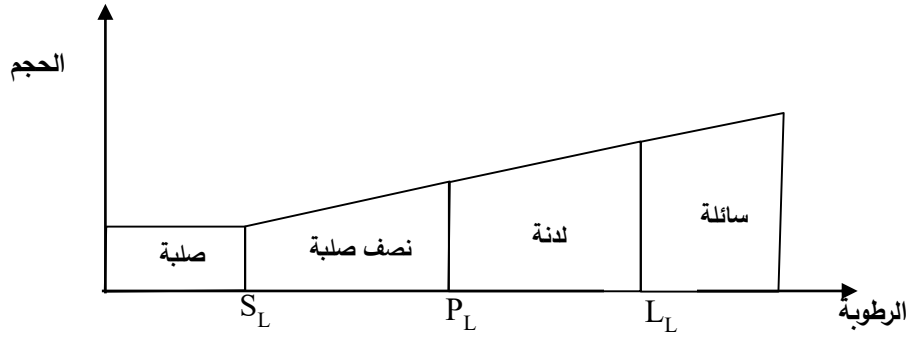
تجربة حدود أنربرغ

تعريف :

تمثل حدود أتربرغ (حد السيولة وحد اللدونة وحد الانكماش)الحدود الفاصلة بين حالات التربة (السائلة و اللدنة ونصف الصلبة والصلبة),وبمعنى آخر فإن كل حد من حدود أتربرغ هو الرطوبة الفاصلة بين حالتين متتاليتين للتربة.



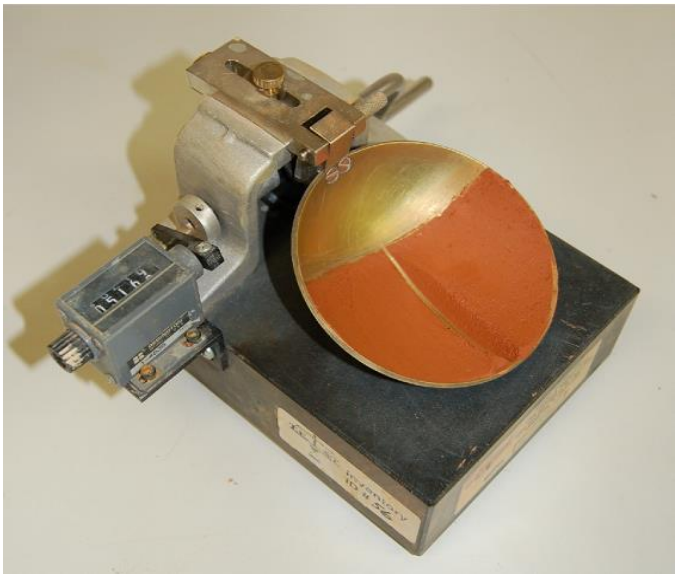
1- حد السيولةLL :

تعريف حد السيولة تجريبياً (بجهاز غازاغر اند) :

يمثل حد السيولة بجهاز غازاغراندي رطوبة التربة التي يلتحم عندها أسفل الشق المعمول وسط العينة بمقدار 12.7mm عند 25 ضربة.

الأدوات اللازمة

1- جهاز غازاغراندي المبين بالشكل مع جميع ملحقاته
2- ميزان بدقة 0.01 غرام
3- فرن مجهز بترموستات لتعيير درجة الحرارة



مراحل تحديد حد السيولة LL بجهاز غازاغراندي

1- تجفيف عينة التربة
2- تفتيت التربة ونخلها على المنخل 40 (D=0.425mm)
3- أخذ التربة المارة من المنخل 40 (حوالي 200 غرام) ثم مزجها بالماء لتصبح عجينة
4- وضع العجينة في وعاء وتغليفها بشكل جيد وتركها تترطب مدة لا تقل عن ساعتين (لن يتم الالتزام بهذا البند بسبب ضيق الوقت)
5- البدء بالتجربة حيث يتم خلط العجينة بشكل جيد ثم وضع جزء منها في صحن الجهاز بحيث لا يزيد الارتفاع الأعظمي عن ارتفاع المحز كما هو مبين بالشكل، وعمل حز في وسط العينة، ثم البدء بتدوير ذراع الجهاز بمعدل دورتين في الثانية حتى يلتحم أسفل الشق بمقدار 12.7 مم ويجب أن يكون عدد الدقات بين 25 و40 ضربة.
6- إذا كان عدد الدقات أكبر من 40 يتم خلط العينة بالماء جيداً ثم إعادة البند 5 حتى الوصول إلى عدد دقاتبين 25 و40 ضربة وعندها يتم تسجيل عدد الدقات وأخذ حوالي 20غرام من مكان التحام الشق وتوضع في الفرن وتحسب رطوبة العينة.
7- يتم إضافة الماء إلى العينة وتكرار البند 5 (يتم تكرار البند 7 مرتين من أجل رطوبتين أحدهما أصغر من 25).

ملاحظة: يجب على الأقل أن يكون هناك تجربة بعدد دقات أقل من 25 وتجربة بعدد دقات أكبر من 25

الحسابات اللازمة

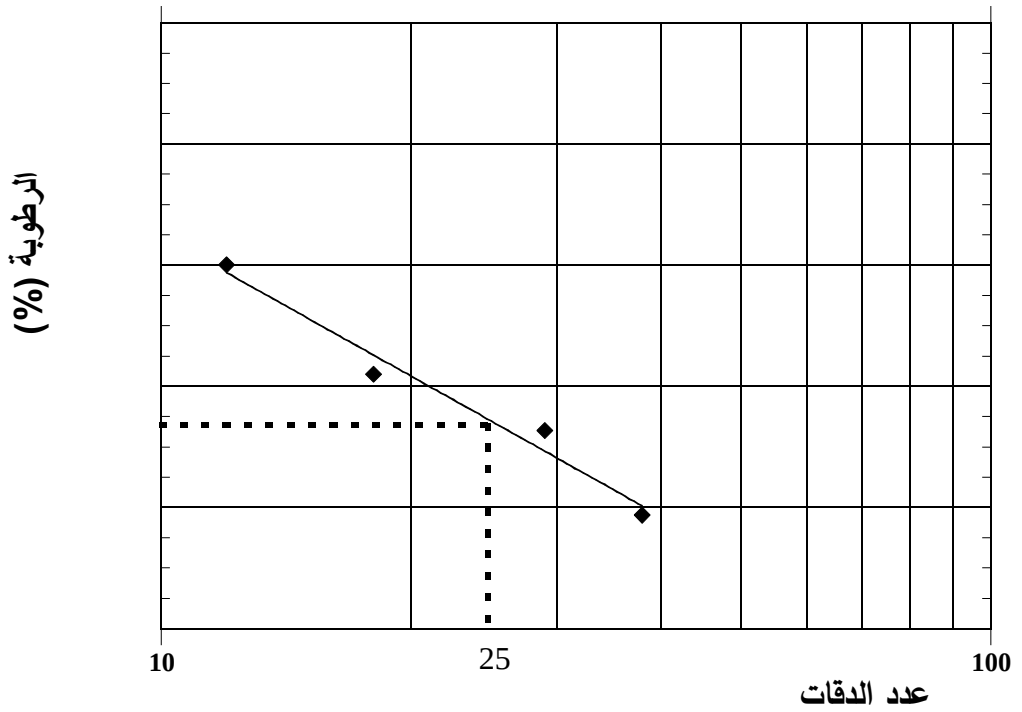
1- تنظيم الجدول التالي

رقم التجربة	1	2	3	4 (حد اللدونة)
عدد الدقات				
رقم علبة الرطوبة				
كتلة علبة الرطوبة فارغة بالغرام				
كتلة(التربة رطبة + علبة الرطوبة) بالغرام				
كتلة(التربة جافة + علبة الرطوبة) بالغرام				
الرطوبة %				

2- رسم العلاقة بين عدد الدقات على المحور الأفقي بمقياس لوغاريتمي والرطوبة على المحور الشاقولي بمقياس عشري

3- تمرير أفضل مستقيم بين النقاط الممثلة للتجارب المنفذة

4- رسم مستقيم شاقولي موافق لعدد الدقات 25 بحيث يتقاطع مع المستقيم المحدد في البند 2 ثم رسم مستقيم أفقي من نقطة التقاطع وتمديده حتى يتقاطع مع المحور الشاقولي. تمثل نقطة التقاطع حد السيولة LL



2- حد اللدونةPL :

تعريف حد اللدونة تجريبياً (بطريقة الفتائل) :

يمثل حد اللدونة تجريبياً بطريقة الفتائل رطوبة التربة التي تبدأ عندها فتائل التربة بقطر 3mm بالتشقق

الأدوات اللازمة

- لوح زجاجي
- ميزان بدقة 0.01 غرام
- فرن مجهز بترموستات لتعيير درجة الحرارة
-

مراحل تحديد حد اللدونةبطريقة الفتائل

1. يؤخذ جزء من العينة التي تم تجهيزها من أجل تجربة حد السيولة، بحيث تكون رطوبتها أقل من حد السيولة، كما أن العجينة المشكلة منها يمكن دحيها باليد دون أن تلتصق على اليد.
2. تقسم العجينة إلى عدة أجزاء صغيرة
3. يؤخذ جزء من الأجزاء المشكلة في البند السابق ويصنع منه كرة صغيرة باليد يتم دحيها براحة اليد على اللوح الزجاجي حتى يصبح قطرها 3mm
4. يتم مراقبة الفتائل فإن ظهرت عليها تشققات تكون رطوبة الفتيلة هو حد اللدونة لذلك نضع الفتيلة في علبة الرطوبة ثم نغطي علبة الرطوبة.
5. إذا لم تظهر التشققات على الفتيلة تكون رطوبتها في هذه الحالة أكبر من حد اللدونة لذلك نصنع منها كرة صغيرة مرة أخرى ونكرر البندين 4 و 5 حتى تشقق الفتيلة حيث نضعها في علبة الرطوبة ثم نغطي علبة الرطوبة.
6. نكرر البنود من 3 حتى 5 حتى تصبح كتلة الفتائل في علبة الرطوبة حوالي 15 غرام، ثم نقوم بتجفيف الفتائل في الفرن وقياس رطوبتها فتكون هي حد اللدونةPL

يفضل تكرار التجربة مرتين فيكون حد اللدونة مساوياً للرطوبة الوسطية للتجربتين.

تجربة حد اللدونة بطريقة الفتائل

<u>الحسابات اللازمة اعتمادً على حدي السيولة LL واللدونةPL</u>

1. يتم الافتراض أن رطوبة العينة الطبيعية%w=PL+4 (هذه الفرضية هي لأغراض تدريسية فقط، أما في الحياة العملية فيتم قياس رطوبة التربة الطبيعية)
2. يتم حساب قرينة السيولة
3. يتم حساب دليل القوام
4. تصنيف التربة من حيث قوامها اعتماداً على قرينة السيولة ودليل القوام

تجربة التحليل الحي

تعريف التركيب الحي :

يعرف التركيب الحي بأنه الاحتواء الكمي للجزيئات الصلبة من مختلف الأبعاد والحجوم مأخوذة كنسبة مئوية.

مبدأ التجربة :

يعتمد تحديد مكونات التربة الخشنة على فصل جزيئات هذه التربة ضمن مجموعات تنحصر أقطارها ضمن مجالات محددة وذلك عن طريق نخلها على سلسلة مناخل بدءاً من المنخل ذو الفتحة الكبيرة وانتهاء بالمنخل ذو الفتحة الصغيرة. أما بالنسبة للترب الناعمة فيتم تحديد مكوناتهااعتماداًعلى قانون ستوكس لسقوط جزيئات التربة ضمن الماء.

طرق تنفيذ تجربة التحليل الحي

تعتمد طريقة تنفيذ تجربة التحليل الحي على نوع التربة وعلى حالتها وأيضاً على الغاية من هذه التجربة, ويمكن أن نميز الطرق التالية للتجربة :

أ- طريقة التحليل المنخلي الجاف : تستخدم هذه الطريقة للترب الخشنة النظيفة وغير الحاوية على جزيئات ناعمة متواجدة على شكل كتل ضمن التربة

ب- طريق التحليل المنخلي مع الغسيل : تستخدم للترب المتماسكة أو الترب الحاوية على نسبة من الجزيئات الناعمة على شكل كتل ضمن الترب.

ت- طريقة التحليل المنخلي بالترسيب : تستخدم للترب الحاوية على جزيئات ذات أقطار خشنة وجزيئات ذات أقطار صغيرة بنسبة لا بأس بها.

ث- طريقة التحليل بالترسيب: تستخدم للترب الناعمة

ملاحظة : سوف نهتم هنا فقط بطريقة التحليل المنخلي الجاف أو بالغسيل

الأدوات اللازمة

أ- سلسلة مناخل تتعلق أقطارها بالكود المستخدم في تنفيذ التجربة

ب- ميزان بدقة 0.1 غرام

ت- فرن مجهز بترموستات لتعيير درجة الحرارة

مراحل تجربة التحليل الحي المنخلي الجاف

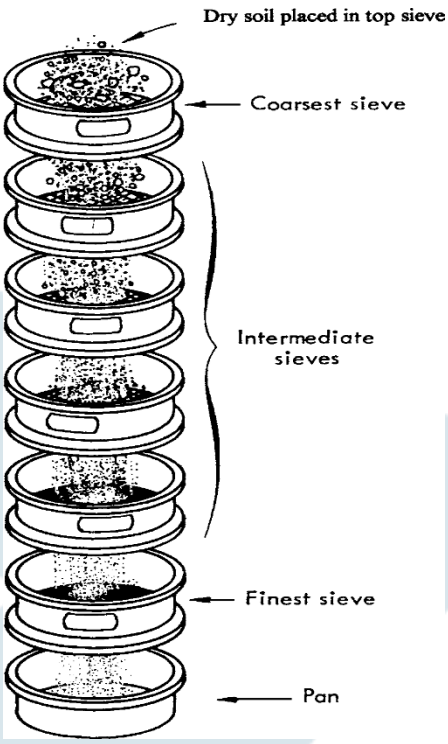
1- تؤخذ عينة تربة كتلتها الجافة ms

2- ترتب سلسلة المناخل بدءاً من المنخل ذو الفتحة الأصغر (من الأسفل) وانتهاء بالمنخل ذو الفتحة الأكبر (من الأعلى)

3- تسكب التربة في أول منخل (ذو الفتحة الأكبر) ويهز المنخل جيداً حتى يتوقف مرور جزيئات التربة منه, ويتم قياس كتلة جزيئات التربة المحجوزة عليه m1

4- يكرر البند 2 لبقية المناخل ويتم قياس كتلة التربة على كل منخل mi

عينة جافة ومفتتة (قابلة للنخل)



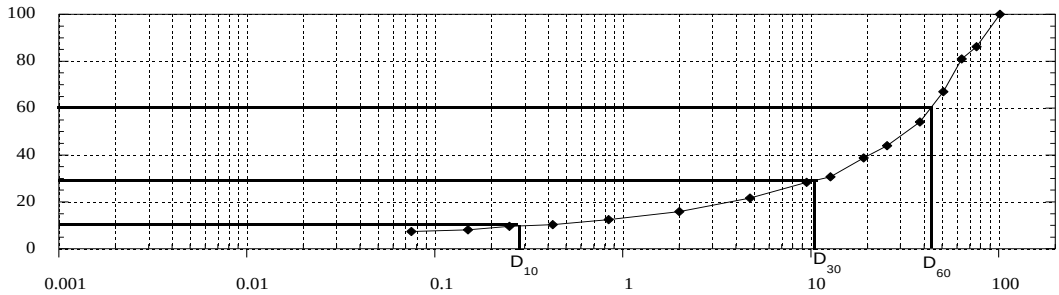
الحسابات :

1- حساب النسبة المئوية المحجوزة على كل منخل, والتي تساوي الكتلة المحجوزة على المنخل مقسومة على الكتلة الكلية الجافة للعينة:

2- حساب النسبة المئوية التراكمية المحجوزة على كل منخل, والتي تساوي مجموع النسب المحجوزة على المنخل والمناخل التي تعلوه (ذات الفتحة الأكبر)

3- حساب النسبة المئوية المارة من كل منخل , والتي تساوي 100- النسبة المئوية التراكمية

4- رسم العلاقة فتحات المناخل (أقطار جزيئات التربة) على المحور الأفقي بمقياس لوغاريتمي و نسبة المار على المحور الشاقولي بمقياس عشري



1- حساب عامل التجانس Cu وعامل الانحناء Cz

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{10}\ D_{60}}$$

D_{10} قطر الجزيئات الموافق لنسبة مار 10%

D_{30}قطر الجزيئات الموافق لنسبة مار 30%

D_{60}قطر الجزيئات الموافق لنسبة مار 60%

2- حساب نسبة كل من المواد الناعمة (سيلت+غضار) والرمل و(الحصويات + الحجارة) الموجودة في العينة :

نسبة المواد الناعمة = نسبة الجزيئات التي أقطارها أصغر 0.075mm

نسبة الرمل = نسبة الجزيئات التي أقطارها أكبر 0.075mm من وأصغر من 4.75mm

نسبة (الحصويات+الحجارة)= نسبة الجزيئات التي أقطارها أكبر من 4.75mm

3- تصنيف التربة وفق نظام التصنيف الموحد

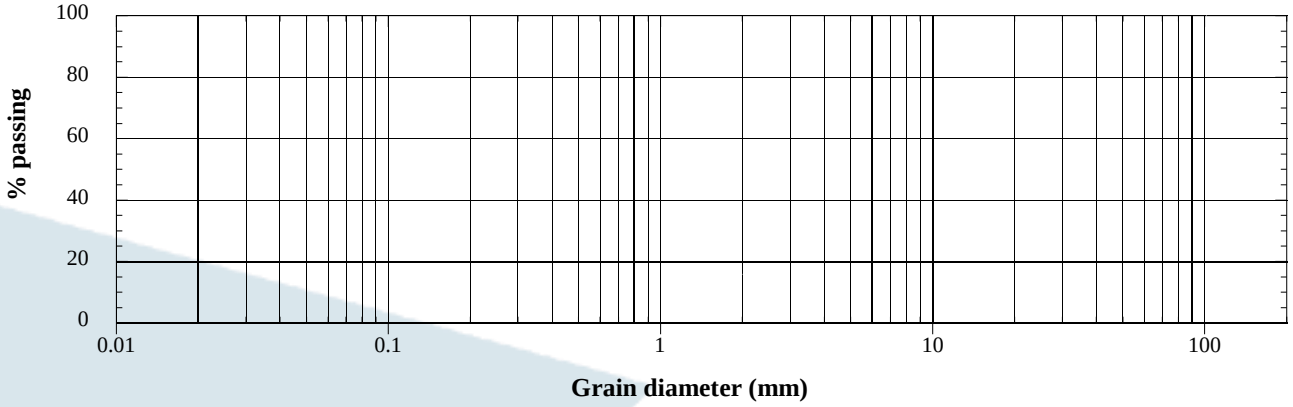
<u>مراحل تجربة التحليل الحبي المنخلي مع الغسيل على المنخل 200</u>

1- تؤخذ عينة تربة مجففة بالفرن كتلتها ms

2- تغسل العينة على المنخل 200 ، ثم نأخذ المحجوز على المنخل 200 ونجففه في الفرن ثم نقيس كتلته ولتكن m_1

3- نطبق البنود من 2 حتى الأخير كما في حالة التحليل الحبي المنخلي الجاف ونتأكد من مجموع كتل الجزيئات المحجوزة على كافة المناخل قريب من الكتلة m_1 (أصغربضع غرامات أو يساويه).

فتحة المنخل (mm)							
الكتلة الجافة المحجوزة (g)							
النسبة المئوية المحجوزة (%)							
النسبة المئوية التراكمية المحجوزة (%)							
النسبة المئوية المارة (%)							



تجربة الوزن النوعي

تعريف الوزن النوعي :

يعرف الوزن النوعي بأنه نسبة الوزن الحجمي للجزيئات الصلبة للتربة إلى الوزن الحجمي للماء بدرجة 4 مئوية, ويعطى بالعلاقة التالية :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} = \frac{m_s}{V_s \rho_w} \quad (1)$$

Ws الوزن الجاف للتربة

ms كتلة للتربة الجافة (كتلة الجزيئات الصلبة)

γ_w الوزن الحجمي للماء المقطر في الدرجة 4 مئوية

ρ_w كثافة الماء المقطر في الدرجة 4 مئوية

Vs حجم الجزيئات الصلبة ويساوي حجم الماء المزاح V_w، $V_s = V_w = \frac{m_w}{\rho_w}$

بالتعويض في العلاقة (1) نحصل على :

$$G_s = \frac{m_s}{V_s \rho_w} = \frac{m_s}{m_w} \quad (2)$$

الأدوات اللازمة

1. حوجلة لا تقل سعتها عن 0.5 ليتر مصنوعة من الزجاج المقاوم للحرارة
2. ميزان بدقة 0.01 غرام (0.0001 نيوتن)
3. حمام رمل ساخن أو مخلية هواء
4. ميزان حرارة دقة 0.5 درجة مئوية
5. فرن مجهز بترموستات لتعيير درجة الحرارة

مراحل التجربة

1- يتم قياس كتلة الحوجلة فارغة, ثم تملأ بالماء المقطر بدرجة حرارة 20 مئوية حتى الاشارة المحددة على رقبة الحوجلة ويتم قياس كتلتها مع الماء المقطر وليكن m_1 (عادة تجرى هذه المرحلة قبل التجربة بزمن طويل حيث ترقم الحوجلات وتسجل كتلتها وهي فارغة وكتلتها وهي مليئة بالماء المقطر بدرجة حرارة 20 مئوية).

2- يؤخذ كمية من التربة كتلتها الجافة ms لا تقل من 50 غرام

3- توضع التربة في الحوجلة المجففة من الماء ويتم قياس كتلتها مع التربة وذلك للتأكد من كتلة التربة الجافة المستخدمة في التجربة, ثم تملأ الحوجلة بالماء المقطر حتى ثلثي ارتفاع الحوجلة وتترك فترة كافية من الزمن بحيث تتشبع التربة بالماء.

4- توضع الحوجلة ضمن حمام رمل ساخن وتترك تغلي فترة كافية من الزمن بحيث تطرد كافة فقاعات الهواء الموجودة في التربة (يمكن أيضاً وصل الحوجلة بمخلية هواء بحيث يتم طرد فقاعات الهواء).

5- تنزع الحوجلة من حمام الرمل الساخن وتترك حتى تبرد، ثم تملأ بالماء المقطر حتى ارتفاع يتجاوز بعدة سنتمرات الاشارة الموضوعة على الحوجلة وتترك فترة كافية حتى تترسب كافة جزيئات التربة وتصبح الماء صافية (عادة تترك حتى اليوم التالي).

6- تضبط درجة حرارة الماء على درجة حرارة 20 مئوية ويتم ضبط ارتفاع الماء في الحوجلة حتى الاشارة الموجودة على رقبة الحوجلة ثم يتم قياس كتلة الحوجلة المليئة بالماء والتربة ولتكن كتلتها m_2

ملاحظات :

1- إذا كان من الصعب ضبط درجة حرارة الماء على 20 مئوية إما بسبب الطقس الحار جداً أو البارد جداً فيمكن قياس الكتل السابقة بدرجة حرارة الغرفة مع القيام لاحقاً بتصحيح الحسابات وفق جداول خاصة بدرجة حرارة الماء ولكن يجب الانتباه إلى أنه يجب قياس m_1 و m_2 بنفس درجة الحرارة.

2- في الدروس العملية لن نقوم بطرد فقاعات الهواء (بند 4) وذلك بسبب ضيق الوقت ولكن في الحياة العملية يجب القيام بطرد هذه الفقاعات وذلك بسبب تأثيرها الهام على نتائج التجربة وخاصة في الترب الغضارية.

<u>الحسابات :</u>

اعتماداً على مبدأ الماء المزاح يكون حجم جزيئات التربة الصلبة مساوياً لحجم الماء المزاح ويساوي أيضاً كتلة الماء المزاح مقسومة على كثافة الماء, أي :

كتلة الماء المزاح = كتلة (التربة الصلبة + الحوجلة مليئة بالماء المقطر)بحجم معين – كتلة (الحوجلة+الماء المقطر+التربة)بنفس الحجم

$$G_s = \frac{m_s}{m_w}$$

$$m_w = m_s + m_1 - m_2 \qquad (3)$$

$$\Rightarrow G_s = \frac{m_s}{m_s + m_1 - m_2}$$

1- ننظم الجدول التالي :

الكتلة الجافة للتربة m_s	كتلة الحوجلة فارغة	كتلة الحوجلة+الماء المقطر m_1	كتلة الحوجلة+الماء المقطر+التربة m_2	درجة حرارة الماء T^0C	الوزن النوعي بدرجة حرارة الماء T^0C	عامل التصحيح	الوزن النوعي بدرجة حرارة $20C^0$

2- إذا تم قياس الوزن النوعي بدرجة حرارة $T\ ^0C$ مختلفة عن نقوم بتصحيح الوزن النوعي وذلك بضربه بعامل تصحيح K كالتالي :

$$G_{s(20^oC)} = K * G_{s(T^oC)}$$

Temperatures		
Temperature, °C	Density of Water (g/mL)	Correction Factor
16.0	0.99897	1.0007
16.5	0.99889	1.0007
17.0	0.99880	1.0006
17.5	0.99871	1.0005
18.0	0.99862	1.0004
18.5	0.99853	1.0003
19.0	0.99843	1.0002
19.5	0.99833	1.0001
20.0	0.99823	1.0000
20.5	0.99812	0.9999
21.0	0.99802	0.9998
21.5	0.99791	0.9997
22.0	0.99780	0.9996
22.5	0.99768	0.9995
23.0	0.99757	0.9993
23.5	0.99745	0.9992
24.0	0.99732	0.9991
24.5	0.99720	0.9990
25.0	0.99707	0.9988
25.5	0.99694	0.9987
26.0	0.99681	0.9986
26.5	0.99668	0.9984
27.0	0.99654	0.9983
27.5	0.99640	0.9982
28.0	0.99626	0.9980
28.5	0.99612	0.9979
29.0	0.99597	0.9977
29.5	0.99582	0.9976
30.0	0.99567	0.9974

قيم عامل التصحيح حسب درجة حرارة الماء

تجربة انضغاطية التربة بواسطة الأودومتر

تعريف انضغاط التربة :

هو مفهوم يصف إمكانية التربة لتخفيض حجمها تحت تأثير الحمولات الخارجية

الغاية من التجربة

الغاية من تجربة انضغاطية التربة بواسطة الأودومتر هي تحديد معاملات الانضغاط Cc, mv, av, E اللازمة لحساب هبوط الترب الغضارية المشبعة

الأدوات اللازمة

1. جهاز الأودومتر مع مؤشر قياس الانتقال الشاقولي بدقة 0.01 mm
2. فرن مجهز بترموستات لتعيير درجة الحرارة

التجارب الاضافية اللازمة

تحتاج الحسابات الخاصة بتجربة الأودومتر إلى التجارب الإضاقية التالية :

1- تجربة الوزن النوعي
2- تجربة قياس رطوبة التربة

مراحل التجربة

1- تجهيز عينة التربة وقياس كتلتها الحجمية الطبيعية ρ_t ورطوبتها ω ووزنها النوعي Gs(لن نقوم بقياس الوزن النوعي بسبب ضيق الوقت وإنما نفرض Gs=2.7 (علماً بأن ارتفاع العينة H_0=20mm)

2- وضع العينة في الجهاز وتجهيز ساعة قياس الانتقالات الشاقولية والتأكد من أفقية ذراع التحميل

3- - بدء عملية التحميل التي تتم وفق المراحل التالية :50 – 100 – 200 – 400 kN/m^2، حيث يتم في اليوم الأول تحميل $50kN/m^2$ ثم يتم ملء الحوض بالماء وإشباع العينة

4- في اليوم الثاني تسجل قراءة مؤشر الهبوط من جديد (وهي القراءات النهائية المستخدمة في الحسابات من أجل اجهاد $50kN/m^2$) ثم يتم إضافة حمولة بحيث (يصبح الاجهاد $100kN/m^2$)ويتم أخذ قراءة مؤشر الهبوط.

5- في اليوم الثالث تسجل قراءة مؤشر الهبوط من جديد (وهي القراءات النهائية المستخدمة في الحسابات من أجل اجهاد $100kN/m^2$) ثم يتم إضافة حمولة بحيث (يصبح الاجهاد $200kN/m^2$)ويتم أخذ قراءة مؤشر الهبوط.

6 - في اليوم الرابع تسجل قراءة مؤشر الهبوط من جديد (وهي القراءات النهائية المستخدمة في الحسابات من أجل اجهاد $200kN/m^2$ ثم يتم إضافة حمولة بحيث (يصبح الاجهاد $400kN/m^2$)ويتم أخذ قراءة مؤشر الهبوط.

الحسابات :

1- حساب عامل المسامية الأولي بالعلاقة $e_0 = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$ و $\gamma_s = G_s \cdot \gamma_w$, $\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+\omega}$

2- حساب عامل المسامية e_i في نهاية كل مرحلة تحميل, حيث:

$$e_i = e_0 - \frac{\Delta H_i}{H_0}(1+e_0)$$

3- رسم العلاقة بين الاجهاد المطبق وعامل المسامية (الاجهاد على المحور الأفقي بمقياس لوغاريتمي وعامل المسامية على المحور الشاقولي بمقياس عشري)

4- حساب معامل انضغاط التربة a_v وقرينة الانضغاط C_c وعامل الانضغاط الحجمي m_v وعمل يونغ الاودومتري E_{oed} وعامل يونغ E في المجال $(200\text{-}400)kN/m^2$ وذلك بفرض عامل بواسون $\mu_0=0.3$, مع العلم أن هذه العوامل تحسب بالعلاقات المبينة أدناه.

5- تصنيف التربة من حيث الانضغاطية اعتماداً على a_v

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta P} \qquad m^2/kN$$

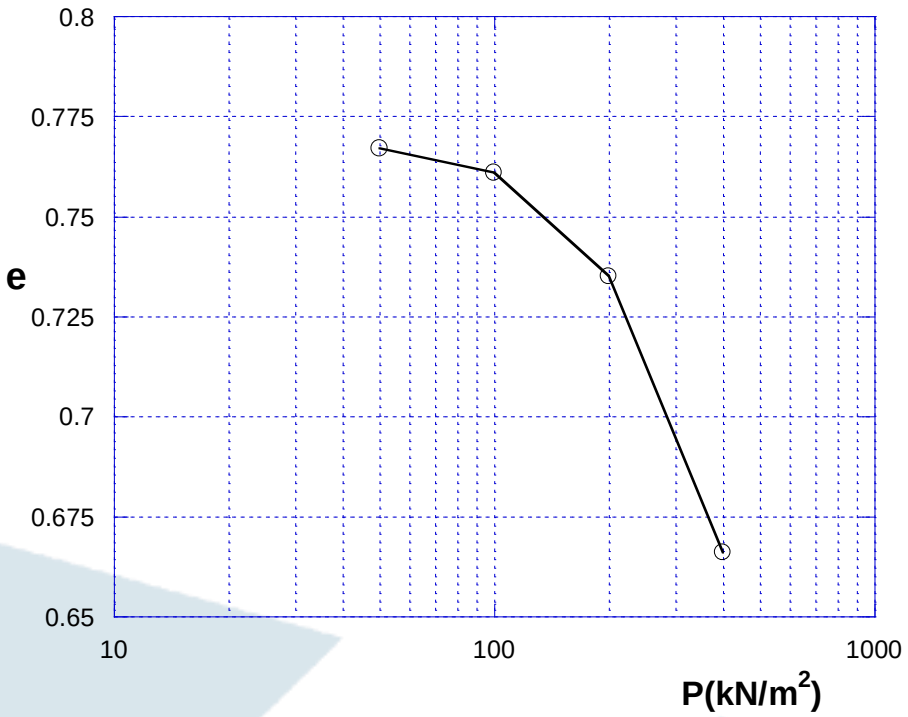
$$m_v = \frac{a_v}{1+e_0} \qquad m^2/kN$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{p_2}{p_1}}$$

$$E_{oed} = \frac{1}{m_v} \qquad kN/m^2$$

$$E = E_{oed} * (1 - \frac{2\mu_0^2}{1-\mu_0}) \qquad kN/m^2$$

الاجهاد المطبق kN/m^2	0.0	50	100	200	400
قراءة مؤشر الانتقالات					
الهبوط ΔH (mm)					
عامل المسامية e					



تجربة القص المباشر

تعريف مقاومة القص :

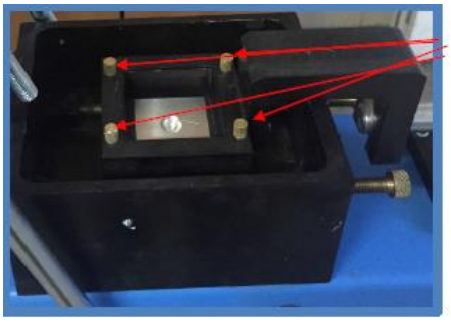
تعرف مقاومة القص للتربة بالقوة القاصة(أو الاجهاد القاص) التي تتحمله التربة عند الانهيار

الغاية من التجربة

تهدف تجربة القص المباشر إلى تحديد معاملات القص للتربة (التماسك C وزاوية الاحتكاك ϕ) اعتماداً على قانون كولومب $\tau = C + \sigma_n . \tan\phi$, τ تمثل الاجهاد القاص الذي تتحمله التربة عند الانهيار

الأدوات اللازمة

جهاز القص المباشر مع مؤشرات قياس الانتقالات الشاقولية والأفقية



مراحل التجربة

1- توضع العينة في الجهاز ويجهز الجهاز وتركب ساعات القياس

2- يطبق إجهاد شاقولي σ_n على العينة : $\sigma_n = P_v/A$ (A المقطع الأفقي للعينة = $A=36cm^2=0.0036m^2$)

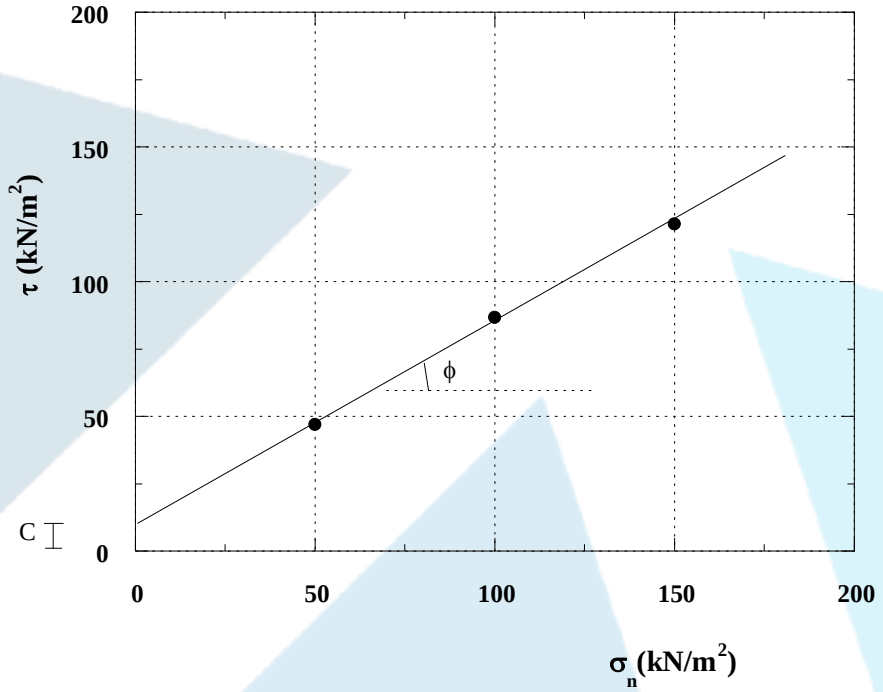
3-يتم التأكد من جاهزية العينة والجهاز للبدء بالتجربة (جميع البراغي التي تمنع الحركة محررة –كافة أجهزة القياس قد تم تصفيرها وهي جاهزة لبدء تسجيل القراءات- ذراع التحميل أفقي ... الخ)

4- يطبق انتقال أفقي بسرعة ثابتة على العينة عن طريق المحرك

5- تسجيل قراءات مؤشر الانتقال الأفقي ومؤشر الانتقال الشاقولي ومؤشر القوة القاصة باستمرار حتى يتم قص العينة

5- تكرر المراحل السابقة على 3 حلقات على الأقل بإجهادات ناظمية مختلفة kN/m^2(50 - 100 - 150) وهي تكافئ كتل kg(18 – 36– 54)

الحسابات :

6- حساب الاجهادات القاصة $\tau=P_h/A$ حيث $A=0036\ m^2$

7- رسم منحني الاجهاد القاص τ الأعظمي بدلالة الاجهاد الناظمي σ_n (مستقيم يميل عن محور τ بزاوية= زاوية الاحتكاك ϕ ويتقاطع مع محور τ بنقطة بعدها عن المبدأ = التماسك C)