عينة من التربة معروفة الوزن في مخبرة تحتوى على حجم معين من الماء v_1 ، وقراءة الحجم الجديد v_2 .

♦ التجربة :

❖ تحضير العينة : تجفف عينة من التربة في الفرن ثم تفتت جيدا لفصل جزيئات التربة عن بعضها البعض .

❖ الأدوات والمواد المستعملة :

- عينة من التربة .

- ماء .

- مخبرة مدرجة .

- ميزان حساس .

❖ مراحل التجربة :

- وضع حجم معين في المخبرة وليكن v_1 .

- وزن عينة من التربة بعد التجفيف ولتكن m_1 .

- وضع هذه العينة في المخبرة المدرجة .

- التخلص من فراغات الهواء بضرب المخبرة في الأسفل .

- قياس الحجم الجديد v_2 .

❖ العلاقات :

للحصول على الكتلة الحجمية المطلقة γ_{ab} نطبق العلاقة التالية :

$$\gamma_{ab} = m_s / v_s = m_s / (v_2 - v_1)$$

وتدون هذه النتائج في الجدول رقم (4)

❖ الحساب و النتائج :

- املأ الجداول .

- حل كل من قيم γ_{ap} و γ_{ab} وقارن بين هما ؟

- أحسب قيمة التراص c وماذا تستنتج ؟

- استنتج المسامية n ، ونسبة الفراغات e .

- من خلال النتائج المتحصل عليها استنتج حالة التربة ؟

- هل هذه النتائج تحدد لنا مبدئيا نوعية التربة ؟

❖ أسئلة للمناقشة:

- ماهي الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى احتمال حدوث أخطاء أثناء إجراء هذه التجارب ؟

- لماذا صنع الإناء في التجربة الأولى من الحديد الصلب ؟

- ما هو تأثير عمق أخذ العينات في قيمة فحوى الماء ؟

- هل يمكن اعتبار الحجم المقاس في تجربة المخبرة حقيقي ؟ علل؟

1. نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية الرطبة:

طبيعة العينة :

تاريخ التجربة :

عمق العينة :

مصدر العينة :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
وزن الإناء فارغ m_0	غ				
وزن الإناء مع التربة m_1	غ				
حجم الإناء v	سم ³				
γ_{ap}	غ/سم ³				
المعدل					

الجدول رقم (1)

2. نتائج تجربة تعيين محتوى الماء للعينة:

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
رقم العلبة	/				
وزن العلبة فارغة m_1	غ				
وزن العلبة مع التربة رطبة m_2	غ				
وزن العلبة مع العينة جافة m_3	غ				
وزن الماء $m_2 - m_3$	غ				
وزن العينة جافة $m_3 - m_1$	غ				
محتوى الماء $\omega\%$	%				

الجدول رقم (2)

3. استنتاج الكتلة الحجمية الظاهرية الجافة:

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
γ_{ap}	غ/سم ³				
ω	%				
γ_d	غ/سم ³				
المعدل	غ/سم ³				

الجدول رقم (3)

- نتائج تجربة تعيين الكتلة الحجمية المطلقة :

رقم العينة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
كتلة العينة m_1	غ				
حجم الماء v_1	سم ³				
حجم الماء والعينة v_2	سم ³				
حجم الحبيبات لصلبة $v_2 - v_1$	سم ³				
γ_{ab}	غ/سم ³				
المعدل	غ/سم ³				

الجدول رقم (4)

• الكتلة الحجمية الظاهرية الميدانية :

1. تجربة المكثف ذو الغشاء المطاطي :

♦ الهدف من التجربة : تهدف التجربة إلى تعيين الكتلة الحجمية الظاهرية الرطبة والجافة ميدانيا .

♦ ميدان التطبيق :

- تحدد لنا مراقبة الرص لتربة الردم في مختلف المنشآت ، وخاصة الطرق .

- تجرى هذه التجربة في موقع المشروع .

♦ مبدأ التجربة :

- قياس حجم الحفرة في أرضية المشروع بواسطة غشاء مطاطي مملوء بالماء ووزن التربة المستخرجة من الحفرة .

- تجفيف هذه التربة .

♦ التجربة :

❖ الأدوات المستعملة :

-جهاز المكثف ذو الغشاء المطاطي (الش ١٨)

-آلات الحفر .

-مطرقة لتثبيت الجهاز .

-أواني للتجفيف .

-فرن .

-ميزان .

❖ وصف الجهاز :

هو عبارة عن جهاز يعتمد على قوة الضغط اليدوية ، مكون من اسطوانة معدنية تملأ بالماء حوالي 3ل ، قضيب مدرج يسمح بقراءة الحجم المقاس ، غشاء مطاطي يحيط بقاعدة الأسطوانة من الأسفل ، مكبس يقوم بدفع الماء الموجود بالأسطوانة داخل الغشاء المطاطي ، حيث يأخذ الغشاء حجم الحفرة .

قاعدة ارتكاز مربعة الشكل بها فتحة قطرها 5سم يثبت الجهاز عليها بواسطة البراغي ، صفيحة أمن توضع فوق الفتحة لحماية الكيس وضبط الجهاز .

❖ طريقة العمل :

- ينقل الجهاز إلى أرضية الميدان ، بعد ملئه بالماء .

- تسوية أرضية الميدان التي تجرى عليها التجربة .

- تثبيت قاعدة الجهاز بواسطة الأوتاد .

- يثبت الجهاز على القاعدة بواسطة البراغي .

- نضغط على المكبس حتى يتلامس الكيس المطاطي بسطح الأرض ونسجل القراءة

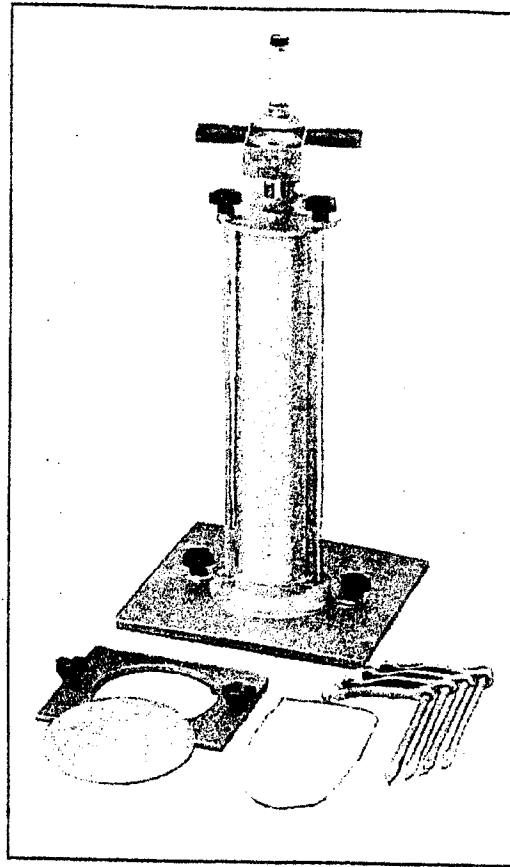
الابتدائية للحجم V_1 ، ونزرع الجهاز من فوق القاعدة .

- حفر حفرة داخل الفتحة الدائرية بارتفاع 10 سم .

- جمع التربة المستخرجة من الحفرة في الإناء ووزنها m_1 (الوزن الصافي)

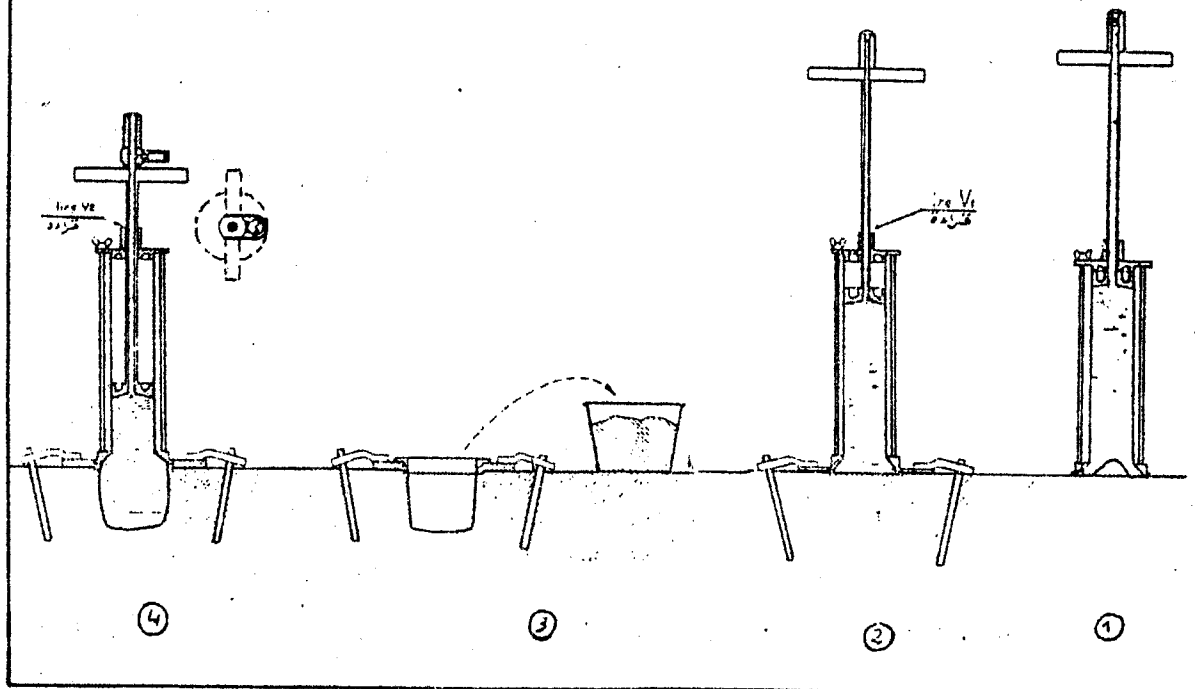
- نعيد تثبيت الجهاز على القاعدة مع ضبطه على الصفر ، ثم الضغط على المكبس

حتى يتلامس الغشاء مع جوانب الحفرة .



(ش ١)، جهاز، لمكثف ذو، اقشاش، لمطاطي

- مراحل تجربة المكثف ذو الكيس المطاطي -



- أخذ القراءة النهائية للحجم v_2 .
- تجفف التربة المستخرجة ووزنها m_2 ، لحساب فحوى الماء ω .
- نعيد التجربة عدة مرات وبنفس الطريقة .

❖ العلاقات :

$$v = v_2 - v_1$$

- حجم الحفرة :

$$\gamma_h = m_1 / v$$

- وزن التربة الرطبة m_1

- الكتلة الحجمية الظاهرية الرطبة:

$$\omega \% = (m_1 - m_2) / m_2 * 100$$

تدون النتائج في الجدول رقم (5)

- فحوى الماء:

$$\gamma_d = \gamma_h / (1 + \omega)$$

تدون النتائج في الجدول رقم (6)

- الكتلة الحجمية الظاهرية الجافة:

تدون النتائج في الجدول رقم (7)

تجربة المكثف ذو الغشاء المطاطي

1. نتائج تجربة تعيين الكتلة الحجمية الرطبة:

- تاريخ التجربة :
- مصدر العينة :
- طبيعة العينة :
- عمق العينة :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
القراءة الأولى للحجم V_1	سم ³				
القراءة النهائية للحجم V_2	سم ³				
حجم الحفرة $V = V_2 - V_1$	سم ³				
وزن التربة m_1	غ				
الكتلة الحجمية الظاهرية الرطبة γ_h	غ/سم ³				
المعدل	غ/سم ³				

الجدول رقم (5)

2. نتائج تعيين فحوى الماء للتربة:

درجة حرارة التجفيف :

رقم العينة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
وزن التربة الرطبة m_1	غ				
وزن التربة الجافة m_2	غ				
وزن الماء $m = m_1 - m_2$	غ				
فحوى الماء ω	%				
المعدل	%				

الجدول رقم (6)

3. استنتاج الكتلة الحجمية الجافة γ_d :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-	-4-
الكتلة الحجمية الرطبة γ_h	غ/سم ³				
فحوى الماء ω	%				
الكتلة الحجمية الجافة γ_d	غ/سم ³				
المعدل	غ/سم ³				

الجدول رقم (7)

العمل التطبيقي رقم 2

◻ التجارب الميدانية للكتل الحجمية

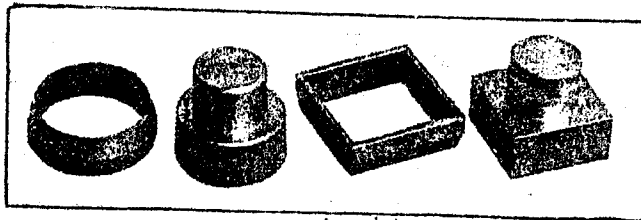
◻ تجربة المكثف ذو الغشاء المطاطي

◻ تجربة علبة القص

2. تجربة علبة القص:

- ♦ الهدف من التجربة : تهدف هذه التجربة إلى تعيين الكتلة الحجمية الرطبة لترربة طبيعية أو ترربة مرصوفة بالموقع إذا كانت درجة الرص تسمح للعلبة باختراقها .
- ♦ ميدان التطبيق :

- تحدد لنا هذه التجربة مدى رص التربة .
- تجرى هذه التجربة غي أرضية المشروع .
- ♦ مبدأ التجربة : تعتمد هذه التجربة على أخذ حجم معين من التربة الطبيعية وإيجاد وزنه ومنه تعيين γ_h .



(ش ٤)

- ♦ التجربة :
- ❖ الأدوات المستعملة :

- علبة القص (ش ٤)
- فرن للتجفيف، ميزان .
- أدوات الحفر، مسطرة مستوية .
- ❖ وصف الجهاز : الجهاز عبارة عن علبة معدنية معروفة الحجم و الوزن مدببة من إحدى نهايتها ، لها شكل مربع أو أسطواني بالإضافة إلى مطرقة من نفس المعدن متناسبة مع أبعادها ، وصفيحتين لهما نفس أبعاد سطح الجهاز .
- ❖ طريقة العمل :

- يحسب الحجم الداخلي للعلبة أو الأسطوانة وذلك بقياس الأبعاد الداخلية v_1 .
- توزن العلبة وهي فارغة m_0 .
- تسوى وتنظف مساحة من التربة على شكل مربع أو دائرة .
- توضع العلبة فوق هذه المساحة بحيث تكون نهايتها المدببة على سطح التربة ويصدق القالب باستخدام مطرقة خاصة حيث يخترق طبقة التربة حتى يكون جزء من التربة بارز فوق سطح التربة .
- يجب عدم حدوث ميل للعلبة أثناء اختراقها للتربة .
- تستخرج العلبة من التربة بالحفر من حولها بعناية كافية بحيث تترك جزء بارز من نهايتها السفلية المدببة .
- تسوى التربة في العلبة باستخدام مسطرة التسوية .
- توزن العلبة وهي مملوءة بالتربة m_1 .
- ثم توضع في الفرن للتجفيف وتوزن m_3 .
- ❖ العلاقات :

للحصول على الكتلة الحجمية الظاهرية الرطبة نطبق العلاقة التالية :

$$\gamma_h = m_2 / v_1 = (m_1 - m_0) / v_1$$

$$\omega \% = (m_1 - m_2) / (m_2 - m_0) * 100$$

$$\gamma_d = \gamma_h / (1 + \omega)$$

تدون النتائج في الجدول رقم (8)

- فحوى الماء :

تدون النتائج في الجدول رقم (9)

- الكتلة الحجمية الظاهرية الجافة :

تجربة علبة القص

1. نتائج تجربة تعيين الكتلة الحجمية الظاهرية:

طبيعة العينة :

تاريخ التجربة :

عمق العينة :

مصدر العينة :

رقم العينة	الوحدة	-1-	-2-	-3-
وزن العلبة m_0	غ			
وزن العلبة مع التربة m_1	غ			
حجم العلبة V_1	سم ³			
وزن التربة $m_2 = m_1 - m_0$	غ			
الكتلة الحجمية الرطبة γ_h	غ/سم ³			
المعدل	غ/سم ³			

الجدول رقم (8)

2. نتائج تعيين فحوى الماء للتربة:

-درجة حرارة التجفيف :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-
وزن التربة الرطبة + العلبة m_1	غ			
وزن التربة الجافة + العلبة m_2	غ			
وزن الماء $m = m_1 - m_2$	سم ³			
فحوى الماء ω	%			
المعدل	%			

الجدول رقم (9)

3. استنتاج الكتلة الحجمية الجافة :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-
الكتلة الحجمية الرطبة γ_h	غ/سم ³			
فحوى الماء ω	%			
الكتلة الحجمية الجافة γ_d	غ/سم ³			
المعدل	غ/سم ³			

الجدول رقم (10)

❖ الحساب و النتائج :

- أكمل الجداول .
- أحسب الكتلة الحجمية المطلقة لهذه التربة (إجراء تجربة المخبرة) .
- أحسب قيمة التراص ، وماذا تستنتج ؟
- استنتج المسامية ونسبة الفراغ .
- من خلال النتائج المتحصل عليها استنتج حالة التربة ؟
- قارن بين تجربة المكثف وعلبة القص ؟
- أي التجربتين أكثر دقة ؟

❖ أسئلة للمناقشة :

- ما هي الأسباب التي تؤدي إلى عدم دقة النتائج أثناء إجراء التجربتين ؟
- هل يمكن إجراء تجربة علبة القص على جميع أنواع التربة ؟

العمل التطبيقي رقم : 3

♦ المسامية

❖ الحساب و النتائج :

- أكمل الجداول .
 - أحسب الكتلة الحجمية المطلقة لهذه التربة (إجراء تجربة المخبرة) .
 - أحسب قيمة التراص ، وماذا تستنتج ؟
 - استنتج المسامية ونسبة الفراغ .
 - من خلال النتائج المتحصل عليها استنتج حالة التربة ؟
 - قارن بين تجربة المكثف وعلبة القص ؟
 - أي التجريبتين أكثر دقة ؟
- ❖ أسئلة للمناقشة :

- ما هي الأسباب التي تؤدي إلى عدم دقة النتائج أثناء إجراء التجريبتين ؟
- هل يمكن إجراء تجربة علبة القص على جميع أنواع التربة ؟

العمل التطبيقي رقم : 3

♦ المسامية

تمهيد : إن كل الحصىيات و الصخور في الطبيعة تحتوى على نسب متفاوتة من الفراغات، بعضها يكون متصل بالوسط الخارجي ويسمى بالمسامات المفتوحة ، وهي التي تشكل أهمية كبرى في ميدان الإنشاء وبعضها الآخر يكون مغلق يسمى بالمسامات المغلقة .

الهدف : تهدف هذه التجربة إلى معرفة حجم الفراغات الموجودة في عينة التربة .

♦ **ميدان التطبيق :**

- تطبيق لمعرفة قدرة تفاعل العينة مع الماء.

- تطبيق على عينات حصوية.

♦ **مبدأ التجربة :**

- ملء فراغات عينة من التربة الحصوية معروفة الوزن وذلك بعد تجفيف الماء الموجود في الفراغات .

- الوزن الجديد يعطي حجم الفراغات الموجودة في هذه العينة .

♦ **التجربة**

❖ **تحضير العينة :**

- تحضير كميات معتبرة من الحصىيات تكون معروفة الحجم بواسطة تجربة المخبرة المدرجة أو معروفة الكتلة الحجمية المطلقة .

- تجفف لمدة 24 ساعة تحت درجة حرارة 110° مم وزنها .

❖ **الأدوات والمواد المستعملة :**

- عينة من التربة الجافة .

- حوض مائي .

- فرن، موقد كهربائي.

- ميزان .

❖ **مراحل التجربة :**

- بعد تجفيف العينة نتحصل على الوزن m_0 .

- نضع العينة في ماء بارد ونرفع في درجة الغليان لمدة ساعتين وذلك للتخلص من الهواء الموجود في الفراغات .

- ننزع الحوض المائي الذي يحتوى على العينة من فوق الموقد ونتركه يبرد لكي يسمح بدخول الماء لكل الفراغات المفتوحة .

- ننزع العينة من الماء ونقوم بمسحها بواسطة منشفة ثم نزنها بمبلة m_1 .

❖ **الملاحظة :**

$$n = (m_1 - m_0) / v = v_v / v * 100$$

حيث : v_v : حجم الفراغات .

v : الحجم الكلي للعينة .

- **ملاحظة :** عندما يتعذر علينا حساب حجم العينة وتكون غير معروفة الكتلة الحجمية المطلقة

يمكن أخذ القيمة التقريبية $\rho = 2.7$ كغ / سم³ .

نتائج تجربة تعيين المسامية

تاريخ التجربة :

مصدر العينة :

طبيعة العينة :

عمق العينة :

رقم التجربة	الوحدة	-1-	-2-	-3-
وزن العينة بعد التجفيف m_0	غ			
وزن العينة بعد ملء الفراغات بالماء m_1	غ			
حجم الفراغات V_v	سم ³			
حجم العينة V	سم ³			
المسامية n	%			

❖ تحليل النتائج :- املأ الجدول .

- أحسب نسبة الفراغات ودرجة التراص .

- حلل النتائج المتحصل عليها ؟

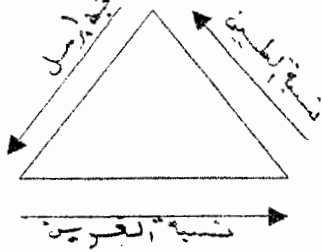
- تصنيف التربة :-

□ **تمهيد :** إن التربة في الطبيعة عبارة عن خليط غير متجانس متكون من حبيبات ذات أبعاد مختلفة ، وقد تم تقسيمها حسب أقطارها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي : تربة ذات حبيبات خشنة ، تربة ذات حبيبات ناعمة ، تربة عضوية .

ولدراسة أي مشروع انشائي يجب معرفة خصائص التربة التي سيقام عليها ، وهذا اعتمادا على بعض التجارب التصنيفية مثل تجربة التحليل الحبيبي حدود اتربارغ ، المكافئ الرملية ولهذه التجارب التصنيفية مدارس عالمية تحدد مجالاتها ، سنتطرق إلى أهمها :

♦ **نظام التصنيف الزراعي:**

يعتبر هذا النظام من أبسط وأقدم نظم التصنيف، وسمي بالتصنيف الزراعي لأنه كان قديما يقتصر على تصنيف التربة الزراعية ، ويمثل هذا النظام في مثلث متساوي الأضلاع ويرسم على كل ضلع منه النسبة المئوية لكل من الطين ، الغرين ، الرمل وتتراوح كل نسبة من 0% إلى 100 % ، بحيث يكون الدوران في اتجاه واحد كما هو مبين في الشكل :

♦ **نظام التصنيف الإنجليزي :**

يعتمد هذا النظام على النوع الغالب للتربة ، قد يكون خشنا حصي أو رمل، إذا تواجد بنسبة أكثر من 65 % في التربة بعد إزالة الحجر أو يكون النوع الغالب ناعما طمي أو طين إذا تواجد بنسبة أكثر من 65% من التربة . وحدود أقطاره مدونة في جداول خاصة به ، كما توجد منحنيات خاصة باللدونة حسب هذا النظام تستخدم في دراسة وتصنيف التربة الناعمة .

♦ **نظام التصنيف الموحد:**

وضع هذا النظام من قبل العلم كازاغراندي عام 1942 م وعرف آنذاك باسمه ، وأجريت عليه بعض التعديلات وتم اعتماده سنة 1946 م . ويعتمد هذا النظام على حجم حبيبات التربة وعلى لدونتها ، بحيث تقسم التربة إلى قسمين رئيسيين هما :

1. تربة خشنة إذا كانت نسبة حبيباتها الخشنة أكثر من 50 % .
2. تربة ناعمة إذا كانت نسبة حبيباتها الناعمة أكثر من 50 % .

وتجرى تقسيمات فرعية لكل قسم بحيث يعتمد التصنيف في التربة الخشنة كثيرا على التحليل الحبيبي في حين أن التصنيف التربة الناعمة يعتمد بصورة أكبر على لدونتها

- وهذا الأخير هو التصنيف المعتمد عليه في التحليل والتجارب التصنيفية للتربة في الجزائر

جدول تصنيف التربة حسب النظام الموحد:

طبيعة التربة	القطر	طبيعة التربة	القطر
الحجارة	$\emptyset < 63 \text{ مم}$	عزير خشن	$20 \text{ مم} > \emptyset > 80 \text{ مم}$
حصى خشن	$20 \text{ مم} > \emptyset \geq 63 \text{ مم}$	عزير متوسط	$6 \text{ مم} > \emptyset > 20 \text{ مم}$
حصى متوسط	$6 \text{ مم} > \emptyset \geq 20 \text{ مم}$	عزير رفيع	$2 \text{ مم} > \emptyset \geq 6 \text{ مم}$
حصى دقيق	$2 \text{ مم} > \emptyset \geq 6 \text{ مم}$	طين	$0.6 \text{ مم} > \emptyset \geq 2 \text{ مم}$
رمل خشن	$0.6 \text{ مم} > \emptyset \geq 2 \text{ مم}$		
رمل متوسط	$0.2 \text{ مم} > \emptyset > 0.6 \text{ مم}$		
رمل ناعم	$0.08 \text{ مم} > \emptyset > 0.2 \text{ مم}$		

جدول يثل مختلف تصنیفات التربة :

SEUILS GRANULOMÉTRIQUES POUR DIVERS PAYS												
mm	60	20,0	6,0	2,0	0,6	0,4	0,2	0,06	0,02	0,006	0,002	
Atterberg (1905) Nomencl. Routière	Cailloux		Graviers		Sables gros fins			Limons			Argiles	
British Standard System	Cailloux		Graviers		Sables gros moyens fins			Limons gros moyens fins			Argiles	
Sté Autrichienne de recherches routières	Cailloux		Graviers		Sables gros fins			Limons			Argiles	
Massachus. Instit. of Technology	Cailloux		Graviers		Sables			Limons			Argiles	
Sté Allemande de Rech. Rout. ; DIN 4022	Cailloux		Graviers gros moyens fins		Sables gros moyens fins			Limons			Argiles	
Suisse Norme S.N.V.	Cailloux		Graviers		Sables			Limons			Argiles	
C.R.R. Bruxelles Belgique	Cailloux Fraction (VI)		Graviers (V)		Sables gros (IV) fins (III)			Limons (II)			Argiles (I)	
A.S.T.M.	Cailloux		Graviers gros fins		Sables gros fins			Limons			Argiles	
U.S.C.S. Corps of engineers	Cailloux		Graviers gros fins		Sables gros moyens fins			Limons et (ou) argiles				
A.A.S.H.O.	Cailloux		Graviers gros moyens fins		Sables gros moyens fins			Limons			Argiles	
Civils Aeronautics Administration (U.S.Q.)			Graviers		Sables gros fins			Limons			Argiles	
		76,2	25,4	19,1	9,52	4,76	2,0	0,42	0,25	0,074	0,05	0,005

□ التحليل الحبيبي للتربة :

يعرف التحليل الحبيبي بأنه نسبة أوزان الحجوم المختلفة للحبيبات في وزن معلوم من التربة، وللتحليل الحبيبي تأثيرا كبيرا في الكثير من خواص التربة مثل الرص ، الكثافة المسامية، النفاذية، وبالنسبة للتربة الناعمة يؤثر على اللدونة والانتفاخ والإنكماش كما أن لحجم الحبيبات أهمية كبرى في المنشآت الترابية مثل السدود والطرق البرية ، حيث تكون التربة هي مادة الإنشاء .

□ اختبارات وتجارب التحليل الحبيبي :

للقيام بهذه الاختبارات نقوم بإجراء نوعين من التجارب .

1. التحليل الحبيبي بواسطة الغربلة : للحبيبات الخشنة.

2. التحليل الحبيبي الترسيبي : للحبيبات الناعمة.

العمل التطبيقي رقم 4

♦ التحليل الحبيبي بالغرلة

• التحليل الحبيبي بالغربة :

هو فصل مختلف حجوم حبيبات التربة من وزن معلوم لها بواسطة الغربة من خلال تحليل ميكانيكي للعينة، طالما كان ذلك ممكنا عمليا.
وتتم هذه العملية على التربة الحصوية والرملية التي أقطارها أكثر من $\mu 80$ وهو نوعان :

- التحليل الحبيبي الجاف .

- التحليل الحبيبي الرطب .

♦ الهدف من التجربة :

يهدف هذا التحليل إلى معرفة التوزيع الحبيبي للتربة حسب أقطارها بنسب مئوية وذلك لتحديد صلاحية استعمالها .

♦ ميدان التطبيق :

- للأعمال الخرسانية (البناء، الأشغال العمومية) .

- عينة مأخوذة من أرضية المشروع .

♦ مبدأ التجربة :

هو غربة أو نخل كمية معينة من التربة الجافة في مجموعة من المناخل أو الغرايل المرتبة ترتيبا تنازليا، قصد فصل الحبيبات عن بعضها البعض حسب أقطارها .

♦ التجربة

❖ تحضير العينة :

- تؤخذ كمية معتبرة من العينة الجافة .

- للحصول على الوزن اللازم لإجراء التجربة نقيس قطر أكبر عنصر في هذه العينة .

- نقوم بتطبيق علاقة أفنور (AFNOR) التالية :

$$\emptyset 200 < M < \emptyset 600$$

حيث: M : كتلة العينة "كغ".

$\emptyset$: قطر العينة "مم".

- تحديد وزن العينة يهدف إلى إجراء التجربة على جزء معتبر ممثل للتربة .

❖ الأدوات المستعملة :

- غرايل ذات ثقوب مربعة ضلعها " α " (بالنسبة للأقطار الضعيفة حتي 0.1 مم إلى 0.08 مم) (م 1).

- مناخل ذات ثقوب مستديرة قطرها d (بالنسبة للأقطار الكبيرة 5 مم) .

$$d = 1.25\alpha$$

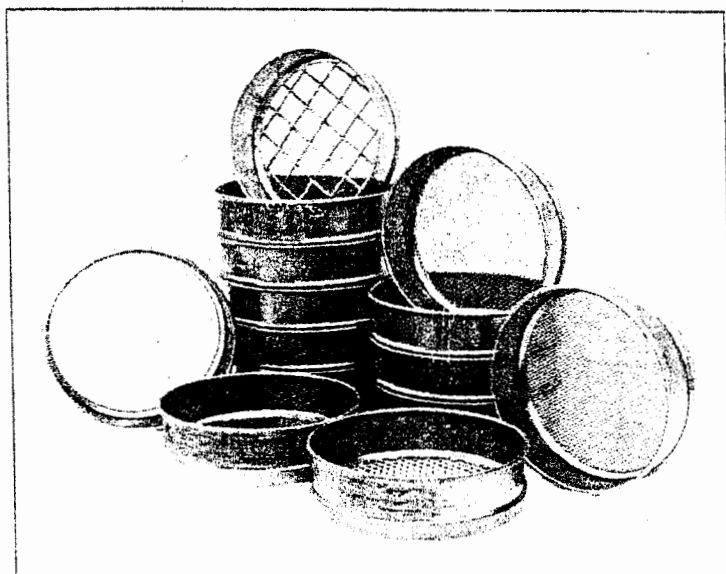
- إناء لوضع التربة المراد تحليلها .

- ميزان .

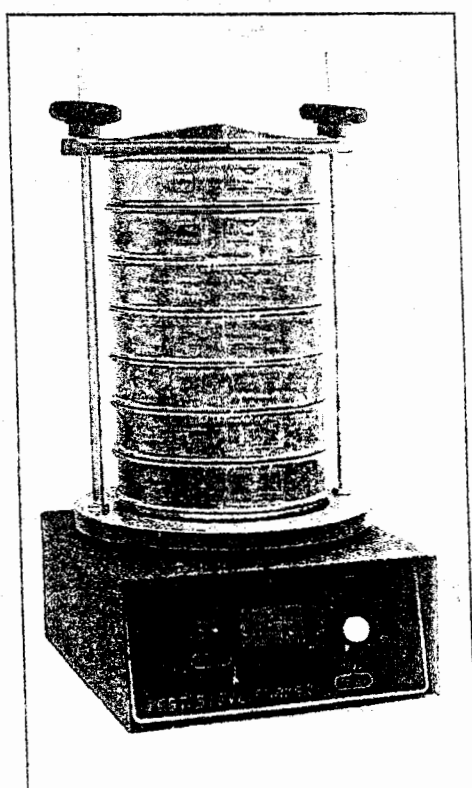
- فرن .

- آلة اهتزاز ميكانيكية (س 2) .

- إناء لأخذ الجزء المتبقي .



(ش ١): الغراميل



(ش ١) جهاز الغربلة

❖ مراحل التجربة :

- بعد معرفة وزن العينة بالطريقة السابقة M نقوم بتحضير سلسلة من المناخل حيث يتم إختيار أقطارها حسب الفحص النظري للعينة .
- المنخل الأول يكون قطره أكبر من قطر أكبر عنصر في العينة .
- الغربايل التي تليه تكون مرتبة ترتيبا تنازليا .
- تفريغ العينة على سلسلة الغربايل .
- تشغيل الجهاز مدة معينة من الزمن .
- بعد توقف الجهاز نأخذ الغربال العلوي ونهزه فوق الغربال الذي يليه ونتوقف عندما نتأكد من أن كل غربال لم يرفض إلى ما هو أكبر قطر منه .
- نزن الكمية المرفوضة من الغربال .
- تكرر العملية مع باقي الغربايل .
- نقوم بوزن الكمية المتبقية من عملية الغربلة والتي قطرها أقل من 0.08 مم .

❖ إحتياطات :

1. كمية المادة المحجوزة (المتبقية) على كل غربال يجب أن تكون قليلة لأن الإفراط في الكمية يمنع الحبيبات من بلوغها سطح الغربال .
2. تشوه فتحات الغربال يغير النتائج ويجب أن لا يحدث أي ضغط على الغربال .
3. مراقبة أبعاد فتحات الغربايل ونظافتها أمر ضروري .
4. يجب أن لا يكون هناك ضياع أثناء وزن الكميات الموجودة .

❖ العلاقات :

المرفوض الجزئي هو الجزء المتبقي في كل الغربايل

$$M_1, M_2, \dots, M_n$$

المرفوض الكلي هو وزن الجزء المتبقي في الغربايل زائد الأجزاء المتبقية في الغربايل التي فوقه .

$$M_1 = M_1$$

$$M_2 = M_2 + M_1$$

$$M_n = M_n + M_{n-1} + \dots + M_2 + M_1$$

المرفوض الكلي بالنسبة المئوية .

$$M_C (\%) = M_n / M * 100$$

- M_n : وزن المرفوض الكلي .

- M : الوزن الكلي للعينة .

- النسبة المئوية للمار :

$$P = 100\% - M_C \%$$

- وبعد إتمام عملية الحساب وتدوينها في الجدول رقم 1- نقوم برسم منحنى التحليل الحبيبي لعينة التربة .

ويرسم هذا المنحنى بطريقة التالية :

- محور الترتيب يمثل نسبة المار.

- محور الفواصل يمثل لوغريتم قطر الغرابيل.

ملاحظة : منحنى التحليل الحبيبي يأخذ عدة أشكال وذلك حسب نوعية التربة .

• المعاملات التي تستنتج من المنحنى البياني :

1. معامل الإنتضام (معامل هازن) :

وهو عبارة عن نسبة بين قطر حبيبات 60% (D_{60}) إلى قطر حبيبات 10% (D_{10}) ويستفاد من هذا المعامل في تحديد مدى تدرج التربة ويحسب وفقى العلاقة التالية :

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

حيث :

D_{60} : القطر المناسب لـ 60 % من المار الكلي .

D_{10} : القطر المناسب لـ 10 % من المار الكلي ، ويسمى بالقطر الفعال .

2. معامل التحدب (الإنحناء) :

يحدد لنا مدى تجانس التربة وإحتوائها على مختلف أبعاد الحبيبات ويحسب بإستعمال

$$C_c = (D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10}$$

العلاقة التالية :

حيث :

D_{30} : القطر المناسب لـ 30% من المار الكلي .

لكي تكون التربة جيدة التدرج فإن مقدار معامل الإنحناء يجب أن يتراوح من (1 إلى 3) .

3. معامل النعومة :

هو الجزء المئوي لمجموع المرفوض فوق 10 غرابيل يعطى بالعلاقة التالية:

$$M_f = \sum_{n=1}^{n=40} M_c(\%) / 100$$

- $M_f \leq 3.5$ حصى وحجارة .

- $1.5 \leq M_f \leq 3.5$ رمل .

- $M_f > 1.5$ رمل دقيق .

وبتحديد هذه المعاملات وحسابها يمكن تحديد نوعية التربة .

جدول تصنيف التربة للحبيبات الخشنة :

التسمية	الشرط	الرمز	التعريف		
حصى نقي جيد التدرج	$(D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10} < 4$ محصور بين 3 و 4	Gb (GW)	ج	أكثر من 50% قطرها < 0.08 مم أقل من 5% قطرها > 0.08 مم	
حصى نقي سيئ التدرج	إذا لم يتحقق شرط من شرطي Gb	G M (Gp)			
حصى غريني	حدود أتربارج تحت خط A	GL (G M)			
حصى طيني	حدود أتربارج فوق خط A	GA (G c)	ر	أكثر من 50% قطرها < 0.08 مم أقل من 5% قطرها > 0.08 مم	رمل
رمل نقي جيد التدرج	$(D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10} < 6$ محصور بين 3 و 6	Sb (Sw)			
رمل نقي سيئ التدرج	إذا لم يتحقق شرط من شرطي Sb	Sm (Sp)			
رمل غريني	حدود أتربارج تحت خط A	SL (Sm)			
رمل طيني	حدود أتربارج فوق خط A	SA (Sc)			
العناصر المحصورة بين 5% و 12% والتي أقلها أقل من 0.08 مم تندرج التسمية					

❖ الحسابات والنتائج :

- إملأ الجدول .
- $P = f(\emptyset)$ أرسـم المنحنى البياني
- إستنتج المعاملات التالية :
- معامل الانتظام C_u .
- معامل التحدب C_c
- معامل النعومة M_f .
- إستنتج النسب المئوية لأنواع التربة من المنحنى.
- بالرجوع إلى جدول تصنيف التربة حل النتائج.

❖ أسئلة للمناقشة :

- أيهما أكثر دقة الغرايل أو المناخل؟
- هل هناك فرق إذا استعملنا تصانيف أخرى ؟

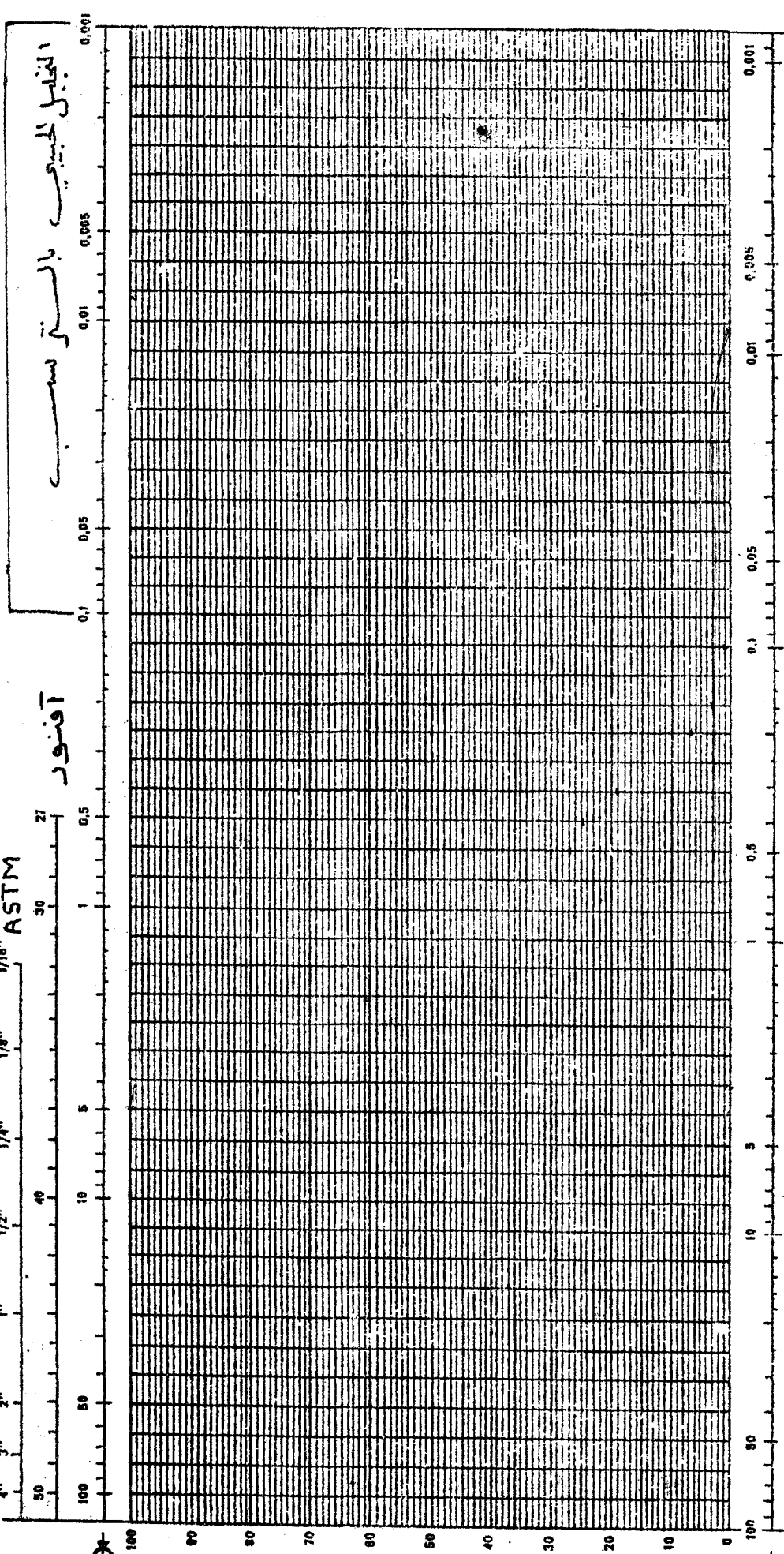
التحليل الحبيبي بالغربة (عينة جافة)

الوزن الكلي للعينة : تاريخ التجربة :

ملاحظات	المار (%)	المرفوض (%)	المرفوض الكلي (غ)	المرفوض الجزئي (غ)	مناخل كم	غرابيل كم	معامل آفتور
					100	80	50
					80	63	49
					63	50	48
					50	40	47
					40	31.5	46
					31.5	25	45
					25	20	44
					20	16	43
					16	12.5	42
					12.5	10	41
					10	8	40
					8	6.3	39
					6.3	5	38
					5	4	37
					4	3.15	36
					3.15	2.5	35
					2.5	2.0	34
					2	1.6	33
					1.6	1.25	32
					1.25	1	31
					1	0.8	30
					0.8	0.63	29
					0.63	0.5	28
					0.5	0.4	27
					0.4	0.315	26
					0.315	0.250	25
					0.25	0.200	24
					0.2	0.16	23
					0.16	0.125	22
					0.125	0.1	21
					0.1	0.08	20
					0.08	0.063	19
					0.063	0.05	18

التعليق الحبيبي

مناخل (القطر مم)



عزيب

آف شور
ASTM

□ تمهيد:

إن طريقة التحليل الحبيبي بالغربة تصبح غير صالحة في معرفة تدرج حبيبات التربة التي أبعادها أقل من 80 مك ، وذلك لإستحالة عملية الغربة عند تصغير أقطار الغرايل ، لذلك نعود إلى طريقة التحليل الحبيبي الترسيبي للحبيبات الناعمة .

□ التحليل الحبيبي الترسيبي : هو تجربة متممة للتحليل الحبيبي بالغربة حيث تستخدم لفصل الحبيبات الناعمة ذات القطر الأقل من 80 مك ، وتعتمد هذه التجربة على مبدأ اختلاف سرعة السقوط الحبيبات في سائل ساكن وليكن الماء حسب قطرها ، قد حددت العلاقة بين سرعة سقوط الحبيبات في الماء وأبعادها بقانون ستوكس .

◆ الهدف من التجربة :

يهدف هذا التحليل إلى معرفة التوزيع الحبيبي للتربة الناعمة حسب أقطارها، وكذا النسب المئوية لكل صنف من الوزن الكلي .

◆ ميدان التطبيق :

- هو معرفة نوع التربة، نفاذيتها، مقاومتها للأحمال .

- تتم على عينات التي حبيباتها أقل من 0.08 مم .

◆ مبدأ التجربة :

تعتمد هذه التجربة على قياس كثافة المحلول (تربة، الماء) في فترات مختلفة حيث تكون في بداية التجربة كثافة المحلول متجانسة ، ومع مرور الوقت تترسب الجزيئات فتؤدي إلى نقص كثافة المحلول وتجانسه .

◆ التجربة :

❖ الأدوات المستعملة

- غرايل .

- جهاز قياس الكثافة (المكثاف) .

- أنابيب مدرجة .

- ميقانية .

- ميزان .

- ترمومتر .

- أداة تحريك يدوية .

- مخلط كهربائي .

- محلول يساعد على فصل الحبيبات

❖ تحضير العينة:

- تمرير كمية معتبرة من التربة على سلسلة من الغرايل حيث يكون الغريال الأخير قطره 0.08 مم.

- الكمية المارة تكون أكثر من 100 غ.

- وزن 80 غ من العينة الجافة ونضعها في إناء.

- نضيف لها 500 سم³ من الماء المقطر مضاف إليه 5% من محلول $(NaPO_3)_6$ وتترك لمدة

18 ساعة، وذلك لضمان الفصل الجيد للحبيبات.

قيم اللزوجة بدلالة درجة الحرارة :

29	28	27	26	25	24	23	21	20	19	18	17	16	T_c^0
0.7975	0.8148	0.8515	0.8705	0.8904	0.9111	0.9325	0.9779	1.002	1.027	1.053	1.081	1.109	$\eta 10^3$

4- حساب قيمة H_R : $H_R = H + 1/2(h-v/A)$

حيث :

 H_R : العمق الحقيقي لمركز الدفع . H : المسافة بين بداية القضيب والقراءة R . h : طول إحصائية المكثاف . V : حجم إحصائية المكثاف . A : مقطع الأنبوب الزجاجي .

هذا القانون يطبق على كل القراءات ما عدا القراءات الأولى التي يبقى فيها المكثاف داخل الأنبوب - ويمكن حساب H_R بطريقة أخرى وهي كالتالي :

$$H_R = H_0 - R/d$$

$$R' = R + C_m$$

حيث :

 H_0 : المسافة بين مركز النقل والمكثاف والتدريجة 1000 d : المسافة بين التدرجتين المتتاليتين.

حساب النسب المعدلة : تحسب النسب المعدلة للحبيبات ذات القطر أصغر من 0.08 مم بالعلاقة

$$P = \gamma_s \cdot \gamma_w \cdot v \cdot R_1 / 10(\gamma_s - \gamma_w) \cdot m$$

التالية :

حيث :

 P : النسبة المعدلة للحبيبات ذات القطر أصغر من 0.008 بالنسبة لوزن العينة m . v : حجم الماء

ملاحظة : لرسم منحنى التحليل الحبيبي الكامل الممثل للغرلة والترسب فإن قيم P للترسيب تحول بواسطة العلاقة التالية للربط بين منحنى الغرلة والترسب.

$$P_{total} = P_x \cdot P\%/100$$

حيث :

 P_{total} : النسب المئوية المعدلة للحبيبات بالنسبة للكمية الكلية المحللة (الغرلة والترسيب) P_x : النسب المعدلة بالنسبة للتحليل الحبيبي للغرلة (المتبقي).

❖ الحسابات والنتائج :

- إملأ الجدول.

- أرسم المنحنى البياني $P=f(\phi)$. حل النتائج .

❖ أسئلة للمناقشة :

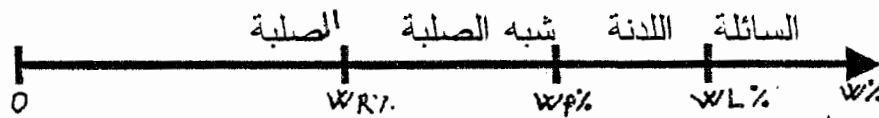
- ما هي الصعوبات التي تواجهك أثناء إجراء هذه التجربة.

- هل يمكن إجراء تجربة أخرى تصنف الحبيبات لتي أقطارها أقل من 0.08 مم.

□ تمهيد:

إن اختلاف نسبة الرطوبة في التربة له أثر كبير على سلوكها ، وخاصة التربة الطينية وبذلك يمكن أن نجد لها على شكل أربع حالات هي :

1. الحالة السائلة : في هذه الحالة تكون للتربة تماسك ضعيف، لها هيئة سائل، حيث تكون قابلة للصب، وتكون حبيباتها منفصلة عن بعضها البعض، وتكون غير قابلة للتشكيل
2. الحالة اللدنة : يكون للتربة تماسك مهم نوعاً ما لا تستوي عند الصب، يمكن أن تتشوه بدون أن تتكسر (قابلة للتشكيل) .
3. الحالة الشبه الصلبة : يكون تشوه التربة في هذه الحالة ضعيف حيث تبدأ في فقدان مائها البيني، ويحدث لها إنكماش .
4. الحالة الصلبة : تكون التربة في هذه الحالة قاسية، لا يمكن تغير شكلها، كما تبدي مقاومة ضد القوى المؤثرة عليها ولا يحدث لها انكماش .



□ حدود أتر بارج:

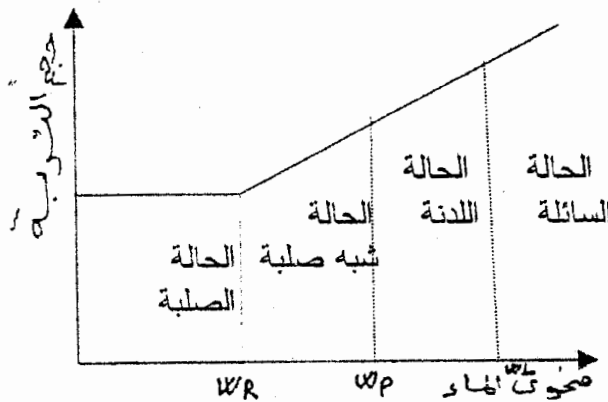
تعرف المحتويات المائية التي عندها تنتقل التربة الناعمة من حالة إلى أخرى بحدود أتر بارج لقوام التربة، وتعين تلك الحدود بواسطة تجارب عملية بسيطة إكتشفها العالم السويدي أتر بارج سنة 1911م، ثم أكدها بعده العالم كازاغراندي حيث قام بتصميم جهاز قياس حد السيولة وحدد طريقة تعيينه بدقة إضافة إلى تعيين بقية الحدود .

- تعتمد حدود أتر بارج على:

- نعومة الحبيبات .
- قيمة فحوى الماء الموجود بها .

وتتكون حدود أتر بارج لقوام التربة من :

- حد السيولة WL
- حد اللدونة WP
- حد الإنكماش W/R



I. تجربة حد السيولة :

□ تعريف حد السيولة : يعرف بأنه فحوى الماء الذي عنده تنتقل التربة من حالة السيولة إلى حالة اللدونة، وكتعريف مستنتج من التجربة العلمية المستخدمة لتحديد هذا الحد فإن حد السيولة هو فحوى الماء الذي عنده يلتقي شق كازاغرانند بعد 25 ضربة .

♦ الهدف من التجربة :

تحديد نسبة كمية الماء التي تنتقل فيها التربة الطينية من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة .

♦ ميدان التطبيق :

- معرفة انضغاطية التربة ومقاومتها للأحمال .

- تتم على عينات من التربة الطينية .

♦ مبدأ التجربة :

وضع عجينة طينية في صحن كازاغرانند وإجراء شق في وسط الصحن وتسلط عليه عدد من الضربات المتتالية بسرعة ثابتة حتى إغلاق جهتي الشق .

♦ التجربة:

❖ تحضير العينة :

- تحضير كمية من التربة .

- غربلتها في غربال ذو قطر 0.4 مم و تجفيفها لحساب فحوى الماء الطبيعي لها.

- خلط العينة بالماء المقطر على صفيحة من الزجاج بواسطة أداة خلط.

- تغطية العجينة بكيس بلاستيكي حتى تحافظ على رطوبتها وتركها 12 ساعة كي تصبح نسبة الماء متجانسة في هذه العجينة .

❖ الأدوات المستعملة :

- جهاز كازاغرانند (1)

- أدوات الشق .

- صفيحة زجاجية .

- فرن .

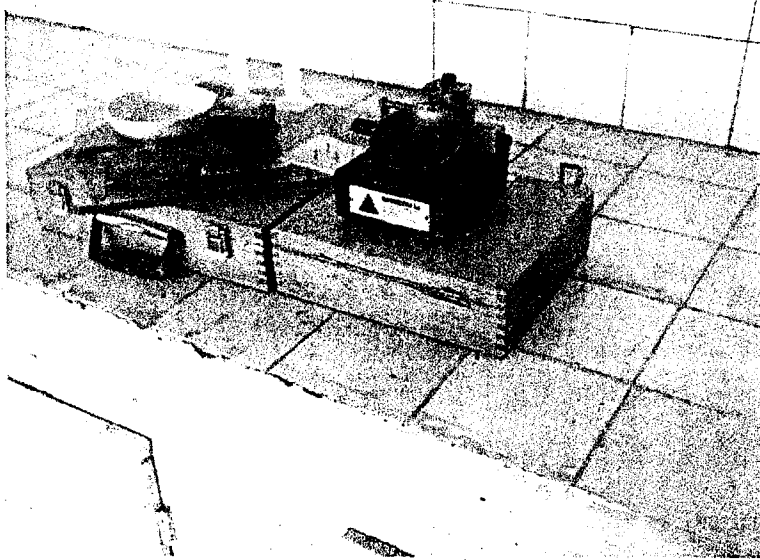
- ميزان .

- غربال قطره 0.4 مم، أواني للتجفيف.

❖ وصف الجهاز :

هو جهاز مكون من قذح نحاسي دائري الشكل يتحرك حول محور أفقي إلى أعلى بارتفاع 10 مم ويسقط على هيكل خشبي صلب، وأداة للشق تسمح بإنجاز شق في العينة الموزعة على قذح الجهاز.

الشكل رقم (1) يوضح لنا مكونات الجهاز .



(مئي ٩) جهاز كازاغرنند وأدواته

❖ مراحل التجربة :

- نأخذ كمية من العينة المحضرة سابقا ونضعها في القدرح (الصحن).
- نملئ صحن الجهاز بنسبة $\frac{3}{4}$ منه، وتوزع بصفة منتظمة بالسكين .
- نشق في وسط الصحن بواسطة أداة الشق .
- تدوير الجهاز ليرتفع الصحن مسافة 1سم ثم يسقط على الهيكل الخشبي بسرعة ثابتة أي بمعدل ضربتين في الثانية .
- نحسب عدد الضربات اللازمة إلى أن يتم التحام الشقين بطول 1 سم .
- نسجل عدد الضربات .
- نقاس نسبة فحوى الماء بأخذ عينتين من جهتي الشق ثم نزنهما، ونضعهما في الفرن لمدة 24 سا تحت درجة حرارة 110م° .
- يفرغ الصحن وتخلط العينة من جديد وتكرر العملية عدة مرات على نفس العينة.

❖ ملاحظة :

- (1) يجب ان تجرى التجربة على 4 او 5 تجارب حيث عدد الضربات إثنان منها تعطي عدد الضربات اقل من 25 وأخرى تعطي اكثر من 25 نتحصل في الأخير على ثنائية (عدد الضربات N، وفحوى الماء $\omega\%$) .
- (2) يجب أن يكون عدد الضربات بين 15 و 35 ضربة.
- $15 > N$: تربة عبارة عن سائل لزج يجب تجفيفه.
- $35 > N$: تربة (بلاستيكية) يجب إضافة الماء إليها.

❖ العلاقات والحسابات : يمكن حساب حد السيولة بطريقتين هما :

• الطريقة الأولى :

تتطلب إجراء 5 تجارب فأكثر بحيث يكون عدد الضربات موزع (15، 35) ضربة.

- يرسم المنحنى البياني بالطريقة التالية :

- محور الفواصل يمثل عدد الضربات (مقياس لوغارتمي)

- محور الترتيب يمثل محتوى الرطوبة ($\omega\%$)

$$W_L = f(25)$$

• الطريقة الثانية :

1. العلاقة الحسابية: تتطلب إجراء تجربتين على الأقل :

التجربة الأولى : عدد ضاربها $N_1 \in (25, 15) \rightarrow \omega_1\%$

التجربة الثانية : عدد ضاربها $N_2 \in (25, 15) \rightarrow \omega_2\%$

يحسب بالعلاقة التالية:

$$W_{L1,2} = \omega_{1,2} (N_{1,2}/25)^{\alpha}$$

حيث :

- N : عدد الضربات التي يلتقي عندها الشقين .

- ω : محتوى الرطوبة المحسوب .

- α معامل يختلف من دولة إلى أخرى ($\alpha = 0.121$ بفرنسا)

$$W_L = (W_{L1} + W_{L2})/2$$

- يتم تعيين W_L النهائية بالعلاقة التالية :

2. المخطط البياني Nomogramme: الموضح في الشكل رقم (2)

II. تجربة حد اللدونة :

□ تعريف حد اللدونة: يعرف بأنه فحوى الماء الذي عنده تنتقل التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة، أو بأنه أقل محتوى مائي الذي تكون عنده التربة لدنة .
وكتعريف مستنتج من التجربة العملية المستخدمة لهذا الحد فإنه فحوى الماء للتربة الذي يبدأ عنده حبل من العجينة قطرة 3 مم في الشقق والتكسر، عند رفعه بإصبع اليد .

♦ الهدف من التجربة :

تحدد نسبة كمية الماء التي تنتقل فيها التربة الطينية من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة .
♦ مبدأ التجربة :

تشكيل فتائل من التربة الناعمة قطرها 3 مم وبطول يتراوح (12-15سم) ورفعها إلى الأعلى بإصبع اليد وعند حدوث التشقق (حيث طول قطع التشققات يتراوح من 2 إلى 3 سم) يجفف جزء من الفتائل لحساب فحوى الماء .

♦ التجربة

❖ تحضير العينة:

بعد الانتهاء من تعيين حد السيولة نأخذ 3 أو 4 كريات من العجينة السابقة .

❖ الأدوات المستعملة :

- اللوح الزجاجي .
- آواني للتجفيف .
- فرن .

❖ مراحل التجربة :

- نضع كرية طينية فوق اللوح الزجاجي .
- تدحرج براحة اليد قصد التقليل من فحوى الماء .
- يتم ذلك خلال عدة محاولات .
- نستمر في دحرجة الفتيل حتى يصبح قطره حوالي 3 مم .
- نرفع الفتيل من 1 إلى 2 سم إذا تشقق أو انقطع عندها يحسب فحوى الماء بالتجفيف الذي يمثل حد اللدونة .

تدون النتائج في الجدول رقم (1)

❖ العلاقات : فحوى الماء:

- يمكن حساب حد اللدونة :

$$\omega = (M_3 - M_2) / (M_3 - M_1) \cdot 100$$

$$W_P = (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) \dots / n$$

حيث:

ω : فحوى الماء

n : عدد التجارب

• جدول تصنيف التربة تبعا لدليل لدونتها :

دليل اللدونة	صنف التربة
0	تربة غير لدنة
من 1 إلى 5	تربة لدنة نوعا ما
من 5 إلى 10	تربة واطئة اللدونة
من 10 إلى 20	تربة متوسطة اللدونة
من 20 إلى 40	تربة عالية اللدونة
أكثر من 50	تربة لدنة جدا

• العلاقات بين حد السيولة وحد اللدونة :

- دليل اللدونة IP : وهو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة يعرف IP بالعلاقة التالية :

$$I_p = W_L - W_p$$

- دليل السيولة IL : ويعرف دليل السيولة IL بالعلاقة التالية :

$$I_L = \omega - W_p / IP$$

حيث :

ω : فحوى الماء الطبيعي .

W_p : حد اللدونة .

IP : دليل اللدونة .

دليل قوام I_c : ويعرف دليل القوام I_c بالعلاقة التالية :

$$I_c = W_L - \omega / IP$$

❖ الحسابات والنتائج :

- أكمل الجداول وارسم المنحنى البياني $\omega = f(N)$.

- أحسب حد السيولة بالطريقتين .

- أحسب حد اللدونة .

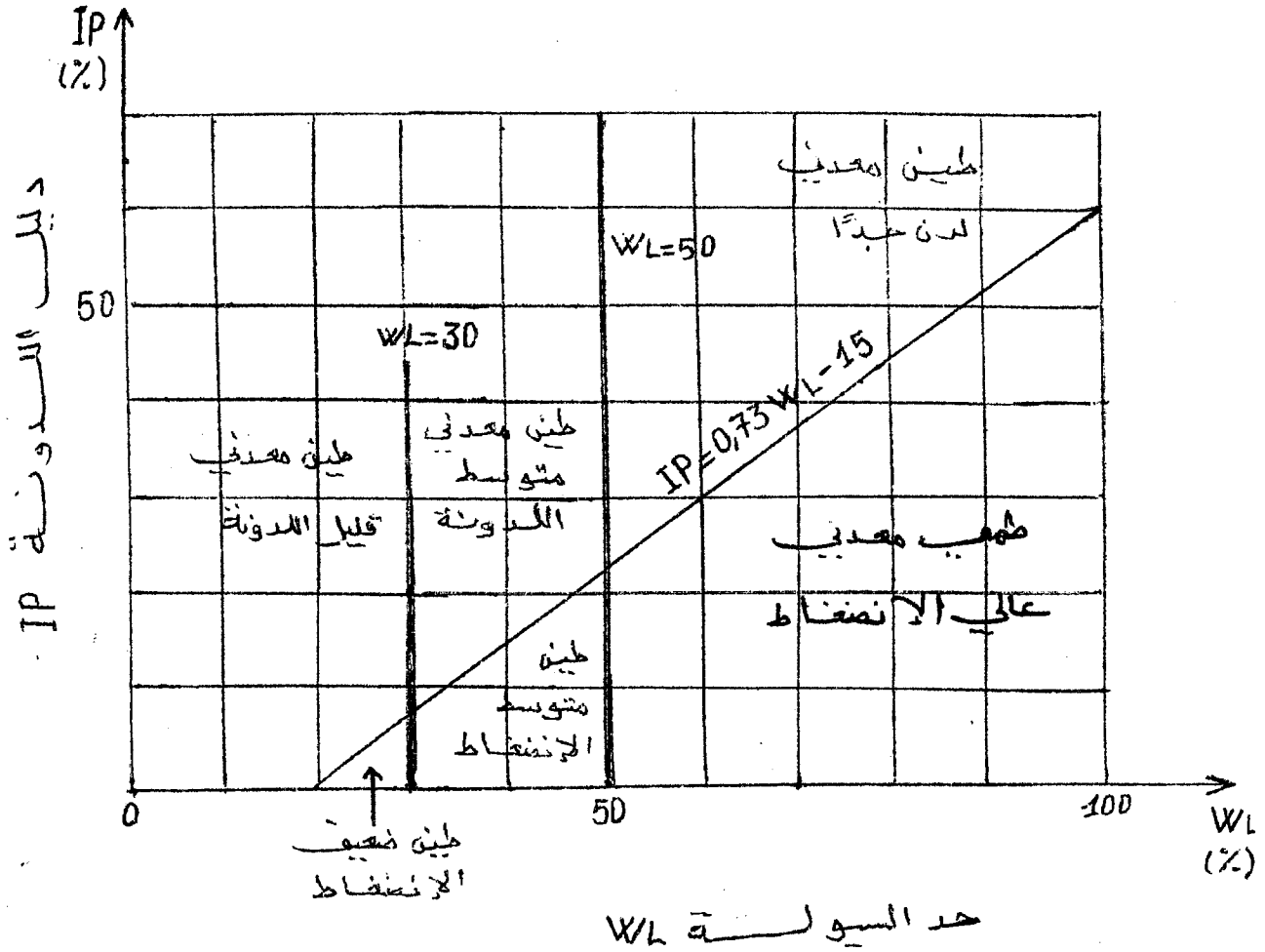
- إستنتج دليل اللدونة ودليل السيولة

إعتمادا على تصنيف كازانجراند سمي العينة التي أجريت عليها التجربة.

أسئلة للمناقشة :

- ما هي الأخطاء التي ترتكب أثناء إنجاز هذه التجارب ؟

- ماهي الصعوبات التي واجهتك أثناء إنجازها ؟



- تصنيف كازغراند للتربة الناعمة

العمل التطبيقي رقم 6

• حدود أتر بارج:

• تجربة حد السيولة

مصدر العينة:

طبيعة العينة:

تاريخ التجربة:

عمق العينة:

رقم التجربة	الوحدة	1	2	3	4
عدد الضربات		15	22	30	34
رقم العينة	/				
وزن العلبة M_1	غ				
وزن العلبة + وزن العينة رطبة M_2	غ				
وزن العلبة + وزن العينة رطبة M_3	غ				
وزن الماء $M_3 - M_2$	ع				
وزن العينة جافة $M_3 - M_1$	ع				
فحوى الماء %	%				
المتوسط %	%				

• تجربة حد اللدونة

مصدر العينة:

طبيعة العينة:

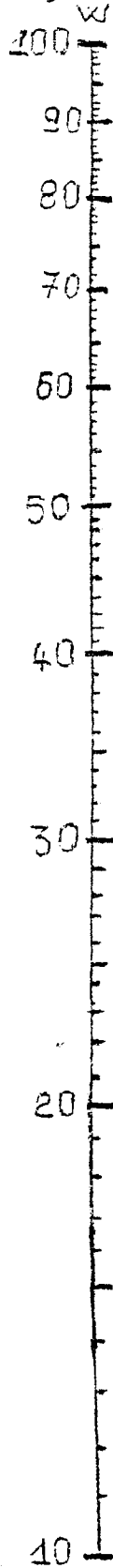
تاريخ التجربة:

عمق العينة:

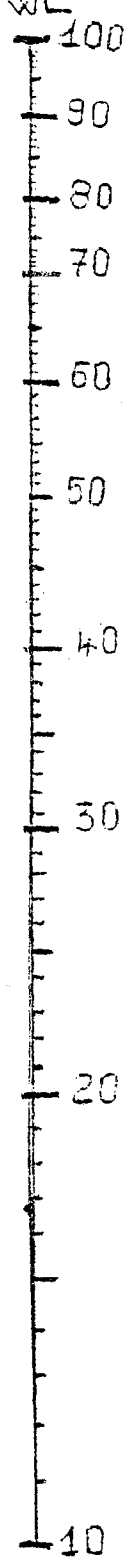
رقم التجربة	الوحدة	1	2	3
رقم العلبة	/			
وزن العلبة M_1	غ			
وزن العلبة + وزن العينة رطبة M_2	غ			
وزن العلبة + وزن العينة رطبة M_3	غ			
وزن الماء $M_3 - M_2$	ع			
وزن العينة جافة $M_3 - M_1$	ع			
محتوى الرطوبة W %	%			
حد اللدونة w_p %	%			

حد السيولة

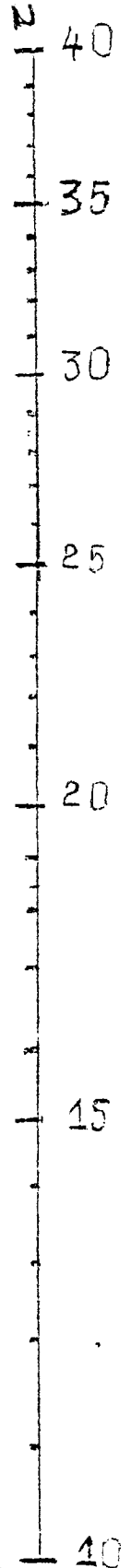
شحوة الماء



حد السيولة



عدد الضربات



(ش.م) المنطق البياني

العمل التطبيقي رقم 7

♦ المكافئ الرملي

□ تعريف :

تجربة المكافئ الرملية هي تجربة قام بابتكارها العالم الأمريكي هيفن Hveen سنة 1950 قصد تحديد نسبة الشوائب والعناصر الناعمة الموجودة بكمية معتبرة من الرمل لتحديد صلاحية استعماله لأن وجودها (يقلل من المقاومة، يسهل التشققات يقلل الارتباط)

◆ الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة إلى معرفة نسبة الشوائب والعناصر الناعمة في حبيبات الرمل وهي تجربة مكتملة لتجربة حدود أتربارج عندما يكون معامل اللدونة $IP < 5$.

◆ ميدان التطبيق :

- الكشف على نسبة نقاوة الرمل قصد تحديد صلاحية استعماله كمادة إنشاء .
- يتم إجراء هذه التجربة على عينة من التربة الرملية .

◆ مبدأ التجربة :

ترك كمية من الرمل في سائل غاسل مدة من الزمن، تسمح بترسب حبيباته حسب أقطارها .

◆ التجربة

❖ المحاليل المستعملة :

1. السائل الاحتياطي :

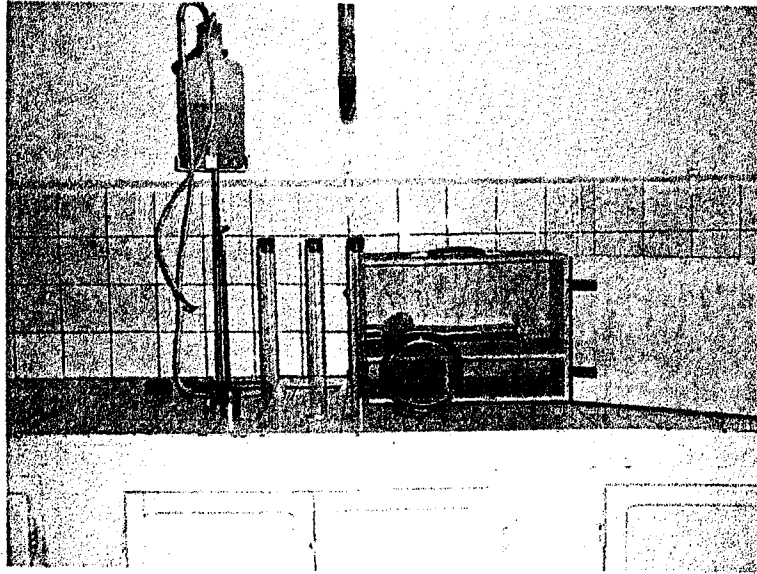
- نذيب 454 غ من محلول $CaCl_2$ في 1892 سم³ من الماء المقطر .
- نضيف له 2050 غ من محلول غليسرين و 47 غ من محلول الفور مالدريد محلبة في كمية من الماء مقدرة ب 3725 سم³.

2. السائل الغاسل :

تحلل 88 سم³ من السائل الاحتياطي المحصل عليه سالفًا في 3725 سم³ من الماء المقطر .

❖ الأدوات المستعملة : (تدو)

- غربال 5 مم .
- مادة غاسلة .
- أنبوب شفاف مدرج تدريجتين .
- سداة وقمع .
- أنبوب معدني غاسل .
- آلة للرج (كهربائية أو يدوية) .
- مسطرة للقياس .
- مكبس لتقليل الفراغات .
- ميزان .
- ترمومتر .
- مقياسية ، فرن .



(د أ) : أدوات تجربة المكافئ الرملي

❖ خطوات العمل :

- نغرب كمية من الرمل في غربال قطره كم ، وذلك بعد تجفيفها تحت درجة حرارة 93 إلى 121 م° .
- نزن 120 غ من هذا الرمل .
- نملأ الأنبوب الشفاف إلى التدريجة الأولى بالماء المقطر + المادة الغاسلة .
- نضيف كمية الرمل (120 غ) باستعمال القمع .
- نغسل الجوانب الداخلية ونطرد الفقعات بضرب الأنبوب بكف اليد من الأسفل .
- نتركه يرتاح مدة 10 د .
- نسد الأنبوب بواسطة السدادة المطاطية بعد مرور 10 د .
- نضبط الأنبوب في آلة الرج ونقوم بعملية الرج 90 رجة في 30 ثا .
- ننزع السدادة بعد غسلها فوق الأنبوب بحيث يملأ إلى التدريجة الثانية مع مراعاة غسل جوانب الأنبوب وإدخال الأنبوب المعدني الغاسل إلى القاع لكي نغسل الرمل جيداً وهذا بدوران الأنبوب الشفاف باليد الأخرى .
- نتركه مدة 20 دقيقة مع تجنب كل إهتزاز أثناء هذه المدة .
- نقيس بالمسطرة h_1 للطين + الرمل و h_2 للرمل .
- نعيد قياس h_2 وذلك باستعمال المكبس .
- نسجل درجة الحرارة .
- نعيد التجربة ثلاث مرات من أجل دقة العمل .

❖ الإحتياطات :

- على الأدوات أن تكون نقية .
- المادة الغاسلة حديثة الصنع .
- مراعات عدم هز الأنبوب الشفاف خلال مدة الراحة وإجراء القياسات .

$$ES_v = h_2 / h_1 * 100$$

❖ العلاقات :

$$ES = h_2 / h_1 * 100$$

حيث :

- ES_v : المكافئ الرملي المقاس بالنظر .
- ES : المكافئ الرملي المقاس باستعمال المكبس .

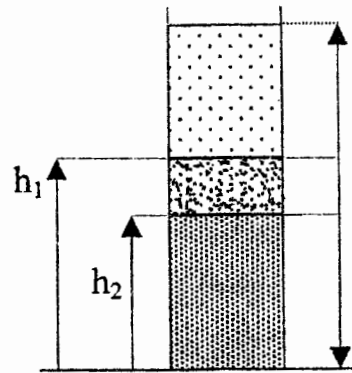
□ جدول تصنيف الرمل :

طبيعة ونوعية الرمل	%ES	ES_v
رمل طبيعي غير صالح لاستعمال الخرسانة	$ES > 60$	$ES_v > 65$
رمل به نسبة عالية من الطين صالح للخرسانة	$70 > ES \geq 60$	$75 > ES_v \geq 65$
رمل نقي به نسبة قليلة من الطين يستعمل للخرسانة النوعية	$80 > ES \geq 70$	$85 > ES_v \geq 75$
رمل نقي جداً يستعمل لكافة أنواع الخرسانة	$ES \geq 80$	$ES_v \geq 85$

❖ الحساب والنتائج :

- املأ الجدول .
- أحسب المكافئ الرمي ES_v و ES .
- بالرجوع إلى جدول تصنيف الرمل حلل نتائج التجربة ؟
- تاريخ التجربة :
مصدر العينة :
طبيعة العينة :
عمق العينة :

بالمكبس			بالنظر			الوحدة	
-3-	-2-	-1-	-3-	-2-	-1-	/	رقم التجربة
						سم	ارتفاع الرمل مع الطين h_1
						سم	ارتفاع الرمل h_2
						%	E_s
						%	المتوسط



السائل الغاسل
الطين
الرمل

تحت

العلماء في

الفصل الثالث

العمل التطبيقي رقم 8

. تجارب بروكتور

1. تمهيد:

عرفت عملية رص التربة منذ بدأ الإنسان في بناء السدود القديمة ، حيث كانت تتم هذه العملية بتمرير أعداد كبيرة من العمال والحيوانات على التربة المفككة مرات متعددة وكانت الأساليب المستخدمة قديما في رص التربة وسائل تقريبية إلى أن أقدم بروكتور أبحاثه سنة 1933 فأدخل الأسلوب العلمي في هذا المجال .

2. تعريف الرص :

هو إعادة ترتيب حبيبات التربة بطرد الهواء من فراغاتها، ويتم ذلك باستخدام وسائل ميكانيكية ، وينتج عنه نقص في حجم فراغات الهواء ، وزيادة في كثافة التربة .

3. العوامل المؤثرة في عملية الرص :

هناك عدة عوامل تؤثر بصورة واضحة على عملية رص التربة نذكر منها :

- نسبة الرطوبة (ω).
- نوع وطبيعة التربة .
- الطاقة المبذولة في عملية الرص .

4. تأثير الرص على خصائص التربة :

تهدف تجارب الرص المخبرية إلى إيجاد وضع قياس يكون أساسا لإجراء عملية الرص في الموقع ، وهي عدة أنواع تعتمد على طريقة ونوع الرص نذكر من بينها الرص الديناميكي الذي يتم بواسطة الدق بالمطرقة تسقط من ارتفاع معين .

1. تجربة بروكتور :

♦ الهدف :

تهدف هذه التجربة إلى تعيين العلاقة بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة للتربة عند رصها، بإحدى طرق الرص للحصول على أقصى كثافة جافة لها، وبالتالي الحصول على مقاومة التربة (قدرتها على تحمل الأتقال).

♦ ميدان التطبيق :

إن إجراء عملية الرص في الموقع تقام عند إنجاز المشاريع التالية :

- الطرق.

- السدود ، حواف الجسور.

- البناء .

- الخنادق (أشغال الأنابيب) .

- تطبيق هذه التجربة على عينات مفتتة من التربة.

♦ مبدأ التجربة :

رص عينات من نفس التربة ذات فحوى ماء مختلف لإيجاد الكثافة الجافة وتعيين نسبة الرطوبة المثالية لها.

♦ التجربة

❖ تحضير العينة :

أخذ كمية معتبرة من التربة حسب نوع القالب.

- قالب بروكتور : $2.5 \times 6 = 15$ كغ

- قالب CBR : $5.5 \times 6 = 33$ كغ

تجفيفها في فرن درجة حرارته 105°C

❖ الأدوات المستعملة :

- القالب وهو نوعان :

- قالب بروكتور ، قالب CBR نستعمل إحداهما حسب نوع التربة (مشق).

- أدوات الرص :

وهي عبارة عن مطرقة يدوية تختلف حسب نوع التجربة .

- غربال : قطره 5 مم لتجربة بروكتور، 20 مم لتجربة CBR .

- أداة التسوية .

- ميزان حساس .

- أنبوب مدرج لقياس حجم الماء .

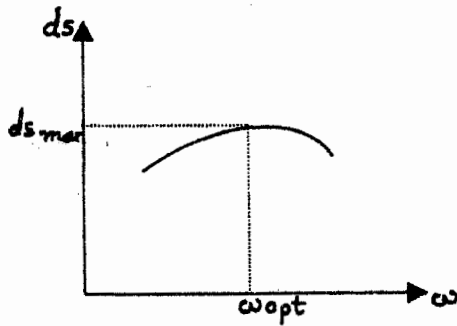
- أواني للتجفيف .

❖ الميزات الخاصة لتجارب بروكتور :

الوحدة	بروكتور العادي	بروكتور المتغير		
م	5 > 20	5 > 20	أكبر قطر للحبيبات	
/	بروكتور CBR	بروكتور CBR	نوع القالب	
غ	2490	4535	وزن المطرقة	
م	51	51	قطر المطرقة	
م	305	457	ارتفاع السقوط	
/	3	5	عدد الطبقات	
/	25	25	عدد الضربات لكل طبقة	
غ	650	400	الوزن التقريبي لكل طبقة	
م	101.6	101.6	قطر القالب	
م	117	117	ارتفاع القالب	
سم ³	948.99	2756.77	حجم القالب	

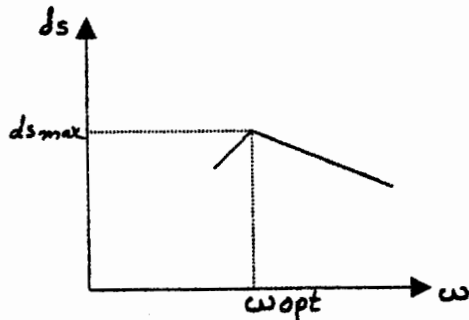
• تجربة بروكتور العادي :

يستعمل لرص التربة بالمطرقة .

ويناسبها ميدانيا آلة رص عادية قوة رصها 6000 دكن / م³.

• تجربة بروكتور المتغير (o.p.m) :

عن طريق مدكة ثقيلة يناسبها طاقة رص أعظمية ناتجة عن الآلات المستخدمة .

قوة رصها 270000 دكن / م³.



(م١) أجهزة بروكتور

❖ مراحل العمل :

- وضع 2.5 كغ من العينة المحضرة سابقا في الجفنة .
- إضافة 6 % من الماء من الوزن الكلي للتربة وخلطها جيدا .
- وزن القالب فارغ بدون جزئه العلوي .
- نضيف إليه جزئه العلوي.
- نضع التربة الرطبة في القالب على ثلاث أو خمس طبقات متساوية تقريبا حسب نوع التجربة
- رص كل طبقة على حدى بـ 25 أو 55 ضربة موزعة على سطح إناء بواسطة مطرقة تسقط من إرتفاع ثابت .
- بعد الإنتهاء من عملية الرص نقوم بنزع الجزء العلوي للقالب .
- تسوية التربة بواسطة مسطرة حديدية.
- وزن القالب وهو مملوء .
- أخذ كمية قليلة من التربة ما بين 50 إلى 100 غ وذلك بأخذ جزء من الأسفل وجزء من الأعلى لحساب فحوى الماء.
- تنظيف القالب.

- تعاد نفس الخطوات السابقة بدرجة رطوبة مختلفة.
- تعاد التجربة 6 مرات بإضافة (6% ، 8% ، 10% ، 12% ، 14% ، 16%)
- ❖ العلاقات الحساب:

- حساب الكتلة الحجمية الرطبة:

$$\gamma_h = M1 / VT$$

M1: وزن العينة الرطبة بدون قالب.

V_t: حجم القالب.

$$\omega = M / M2 \cdot 100$$

- حساب فحوى الماء ω :

M: وزن الماء.

M₂: وزن العينة جافة .

$$\gamma_s = \gamma_h / (1 + \omega)$$

- الكتلة الحجمية الجافة:

- الكثافة الجافة γ_s :

$$\gamma_s = \gamma_w / \gamma_w$$

تدون النتائج في الجدول رقم (1):

❖ الحسابات والنتائج :

- املأ الجدول.

- أرسم المنحنى $dS = f(\omega)$

- إستنتج نسبة الرطوبة المثلى ω_{opt} والكثافة الجافة العظمى على ضوء النتائج المتحصل عليها.

❖ أسئلة للمناقشة :

ما هو تفسيرك لإختلاف كمية الماء قبل وبعد الرص ؟
متى نستعمل كلا من نوعي القالب و ما هو الفرق بين التجريبتين ؟

تاريخ التجربة :

نوع التجربة :

طبيعة العينة :

مصدر العينة :

وزن العينة :

رقم التجربة	الوحدة	1	2	3	4	5	6	7
كمية الماء المضافة في كل تجربة	سم ³							
وزن القالب فارغ M0	غ							
الوزن الكلي الرطب M1	غ							
حجم القالب V	سم ³							
وزن التربة رطبة M1	غ							
الكثافة الحجمية الرطبة γ_h	غ/سم ³							
رقم الإناء	/							
وزن الإناء فارغ m0	غ							
الوزن الكلي الرطب m1	غ							
الوزن الكلي الجاف m2	غ							
وزن التربة الجافة M2	غ							
وزن الماء M	غ							
فحوى الماء (w)	%							
المتوسط	%							
الكثافة الجافة ds	غ/سم ³							

جدول رقم (1)

الطلبة السنة الثالثة S5 ليسانس

العمل التطبيقي رقم 9

• تجربة النفاذية بطريقة التحميل المتغير

الدراسة النظرية : (المفاهيمية)

□ تمهيد :

إن وجود المياه في التربة بنسب متفاوتة يؤثر على المنشآت والمشاريع البنائية سواء كان ذلك أثناء التنفيذ أو بعده ، وذلك بسبب حركته داخل فراغات التربة و ارتفاعه بالخاصية الشعرية بالإضافة إلى احتوائه على بعض الأملاح الضارة كالكبريتات ، التي تؤثر على خرسانة الأساس ، والمنشآت الموجودة تحت الأرض .

حيث تتواجد المياه الأرضية في التربة على عدة صور .

- مياه ملتصقة بالحبيبات الصلبة : لها تأثير قليل على حبيبات التربة

- مياه جارية بين حبيبات التربة : وهي تتطلب دراسة معمقة لأنها تسبب مشاكل في المنشآت والمشاريع وهي نوعان :

- مياه شعيرية

- مياه جوفية

□ تعريف النفاذية : هي قدرة التربة على تمرير السوائل عبر المسامات التي تحتويها حيث تشكل هذه المسامات قنوات مختلفة الاتجاه (أفقي ، شاقولي ..) في التربة .

□ العوامل المؤثرة على نفاذية التربة :

1. حجم وشكل الحبيبات : تزداد نفاذية التربة بزيادة حجم حبيباتها ، أما بالنسبة للشكل تكون نفاذية التربة عالية بالنسبة للحبيبات كروية الشكل .

2. الرص : كلما كانت درجة الرص عالية تنقص النفاذية .

3. اختلاف طبقات التربة : يؤدي إلى اختلاف في معامل نفاذيتها .

4. كثافة التربة : نفاذية تقل بزيادة الكثافة وتزيد بزيادتها .

5. درجة الحرارة : تتناسب طرداً مع النفاذية لأن ارتفاعها يقلل من اللزوجة .

□ قانون دارسي :

توصل المهندس دارسي سنة 1855 من خلال التجارب التي أجراها ، على جريان المياه في الأنابيب ، أن سرعة جريان المياه عبر وسط نفوذ تتناسب مع الميل الهيدروليكي في جريان الطباق ، خلال المعادلة التالية :

$$V = K \cdot i \dots\dots\dots 1$$

$$i = h/L \dots\dots\dots 2$$

حيث :

V : سرعة الجريان (سم³/ثا)

K : معامل النفاذية

i : الميل الهيدروليكي

h : فرق منسوب الماء بين نقطتين

L : مسافة الجريان

□ معامل النفاذية :

يعبر عن خواص التربة من حيث النفاذية ، ويختلف باختلاف العوامل المؤثرة في النفاذية وله وحدة السرعة (سم/ثا) .

□ قياس معامل النفاذية في المخبر :

لقياس معامل النفاذية في المخبر نقوم بإجراء تجربتين وذلك حسب نوعية التربة المدروسة وهما :

• تجربة تحميل الثابت : تستعمل هذه الطريقة للتربة ذات النفاذية العالية (التربة الخشنة)

• تجربة تحميل المتغير : تستعمل هذه الطريقة للتربة ذات نفاذية بطيئة (التربة الناعمة)

♦ الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة إلى تعيين معامل النفاذية في المخبر للتربة الناعمة وذلك بجهاز مقياس النفاذية تحت تحميل متغير .

♦ ميدان التطبيق :

- معرفة التصرف خلال السدود الترابية واتزان الميول .
- معرفة الضغوط تحت المنشآت الهيدرويكية.
- تتم هذه التجربة على عينة من التربة الناعمة المشبعة والخاضعة لعملية الرص بطريقة بروكتور.

♦ مبدأ التجربة:

معرفة الوقت اللازم لمرور كمية من الماء عبر هيكل تربة مشبعة ومرصوصة بحيث يتغير خلاله ارتفاع الماء عبر أنبوب من h_1 إلى h_2 ومنه يتم حساب معامل النفاذية K .

♦ التجربة

❖ تحضير العينة :

نقوم بتجربة بروكتور على عينة من التربة الناعمة وذلك لحساب قيمة فحوى الماء المثالية لعملية الرص .

نغربل كمية من التربة ونزن منها 3 كغ ونضيف إليها قيمة فحوى الماء المتحصل عليها في التجربة السابقة .

توضع العينة في القالب فوق المصفاة على ثلاث طبقات حسب تجربة بروكتور ثم توضع المصفاة الثانية فوق العينة .

❖ الأدوات المستعملة :

- جهاز النفاذية لتحميل المتغير (مش ١٨) .

- أنبوب لقياس العلو .

- ماء مقطر .

- مقياتية .

- ميزان .

- فرن .

- غربال 5مم .

❖ خطوات التجربة :

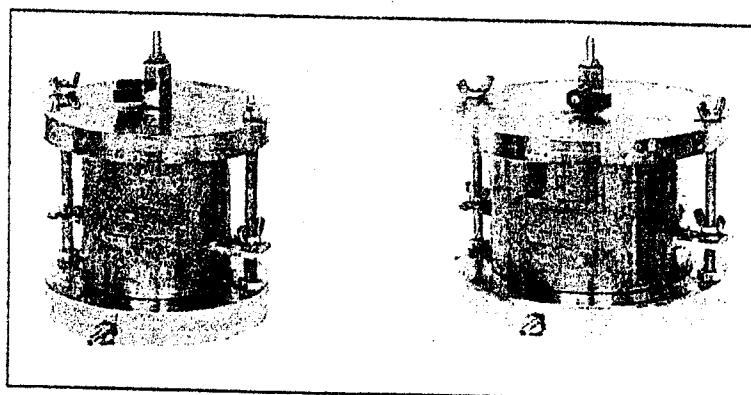
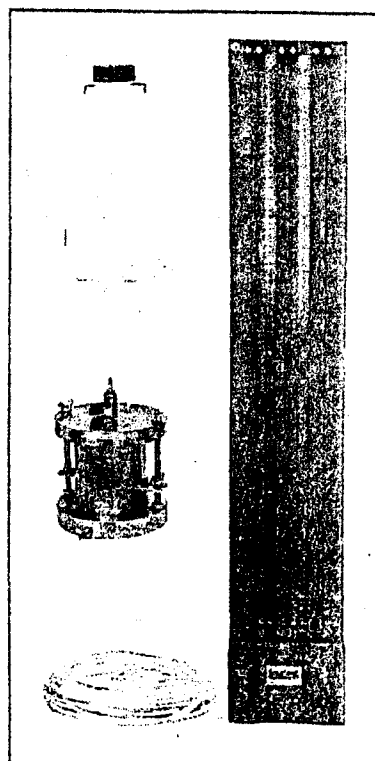
- بعد تحضير العينة في القالب ، يوصل هذا القالب بجهاز قياس النفاذية بطريقة الارتفاع المتغير .

- نقوم بقياس قطر الأنبوب الموصل بالجهاز .

- التخلص من الهواء الموجود داخل الأنبوب وذلك بعد ملئه بالماء .

- يوضع القالب في حوض مائي يسمح بتشبيع العينة لمدة 48 ساء مع فتح السدادة الموجودة لخروج الهواء .

- بعد تشبيع العينة نسجل ارتفاع الماء في الأنبوب وليكن h_0 خلال زمن ابتدائي t_0 .



المشروع: جهاز النفوذ بتر التحميل المستمر

- بعد مرور زمن t_1 يسجل منسوب المياه في الأنبوب بقياس العلو h_1 .
 - يعاد القياس عدة مرات وذلك بإعادة ملئ الأنبوب بالماء المقطر .
- ❖ العلاقات :

حساب معامل النفاذية :

$$K = (2.3a/A.L/\Delta t) \text{Log}.h_0/h_1$$

حيث :

- a: مقطع أنبوب القياس .
 - A: مقطع العينة .
 - L: إرتفاع العينة .
 - Δt : الفرق بين الزمن الابتدائي والنهائي .
 - h_0 : الإرتفاع الابتدائي .
 - h_1 : الإرتفاع النهائي .
- تدون النتائج في الجدول رقم (1)
□ القيم التجريبية لسرعة النفاذية :

K (سم/ثا)	10^{-1}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}
التقييم	قوية	متوسطة	ضعيفة	معدومة

□ القيم التجريبية لـ K لتحديد نوع التربة :

نوع التربة	حصي	رمل	طمي	طين
K (سم/ثا)	10^2	10^0	10^{-3}	10^{-7}
	10^{11}			
طرق القياس مخبريا	جهاز النفاذية بتحميل ثابت	جهاز النفاذية بتحميل متغير		

❖ الحسابات والنتائج :

- املا الجدول .
 - أحسب معامل النفاذية K ، ماذا تستنتج ؟
- ❖ أسئلة للمناقشة :

- ما هو الهدف من إجراء تجربة بروكتور (حساب فحوى الماء المثالي قبل إجراء تجربة التحميل المتغير) ؟
- ما هو رأيك في إمكانية تطوير هذا الجهاز ؟

العمل التطبيقي رقم 8

تجربة النفاذية:

♦ تجربة النفاذية بطريقة التحميل المتغير

مصدر العينة:

عمق العينة :

قطر العينة 10 سم.

تاريخ إجراء التجربة :

طبيعة العينة :

قطر الأنبوب اسم :

رقم التجربة	الوحدة	1	2	3
ارتفاع القالب : L				
مقطع الأنبوب a				
مقطع العينة A				
مستوى الماء في بداية التجربة h_1				
مستوى الماء في نهاية التجربة h_2				
زمن إجراء التجربة Δt				
ارتفاع العينة L				
معامل النفاذية k				
المتوسط				

الجدول رقم -1-

العمل التطبيقي رقم 10

• تجربة النفاذية بطريقة التحميل الثابت

♦ الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة إلى تعيين معامل النفاذية في المخبر لتربة خشنة وذلك بجهاز مقياس النفاذية تحت تحميل ثابت .

♦ ميدان التطبيق :

- معرفة سلوك الماء في التربة الإنشائية (النفاذية ، الكتامة) .
- تتم على عينة من التربة الخشنة (رمل ، حصي) .

♦ مبدأ التجربة :

هو قياس حجم الماء الذي ينفذ عبر العينة المحضرة خلال زمن معين وحساب معامل نفاذيتها .

♦ التجربة

❖ الأدوات المستعملة :

- جهاز قياس النفاذية ذو تحميل ثابت موصل بمنبع مائي (شوء) .
- مصفاة .

- مخبرة مدرجة ، ميقائية .

❖ خطوات التجربة :

- توضع المصفاة السفلى في القالب .
- يملئ القالب بالرمل ثم توضع المصفاة العلوية فوق العينة .
- غلق القالب جيداً ثم توصيله بالمنبع المائي .
- حتى يصبح التصريف الخارجي ثابتاً .
- توضع مخبرة فارغة لجمع كمية الماء المصروفة من العينة في زمن معين .
- تعاد خطوات التجربة عدة مرات ، تدون النتائج في الجدول رقم (2) .

❖ العلاقات :

- حساب معامل النفاذية :

حيث :

$$K = q/A.i$$

$$i = L/R$$

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$

- Q : كمية التصريف في زمن معين .
- A : مقطع العينة .
- L : الميل الهيدروليكي .
- R : فرق منسوب الماء بين نقطتين .
- L : مسافة الجريان .

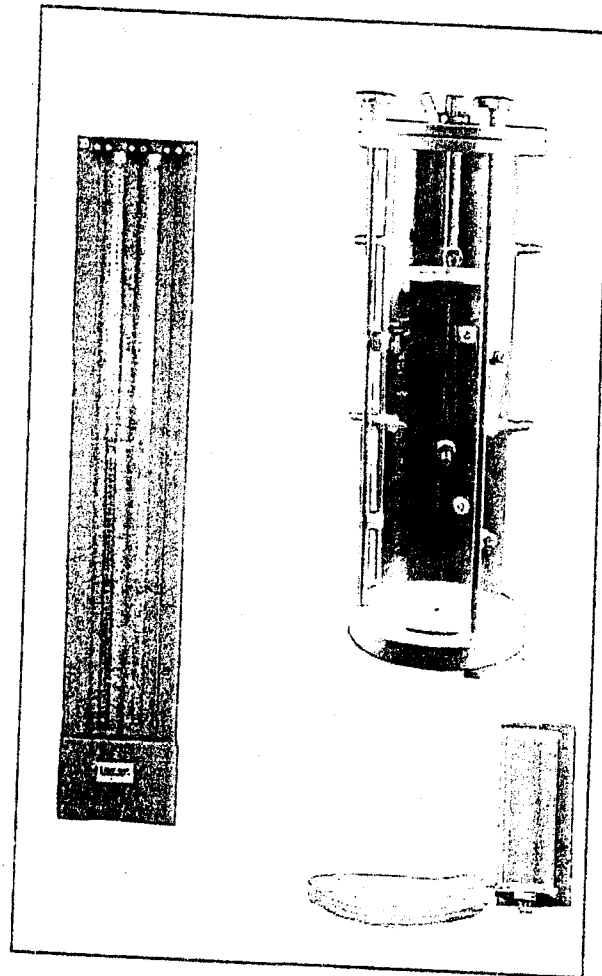
❖ الحسابات والنتائج :

- إملأ الجدول .

- أحسب معامل النفاذية K ، ماذا تستنتج ؟

❖ أسئلة للمناقشة :

- ما هي الأخطاء المحتملة أثناء إجراء التجربة ؟
- ما هو الفرق بين تجربة تحميل الثابت وتحميل المتغير ؟
- ما هي ملاحظتك عن الجهاز ودقته وإمكانية تطويره ؟



(٢٥٥) جهاز الغازية ذو التحميل

الثابت

الفصل الرابع

الخصائص الميراثية

العمل التطبيقي رقم 11

➤ تجربة التصلب (الأدومتر)

□ مقدمة:

تتقل أحمال المنشآت المقامة على التربة إلى الطبقات السفلية لها على شكل إجهادات ينتج عنها إعادة ترتيب بنيتها ونتيجة لذلك يتحرك المنشأ والأساس الحامل له إلى الأسفل حيث تسمى هذه الظاهرة بالهبوط، وهي إحدى صور تشكيل التربة (تقل الفراغات وتزيد كثافة التربة).

و هناك صور أخرى لا تقل أهمية عن الأولى، وهي ناتجة عن الزيادة في حجم الفراغات، وأحد أسبابها هو نقص الأحمال المؤثرة على التربة مما يسبب ارتداد مرن للبناء الحبيبي وذلك لانقفاخ التربة بدخول المياه لفراغاتها، حيث تسمى هذه الظاهرة بانفتاح التربة.

□ أسباب الهبوط:

- الأحمال الساكنة (العمارات والجسور، تربة الروم....)
- الأحمال المتحركة ولاهتزازات (الزلازل والانفجارات، الرص)
- تذبذب سطح المياه الجوفية (الأمطار، الجفاف)
- هبوط سطح الأرض نتيجة أوزانها (فراغات طبيعية، كيوف اصطناعية، مناجم)

□ أنواع الهبوط :

1. هبوط متجانس (منتظم) : يعتبر ظاهرة عادية غير مضرّة
 2. هبوط غير منتظم : غالبا ما يكون مدمرا لذلك لا يسمح به ، لأنه يسبب انهيارات وتصدعات وميل نتيجة دوران الأساس .
- يمثل خروج المياه من فراغات التربة المشبعة أثناء الانضغاط العامل الرئيسي في خواص انضغاط التربة ، فبينما يحدث هذا الخروج بسرعة للتربة الرملية يستغرق ذلك وقت طويلا للتربة الطينية، تسمى هذه الظاهرة بظاهرة التصلب .
 - لدراسة هذه الظاهرة تجريبيا نستعمل جهاز الأدمتر.

- ✓ □ تعريف التصلب : التصلب نوع من أنواع الهبوط، وهو النقص الحجمي نتيجة خروج الماء من فراغات التربة المشبعة، ويحدث ذلك مع مرور الزمن .
- ✓ ◆ الهدف من التجربة : تهدف هذه التجربة لدراسة انضغاطية التربة المشبعة ، عند إخضاعها لعدة أحمال عمودية خلال زمن معين .

◆ ميدان التطبيق :

- اختيار أرضية المشروع .
 - تحليل الظواهر السلبية في المنشآت كالتصدعات .
 - تطبيق على عينات تؤخذ من الميدان .
- ✓ ◆ مبدأ التجربة : هو تعيين مقدار ومعدل التصلب لتربة متماسكة ومشبعة تماما مستخرجة من الموقع على هيئة أسطوانية محبوسة جانبيا ، ومعرضة لعمل محوري متغير يسمح بصرف المياه من سطحها العلوي والحقلي .

✓ ◆ التجربة

❖ تحضير العينة :

- يتم إجراء هذه التجربة على عينة تؤخذ من الموقع للحصول على نتائج دقيقة في حالة تعذر ذلك يمكن العمل كالتالي :
 - نقل كمية من التربة وإضافة لها كمية من الماء لتصبح عجينة لدنة .
 - نقطع العجينة عن طريق قالب أسطواني للحصول على الأبعاد المطلوبة .
- ❖ الأدوات المستعملة :

- جهاز الأدومتر يتكون من (س٥٠٠) :

1. العلبة الأدومترية قطرها الداخلي 5سم (س٥٠٠)
2. هيكل التحميل (مكبس) .
3. قالب القطع قطره 5سم وارتفاعه 2سم .

- الأتقال .

- مؤشر لقياس الهبوط .

- مقيائية .

- ماء مقطر .

- ميزان .

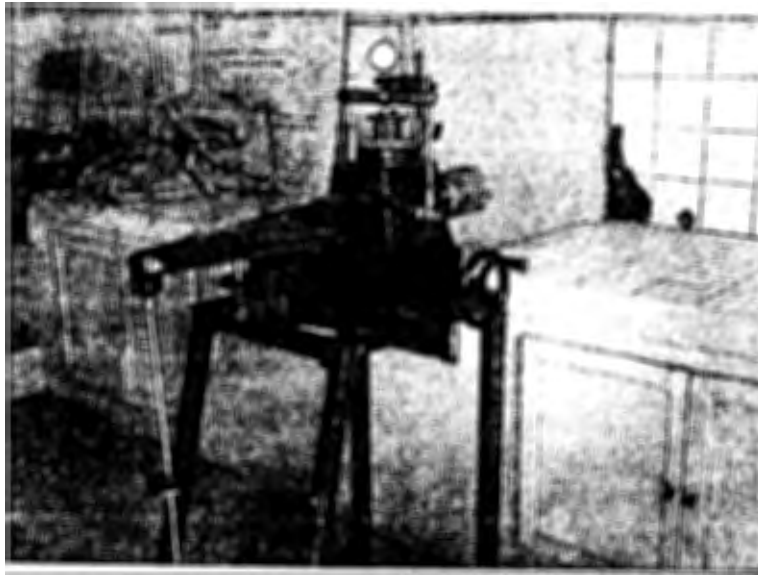
- فرن .

- سكين .

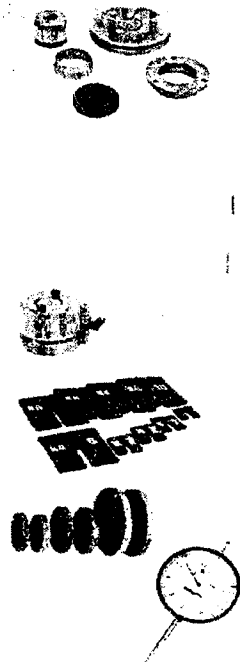
- علب .

❖ خطوات التجربة :

- تؤخذ عينة صغيرة توضع في الفرن لتحديد الكتلة الحجمية الرطبة وفحوى الماء الطبيعي .
- بعد تحضير العينة يوضع الحجر النفوذ وورق الترشيح أسفل وأعلى العينة داخل العلبة الأدومترية لتسهيل تصريف الماء الداخل والخارج من العينة .
- نحكم إقفال الحلقة عن طريق اللوالب الجانبية .



(١٥) جهاز الأومتر



أدواته

- جعل هيكل التحميل في وضعية التوازن. حيث يتم التأكد من ذلك بواسطة مسواة تقع على الجهاز.
- تثبيت العلبة الأدومترية داخل حوض التغطيس وملئها بالماء المقطر ويسلط عليها حمل ابتدائي يمنع الانتفاخ وتركها تتشبع لمدة 48 سا .
- تثبيت مؤشر مقياس الاستطالة وفق فترات زمنية .
- بعد تحرير هيكل التحميل نفتح براغي التثبيت .
- تسليط الأحمال :
 - الحمولة الأولى تكون قيمتها $P = 2.5$ ن
 - يحزر هيكل التحميل وتدون قراءة المؤشر الاستطالة وفق أزمنة متقاربة في البداية ثم تتباعد وهي كالتالي :
 - 0، 6، 15 ثا، 30 ثا، 1د، 2د، 4د، 8د، 15د، 30د، 1سا، 2سا، 4سا، 8سا، 24سا
 - تعاد نفس الخطوات مع مضاعفة الحمل في كل مرة .
 - 2.5ن، 5ن، 10ن، 20ن، 40ن، 80ن.
- تخفيف الأحمال:
 - بعد الانتهاء من عملية التحميل، نبدأ في عملية تخفيف الأحمال .
 - وتدون قراءة المؤشر كل 24 سا 40ن، 20ن، 10ن، 5ن، 2.5ن.
- نهاية التجربة :
 - نزع العينة من العلبة
 - نزن العينة وهي رطبة m_h .
 - تجفف في الفرن وتوزن m_s .
 - تدون النتائج في الجدول رقم (1)
 - حساب إرتفاع العينة .
- ❖ ملاحظات :
 - يجب أن نراعي أثناء التحميل عدم نزع التحميل السابق يكفي إضافة حمل مساوي للحمل السابق، وذلك يساعدنا في عملية التفريغ .
 - مراقبة تحرير هيكل التحميل في كل حمل .
 - عند حساب σ نراعي قيمة ذراع الجهاز.
- ❖ العلاقات :
- الحسابات الأولية :
 - 1 - حساب إجهاد التقوية :

$\sigma = p/A$

 حيث p : ثقل الحمولات
 - 2- ارتفاع الحبيبات الصلبة في نهاية التجربة h_s
 - m_s : الوزن الجاف للعينة .
 - A : مساحة مقطع العينة .
 - 3- فحوى الماء النهائي.

$\omega = m_h - m_s / m_s$

 - m_h : الوزن الرطب للعينة .

4 - دليل الفراغات e .

$$e_i = h_i - h_s / h_s$$

$$h_i = h_0 - S_i$$

$$S_i = 0.01 * L_i$$

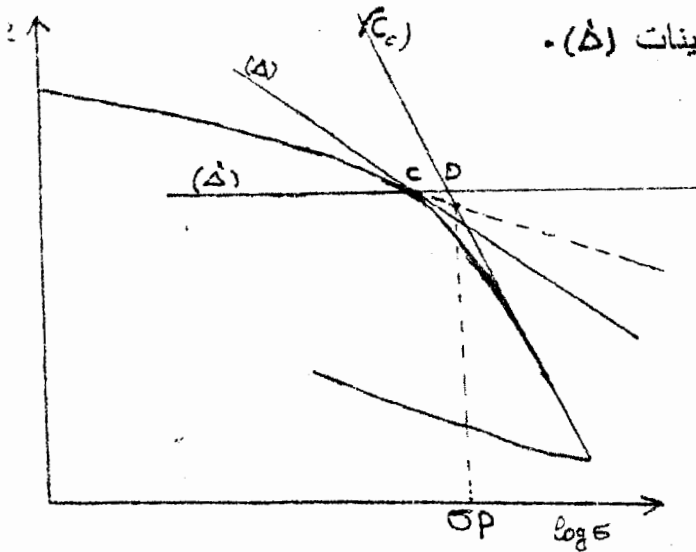
حيث :

- h_i : ارتفاع العينة في اللحظة t_i .
- h_s : ارتفاع العينة الجافة.
- h_0 : الارتفاع الابتدائي.
- S_i : هبوط العينة.
- L_i : قراءة المؤشر في اللحظة t_i .

• منحنى الإنضغاط (الأدومتري) :

طريقة رسم المنحنى الإنضغاط : يتم رسم منحنى الإنضغاط بالعلاقة بين نسبة الفراغ e ولوغاريتم الضغط $(\log \sigma)$.
ونعتمد في ذلك على طريقة كازاقراند شكل (1) لاستنتاج إجهاد التقوية المسبقة σ_p والتي تتلخص كالتالي :

- تعيين نقطة ذات انحناء أعظمي أو نصف قطر أصغر على المنحنى الإنضغاط ولتكن النقطة c .



الشكل رقم (1)

- من النقطة c نرسم خط أفقي موازي لمحور السينات (Δ) .
- نرسم المماس عند هذه النقطة c وليكن (Δ') .
- نصف الزاوية المشكلة بين (Δ) و (Δ') .
- نرسم امتداد النقطة المستقيمة (C_c) .
- هذا الامتداد يقطع المنتصف في النقطة (D) .
- إسقاط النقطة (D) على محور السينات ومنه نتحصل على إجهاد التقوية المسبقة σ_p .
- وبعد تحديد قيمة σ_p يتم مقارنتها مع الضغط الذي تتعرض له التربة في الموقع σ_0 .
- $\sigma_p > \sigma_0 \Leftrightarrow OCR > 1$ ← راحة التصلب
- $\sigma_p = \sigma_0 \Leftrightarrow OCR = 1$ ← اعتيادية التصلب
- $\sigma_p < \sigma_0 \Leftrightarrow OCR < 1$ ← ناقصة التصلب

تعطى بالعلاقة التالية : $OCR = \sigma_p / \sigma_0$

• استنتاج المعاملات :

1 - دليل الإنضغاط C_c :

يعرف دليل الإنضغاط C_c على أنه ميل منحنى التحميل في المنطقة العذراء من التربة ويعطى بالعلاقة التالية :

$$C_c = -\Delta e / \Delta \log \sigma$$

2 - دليل الانتفاخ C_g :

وهو دليل المنحنى الانتفاخ ويعرف بالعلاقة التالية :

$$C_g = \Delta e / \Delta \log \sigma$$

3 - معامل الإنضغاطية a_v :

يعرف بالنقصان في نسبة الفراغات المقابلة لوحدة الارتفاع في الضغط σ ويعطى بالعلاقة التالية :

$$a_v = - \Delta e / \Delta \sigma$$

4 - معامل التغير الحجمي m_v :

هو التغير في وحدة الحجم بزيادة في وحدة الضغوط σ ويعطى بالعلاقة التالية :

$$m_v = a_v / (1 + e_0)$$

5 - الهبوط النهائي S_f :

$$S_f = C_c \cdot H_0 \log (\sigma_2 / \sigma_1) / (1 + e_0)$$

حيث : H_0 : ارتفاع الطبقة التي تؤخذ منها العينة.

منحنى التقوية :

1- طريقة الجذر التربيعي (تايلور) : يتم رسم منحنى التقوية بالعلاقة بين قراءات مقدار الهبوط على المؤشر والجذر التربيعي للزمن واستنتاج C_v وفق إنشاء تايلور شكل (2) والتي تتلخص كالتالي :

- نمدد القطعة المستقيمة من المنحنى للحصول على d_c .
- نرسم المستقيم (Δ) انطلاقاً من d_c ونسب ($0.15d \leftarrow d_c$).
- هذا المستقيم يقطع المنحنى في النقطة c تمثل 90% من التقوية .
- نحصل بعد ذلك على t_{90} .

معامل الإنضغاط الثانوي :

$$C_v = 0.848 \cdot h^2 / 4 \cdot t_{90}$$

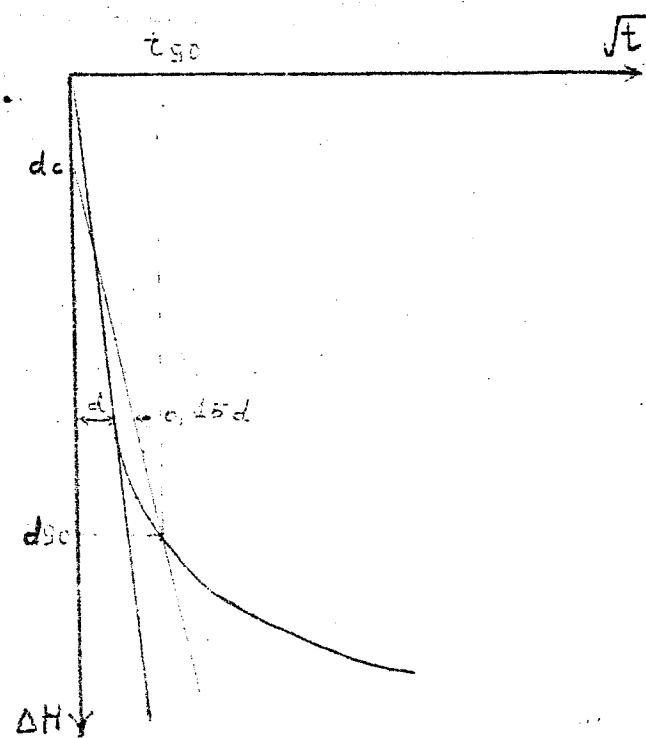
h : ارتفاع العينة .

t_{90} : يستنتج من المنحنى .

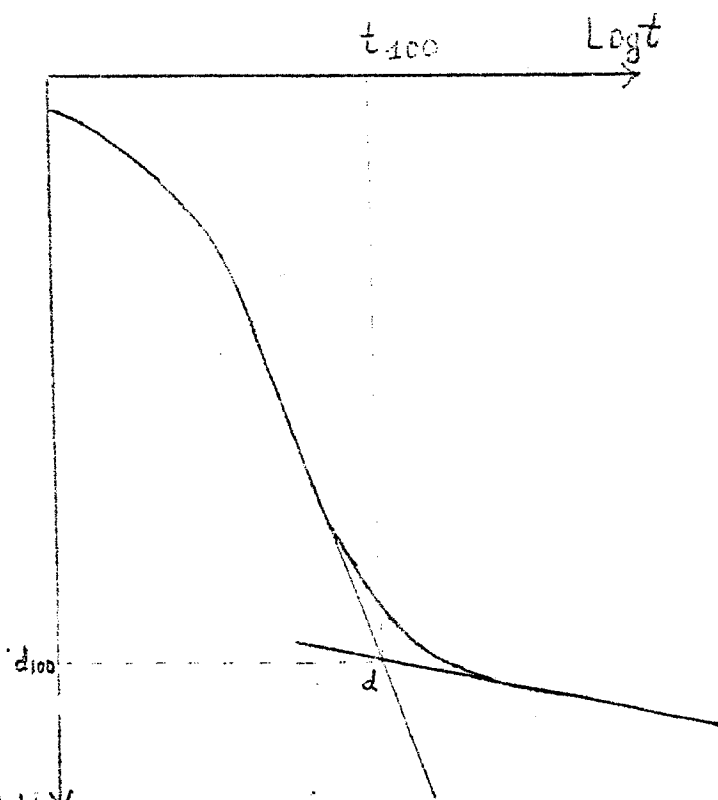
2 - طريقة لوغاريتم الزمن (كازاقراند) :

- تعتمد على رسم العلاقة بين قراءات مقدار الهبوط على المؤشر ولوغاريتم الزمن تحت تأثير ضغط معين σ .
- واستنتاج C_v وفق طريقة كازاقراند كما هو موضح في الشكل (3) .
- ويعطى بالعلاقة :

$$C_v = 0.197 \cdot h^2 / 4 \cdot t_{50}$$



شكل (2) طريقة نابليود



شكل (3) طريقة كازاخراشد

قيم c_v و c_c حسب أنواع التربة :

- جدول بعض قيم دليل الإنضغاط c_c حسب نوع التربة :

قيم C_c	نوع التربة
$0.10 > c_c > 0.01$	رمل
$0.25 > c_c > 0.1$	طين صلب
$0.80 > c_c > 0.25$	طين متوسط
$2.50 > c_c > 0.80$	طين لين

- جدول بعض قيم دليل الإنضغاط c_v حسب نوع التربة :

قيم C_v	نوع التربة
$10^{-3.4} > c_v > 10^{-3.2}$ سم $د^2$	طين صلب
$10^{-3.2} > c_v > 10^{-3.1}$ سم $د^2$	طين متوسط
$10^{-3} > c_v > 10^{-3.02}$ سم $د^2$	طين لين
c_v حوالي 10^{-3} سم $د^2$	طين رملي

❖ الحسابات والنتائج :

- إملأ الجداول.
- أحسب إرتفاع الحبيبات الصلبة h_s ودليل الفراغات e .
- أرسم منحنى الإنضغاط $e = f(\log \sigma)$.
- إستنتج σ_p ، وأحسب OCR ماذا تستنتج ؟
- إستنتج معاملات C_g, C_c, mv, av, sf .
- أرسم منحنى التقوية $\Delta H = f(\sqrt{T})$.
- إستنتج C_v ؟
- ❖ أسئلة للمناقشة:
- هل هذه التجربة تقام على جميع أنواع التربة ؟
- ماهي الصعوبات التي يمكن أن تصادفك أثناء إجراء هذه التجربة ؟

نتائج تجربة فحوى الماء :

تاريخ التجربة : عمق العينة : مصدر العينة :
 قطر الحلقة : طبيعة العينة : إرتفاع الحلقة :

وزن الحلقة الفارغة m_0	غ	
حجم الحلقة	سم ³	
عمق العينة	سم	
وزن الحلقة + العينة الطبيعية m_1	غ	
وزن الحلقة + العينة الجافة m_2	غ	
وزن العينة جافة m_3	غ	
وزن الماء	غ	
فحوى الماء ω	%	
الكثلة الحجمية الرطبة γ_n	سم ³ /غ	

جدول رقم (1)

نتائج تجربة التبلب (التحميل) :
 ذراع الجهاز

الزمن (د)/الثقل (ن)	2.5	5	10	20	40	80
0.1						
0.25						
0.5						
1						
2						
4						
8						
15						
30						
60						
120						
240						
480						
1440						

جدول رقم (2)

جدول تخفيف الأحمال :

النقل (ن)	2.5	5	10	20	40	80
ΔH (سم)						

جدول الحسابات :

σ	كن/م ²														
Log σ	كن/م ²														
e															

جدول منحنى التقوية :

الزمن (د)	0.1	0.25	0.5	1	2	4	8	15	30	60	120	240	480	1440
$\sqrt{t}$														
ΔH														

العمل التطبيقي رقم 12

➤ تجربة القص

مقاومة التربة للقص :

✗ □ تمهيد :

بالإضافة إلى التشكيل الذي يحدث لطبقات التربة أثناء تعرضها لإجهادات ، تحدث إزاحات مثل تحرك جزء من التربة أو انهيار جزء منها، مما يؤثر مباشرة على المنشآت المقامة عليها . ولدراسة اتزان التربة تحت تأثير وزنها وما فوقها من أحمال يستلزم تعيين مقاومة التربة للقص .

✗ □ تعريف مقاومة القص :

تعرف مقاومة التربة للقص بالإجهاد المقاوم لشكل قص مستمر مؤثر على حبيبات أو شكل التربة.

□ معاملات مقاومة القص :

تتكون من مركبتين هما :

1- الاحتكاك الداخلي : ويعبر عنه فيزيائيا بزاوية الاحتكاك الداخلي Φ وهو مقاومة الحركة بين حبيبات التربة المتولدة عن تلامس أسطحها، وهذا الاحتكاك يكون كبير في الرمل والزلط و ينعدم في الطين ، وهو يتحلل إلى مركبتين مركبة عمودية N ومماسية T موازية لسطح الانزلاق .

2- التماسك (التلاصق) : وهو مقاومة القص الظاهرة في التربة عندما يكون الإجهاد العمودي $N=0$ ، ويكون ظاهرا بصورة رئيسية في الطين .

وقد حدد العالم كولومب العلاقة بين قوة التماسك C وزاوية الاحتكاك Φ بالمعادلة الخطية التي تبين إجهادات القص والإجهادات النازمية والمعرفة كالتالي :

$$\tau = C + \sigma \tan \Phi$$

حيث :

إجهادات القص في مستوى ما .

σ : إجهادات ناظمية في مستوى ما .

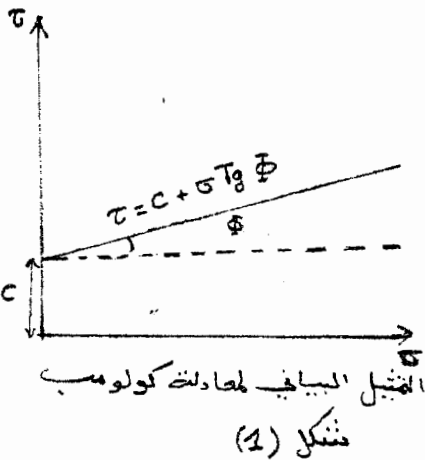
Φ . C : قوة التماسك وزاوية الاحتكاك للتربة .

✗ □ تحديد مقاومة التربة للقص في المختبر :

يتم تحديد مقاومة التربة للقص مخبريا بعدة طرق منها :

- تجربة القص المباشرة .

- تجربة القص الغير مباشرة (الضغط ثلاثي المحاور).



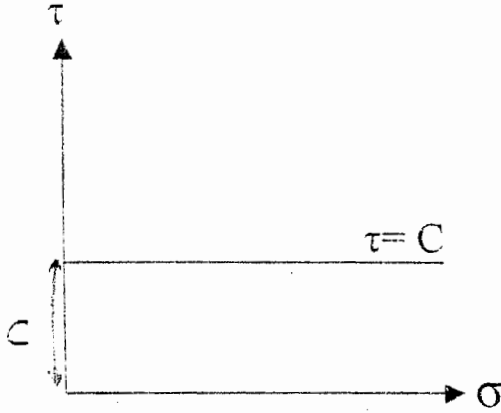
□ تجربة القص المباشر :

في اختبارات قياس مقاومة القص يكون لحالة تصريف المياه وتصلب التربة أهمية كبيرة وتأثير فعال في القيم المقاسة وهي عبارة عن ثلاث حالات :

1 - غير مقواة وبدون خروج الماء U.U :

في هذه الحالة العينة لا تتلقى أي تقوية ولا خروج للماء، وذلك تحت تأثير الإجهاد العمودي σ وهي تجربة سريعة جدا تستعمل عادة في دراسة الأساسات ، وتسمح بتحديد مقاومة التربة على المدى القصير ويكون خط كولومب أفقيا كما في الشكل رقم (2) .

ومعادلته كالتالي: $\tau = C$

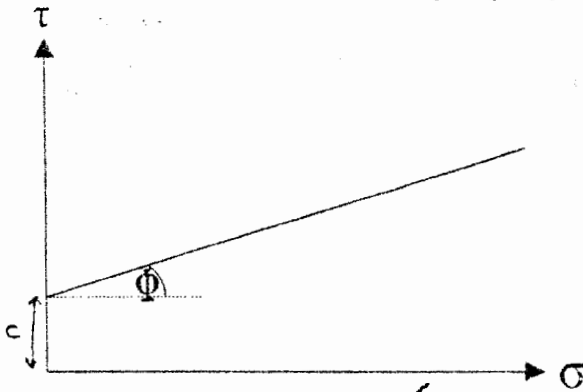


شكل رقم (2)

2. مقواة بخروج الماء C.d :

ولإجراء هذه التجربة يجب تصليب العينة قبل عملية القص، وذلك تحت تأثير إجهاد عمودي σ بعد إتمام هذه العملية تجرى عملية انقص تحت سرعة بطيئة جدا (سرعة تسمح بخروج الماء). وهذه التجربة تسمح بمعرفة الخصائص الميكانيكية الظاهرية Φ و $C.U$ على المدى الطويل ، ويكون خط كولومب مائلا كما في الشكل رقم (3) .
و معادلتها كالتالي:

$$\tau = C + \sigma \tan \Phi$$



شكل رقم (3)

3- مقواة بدون خروج الماء C.U :

ولأجراء هذه التجربة يجب تصليب العينة قبل عملية القص، وذلك تحت تأثير إجهاد عمودي σ بعد إتمام هذه العملية تجرى عملية القص تحت سرعة بطيئة بدون خروج الماء .
 ✕ ◆ الهدف من التجربة :

هو تعيين معاملات القص وهما زاوية الاحتكاك Φ للتربة الرملية وقوة التماسك C للتربة الطينية المشبعة .
 ◆ ميدان التطبيق :

- * إن إجراء تجربة القص المباشر تساعد في دراسة
- حساب قدرة التحمل للأساسات .
 - دراسة استقرار المنحدرات .
 - دق الخوازيق وفي الأعمال الترابية الأخرى .
- * تجرى هذه التجربة على عينات طينية وعينات ترابية .
 ✕ ◆ مبدأ التجربة :

هو تعيين زاوية الاحتكاك Φ وقوة التماسك C لعينة من التربة تكون معرضة لإجهاد ناظمي ، حيث توضع هذه الأخيرة بين نصفى العلبتين اللتين يمكنهما أن تتحرك الواحدة بنسبة للأخرى .
 ✕ ◆ التجربة :

✧ تحضير العينة :

تأخذ هذه العينات من الموقع المراد دراسته وفي حالة تعذر ذلك تنقل هذه العينات إلى المخبر مضاف لها كميات من الماء لتصبح عجينة سهلة القطع عن طريق قالب له أبعاد علبة القص المباشر للحصول على الأبعاد المطلوبة .
 ✕ ✧ الأدوات المستعملة :

- جهاز القص (ش 1) .
- علبة القص (ش 2) .
- مقياسية .
- سائل دهني .
- ماء مقطر .

✕ ✧ وصف الجهاز : يتكون من صندوق معدني مقسم إلى نصفين بحيث يمكن للقسم العلوي المتحرك أن ينزلق على النصف السفلي الثابت، مكبس يسمح بتصلب التربة داخل الصندوق، مجهز بمؤشرات لقياس التشوه، القوى النازمة قوة القص، وتوضع بداخله علبة القص .

- علبة القص تتكون من :

- شبكة معدنية .
- حجر نفوذ سفلي وعلوي .
- غطاء معدني، حاوية .
- نصف العلبة العلوي، نصف العلبة السفلي .

- منفذ للماء .

- براغي التثبيت .

× 1. تجربة u.u غير مقواة بدون خروج الماء :

❖ خطوات التجربة :

أ. التشبييع :

- توضع العينة المحضرة سابقا في علبة القص .

- يثبت الجزء السفلي والعلوي لها بواسطة براغي التثبيت التي تنزع قبل إجراء التجربة

- توضع العلبة بما تحتويه في الصندوق المثبت على الجهاز .

- يملأ الصندوق بالماء المقطر وذلك لتشبييع العينة حيث يتحرك لمدة 24، 48 سا.

ب. القص :

- يوضع المكبس على سطح العلبة مزود بحمل ابتدائي .

- تنزع براغي التثبيت لسماح بحركة الجزء العلوي .

✓ - تثبت المؤشرات عند الصفر .

- يشغل الجهاز ونسجل القراءات بالنسبة للعينة الأولى بعد كل 15 ثانية .

- توقف التجربة عندما يبدأ مؤشر قياس قوة القص بالتناقص في القراءات .

- نقوم بإجراء التجربة على ثلاث أو أربع عينات تحت حمولات متزايدة .

- تدون النتائج في الجدول رقم (1)

× ❖ العلاقات والحسابات :

1- حساب اجهاد القص :

$$\tau = T/A$$

حيث :

T : قوة القص.

A : مساحة مقطع العينة.

ملاحظة : نستنتج قوة القص T من جداول خاصة وذلك بعد تدوين قراءة مؤشر القص تؤخذ القيمة الموافقة لها (قوة القص)

2- حساب إجهاد الضغط :

$$\sigma = P/A$$

حيث :

P : ثقل الحمولات.

3- تعيين معادلة كولومب :

$$\tau = C + \sigma \tan \Phi$$

تحليل النتائج :

- إملأ الجدول رقم (1) ؟

• - ارسم منحنى اجهاد القص و التشوه $\tau = f(\zeta)$ ؟

- استنتج اجهادات القص الاعظمية τ_1, τ_2, τ_3 ؟

- ارسم منحنى مور الذي يمثل اجهادات القص الاعظمية بدلالة σ ؟

- استنتج قيم التماسك C وزاوية الاحتكاك الداخلي Φ ؟

- اكتب معادلة كولومب ؟

تجربة c.d و c.u :

❖ خطوات العمل :

أ- التشبييع : توضع العينة في الجهاز بالطريقة المذكورة في تجربة u.u وتشبييعها .
 ب- التصليب : -تصلب العينة تحت ثقل معين لمدة 24 سا أو أكثر وذلك بوضع المكبس فوق العلية.

- نأخذ قراءات مؤشر التشوه وفق أزمنة متفاوتة و ذلك لحساب سرعة التجربة
 - تدون النتائج

ج- القص : -ضبط الجهاز عند السرعة المحسوبة سابقا.

-تزود المكبس بحمل إضافي وذلك لاستنتاج قيمة قوة القص T.

- نفتح برغي تصريف المياه وذلك للسماح بخروجه من العينة في تجربة c.d
 تثبت المؤشرات عند الصفر .

- نشغل الجهاز ونسجل القراءات بالنسبة للعينة الأولى وذلك بعد 5 دقائق.

- نقوم بإجراء التجربة على 3 أو 4 عينات تحت حملات متزايدة بنفس خطوات العمل السابقة.

تدون النتائج في جدول رقم (2) .

❖ العلاقات و الحساب

1- حساب السرعة :

- سرعة c.u : تحسب بالعلاقة التالية :

$$v = \zeta_r / 2.26 * t_{50}$$

- سرعة c.d تحسب بالعلاقة التالية :

$$v = \zeta_r / 18.3 * t_{50}$$

حيث :

- ζ_r : التشوه .- t_{50} : الزمن الذي يوافق درجة الإنضغاط.

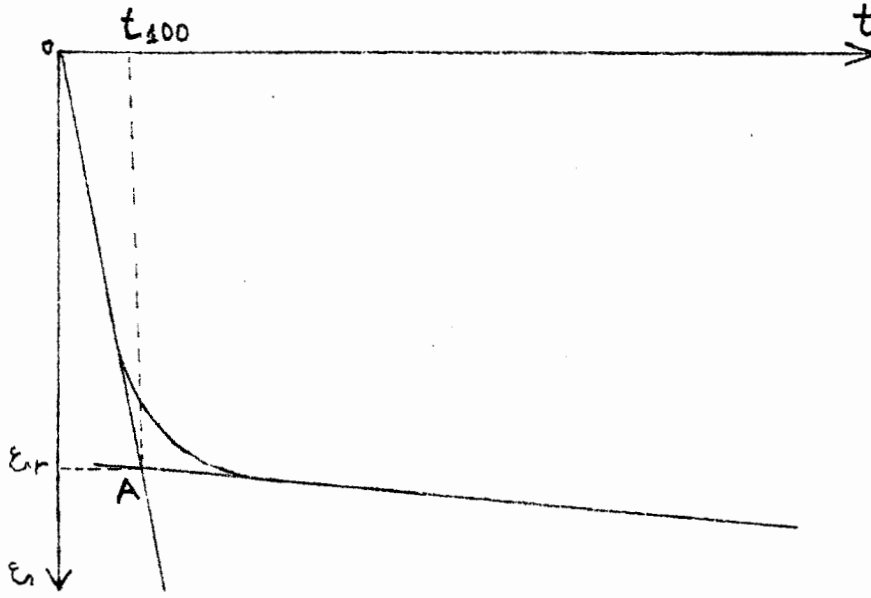
- 2,26 و 18,3 : معامل التصحيح .

- استنتاج t_{50} ، ζ_r من خلال المنحنى وذلك بالطريقة التالية :

- بعد رسم المنحنى (شكل رقم 4)

- نرسم امتداد الجزء المستقيم العلوي والجزء المستقيم السفلي للمنحنى ونقطة تقاطعهم اسمها (A)

- إسقاط النقطة (A) على المحور يمثل (t_{50})- إسقاط النقطة A على محور الترتيب يمثل ζ_r



شكل رقم (٤)

ملاحظة : بعد استنتاج وحساب السرعة نقوم بأخذ القيمة الموافقة لها من جداول خاصة لتعيين السرعة داخل الجهاز.

2- حساب إجهاد القص: $\tau = T / A$

حيث :

T : قوة القص .

A : مساحة مقطع العينة.

3- حساب إجهاد الضغط:

حيث :

$p = \tau / A$: ثقل الحمولات

$\tau = c + \sigma T g \Phi$

4- معادلة كولومب

حيث : c : قوة التماسك

Φ : زاوية الاحتكاك الداخلي

❖ تحليل النتائج :

- املأ الجدول

- ارسم منحنى $\zeta = f(t)$ واستنتج سرعة التجربة ؟

- بالرجوع إلى جداول السرعة عين القيمة الموافقة لها
 - ارسم منحنى إجهاد القص و التشوه : $\tau = f(\zeta)$ ؟
 - استنتج إجهادات القص الأعظمية τ_1, τ_2, τ_3 ؟
 - ارسم منحنى مور الذي يمثل إجهادات القص الأعظمية بدلالة σ ؟
 - استنتج قيم التماسك C وزاوية الاحتكاك الداخلي Φ ؟ واكتب معادلة كولومب ؟
 - حلل النتائج المحصل عليها.
- أسئلة للمناقشة :
- هل يمكن إجراء هذه التجارب على جميع أنواع التربة ؟

نتائج تجربة القص المباشر u.u

مساحة مقطع العينة :
عمق العينة :

[illegible]

جدول رفقہ (۱)

مساحة مقطع العينة : عمق العينة :

جدول رفقہ (۵)