جامعة حماه

كلية الهندسة المدنية

السنة : الثالثة

مقرر ميكانيك التربة 1

القسم العملي مخبر

د.كنان زين العابدين

د. رجاء عباس

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة الرطوبة

-**الرطوبة** $\omega_{\%}$: هي نسبة وزن الماء الموجود في عينة التربة W_w إلى وزن الحبيبات الصلبة W_S ، ونعبر عنها كنسبة مئوية أي : $\omega_{\%} = \frac{W_w}{W_s} * 100$

-**طريقة إجراء تجربة الرطوبة :**

1-نأخذ وزن وعاء فارغ وجاف ونظيف وليكن W_1.

2-نضع العينة المراد معرفة رطوبتها في الوعاء ونأخذ الوزن للعينة مع الوعاء وليكن W_{wet}.

3-نجفف العينة في الفرن بدرجة حرارة $100 \pm 5C^{\circ}$ ولزمن 24 ساعة نأخذ الوزن الجاف مع الوعاء بعد إخراجه من الفرن وليكن W_{dry}.

4-نحسب الرطوبة كنسبة مئوية من العلاقة التالية :

$$\omega_{\%} = \frac{W_w}{W_s} * 100 = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{W_{dry} - W_1} * 100$$

***ملاحظة :** الترب الغضارية يتغير قوامها ودرجة صلابتها بشكل كبير حسب رطوبتها فتكون قاسية عندما تكون جافة وطرية جداً عندما تكون مشبعة ، وتميل الترب الغضارية لتحتفظ برطوبة طبيعية أعلى من الرمل بشكل عام.

☒ **مثال محلول :**

-تم إجراء تجربة الرطوبة للتربة على عينتين وكانت النتائج كما في الجدول التالي :

رقم التجربة		1	2
وزن الوعاء فارغ W_1	(gr)	30.39	39.03
وزن الوعاء مع العينة رطبة W_{wet}	(gr)	72.8	86.5
وزن الوعاء مع العينة جافة W_{dry}	(gr)	70.38	83.7
الرطوبة $\omega_{\%}$		6.05%	6.27%
الرطوبة الوسطية $\omega_{\%}$		6.16%	

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة الوزن الحجمي

-**الوزن الحجمي للتربة** γ: هو النسبة بين وزن التربة إلى حجمها واحدته ($gr\backslash cm^3$ أو $t\backslash m^3$) ، وتتوقف قيمة الوزن الحجمي للتربة على نوعية المنرالات الداخلة في تركيبها وعلى رطوبتها ومساميتها ، وتختلف قيمة الوزن الحجمي للتربة نفسها حسب حالة التربة ورطوبتها فمثلاً الوزن الحجمي للتربة في الحالة الطبيعية $\gamma_b = \frac{W}{V}$:

W الوزن الكلي لعينة التربة ، V الحجم الكلي لعينة التربة ، أما الوزن الحجمي الجاف فهو $\gamma_d = \frac{W_d}{V}$:

W_d الوزن الجاف لعينة التربة ، وهناك الوزن الحجمي المشبع γ_{sat} حيث تكون كامل المسامات مملوءة بالماء ولايوجد هواء في مسامات التربة ، وأما الوزن الحجمي المغمور γ_{Sub} تكون جزئيات التربة مغمورة بشكل كامل بالماء ، $\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$: ($\gamma_w = 1gr\backslash cm^3$ الوزن الحجمي للماء).

وأما الوزن الحجمي للحبيبات الصلبة فهو نسبة وزن الحبيبات الصلبة إلى حجمها أي : $\gamma_s = \frac{W_S}{V_S}$

W_Sالوزن الجاف للحبيبات الصلبة ويساوي الوزن الجاف W_d ، V_S حجم الحبيبات الصلبة .

-**طريقة إجراء تجربة الوزن الحجمي من أجل عينات ليس لها شكل منتظم :**

1-نأخذ وزن العينة وليكن W_1.

2-نغلف العينة بالشمع بشكل جيد بحيث يشكل الشمع مادة كتيمة بسماكة حوالي (3 mm) لمنع نفوذ الماء للعينة ونأخذ وزنها مع الشمع وليكن W_2.

3-نأخذ وزن العينة المغلفة بالشمع وهي مغمورة في الماء بواسطة ميزان هيدروستاتيكي W_3.

4-نحسب الوزن الحجمي للعينة من العلاقة : $\gamma = \frac{W_1}{W_2 - W_3 - (\frac{W_2 - W_1}{0.84})}$

باعتبار الوزن الحجمي للشمع $\gamma_{wax} = 0.84gr\backslash cm^3$

***ملاحظة :** يتراوح الوزن الحجمي للترب بشكل تقريبي في المجال $1.4 \sim 2.2gr\backslash cm^3$ حيث القيم المنخفضة تناسب الترب العضوية أو الترب الرملية المخلخلة ، أما القيم المرتفعة تناسب الترب الغضارية ذات المنرالات الثقيلة .

☒ **مثال محلول :**

-تم إجراء تجربة الوزن الحجمي لتربة وكانت النتائج كما في الجدول التالي :

رقم التجربة		1	2
وزن العينة في الهواء W_1	(gr)	185.5	467.1
وزن العينة بعد التغليف بالشمع W_2	(gr)	192.2	483.7
وزن العينة مع الشمع بالماء W_3	(gr)	87.6	222.6
الوزن الحجمي γ	($gr\backslash cm^3$)	1.92	1.94
الوزن الحجمي الوسطي γ	($gr\backslash cm^3$)	1.93	

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة الوزن النوعي

-**الوزن النوعي للتربة** G_s : هو الوزن الحجمي للحبيبات الصلبة للتربة γ_s مقسوماً إلى الوزن الحجمي للماء المقطر $\gamma_w = 1gr\backslash cm^3$ وهو رقم مجرد دون واحدة أي : $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_S / V_S}{\gamma_w}$، ولايتعلق الوزن النوعي للتربة بحالة التربة ورطوبتها بل هو رقم ثابت من أجل تربة محددة .

-**طريقة إجراء تجربة الوزن النوعي :**

1- نجفف عينة التربة بالفرن 24 ساعة في درجة حرارة $105C^\circ$.

2- تنخل التربة على المنخل رقم N_{40} ذي الفتحة $0.425mm$ ، أو يتم طحنها من أجل سهولة إدخالها في البكنومتر (حوجلة صغيرة). 3- نأخذ وزن البكنومتر فارغ ونظيف وجاف تماماً وليكن W_b.

4- نضع كمية من التربة الجافة في البكنومتر بحيث تعبر بصورة صحيحة عن طبيعة التربة بجميع أجزائها.

5- نأخذ وزن البكنومتر مع التربة الجافة وليكن W_{bs} وبالتالي يكون وزن التربة الجافة $W_S = W_{bs} - W_b$.

6- نضيف الماء المقطر للبكنومتر الموجود فيه العينة حتى يتم غمر العينة بالماء بشكل جيد مع عدم الملء الكامل للبكنومتر ، و نضع البكنومتر في المخلية من أجل طرد الفقاعات الهوائية لمدة ثلث ساعة ويفضل أن تزيد المدة عن ذلك إذا كانت التربة ناعمة جداً من أجل خروج كامل الفقاعات الهوائية من العينة ، أونستخدم عملية التسخين بواسطة حمام رملي

7- نملأ البكنومتر كاملاً بالماء المقطر (حتى أسفل العنق أو علامة محددة) ونأخذ وزن البكنومتر مع التربة والماء المقطر وليكن W_{bsw}.

8- نفرغ البكنومتر من التربة وننظفه جيداً ثم يملأ بالماء المقطر حتى أسفل العنق أو نفس العلامة السابقة ونأخذ الوزن(بكنومتر مع ماء مقطر فقط) وليكن W_{bw}.

9- نحسب الوزن النوعي من العلاقة : $G_S = \frac{W_s}{v_s} = \frac{W_s}{W_{bw} + W_S - W_{bsw}}$

***ملاحظة :** يتراوح الوزن النوعي للترب الغضارية في المجال 2.7~2.8 ، وللسيلت يتراوح بين 2.67~2.7 ، وللرمل يتراوح بين 2.65~2.66

☒ **مثال محلول :** تم إجراء تجربة الوزن النوعي لتربة وكانت النتائج كما في الجدول التالي :

رقم التجربة		1	2
وزن البكنومتر فارغ W_b	(gr)	31.71	33.5
وزن البكنومتر مع الماء W_{bw}	(gr)	81.34	82.75
وزن البكنومتر مع التربة W_{bs}	(gr)	42.66	45.69
وزن البكنومتر مع التربة والماء W_{bsw}	(gr)	88.26	90.4
الوزن الجاف W_S	(gr)	10.95	12.19
الوزن النوعي G_s		2.72	2.69
الوزن النوعي الوسطي G_s		2.7	

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة التحليل الحبي

-يتألف الجزء الصلب في التربة من حبيبات ذات أبعاد مختلفة ، يتم تقسيم التربة من حيث أبعاد هذه الحبات إلى أربعة مجموعات رئيسية وهي (بحص- رمل -سيلت -غضار) ، تتراوح أبعاد البحص في المجال (4.75~75)mm والرمل بين (0.075~4.75)mm، والسيلت (0.002~0.075)mm ، أما الغضار حبيبات صغيرة جداً أقطارها أقل من 0.002mm

-**الغاية من تجربة التحليل الحبي** : تحديد النسب المئوية الوزنية لكل من البحص والرمل والسيلت والغضار في العينة فالحبات ذات الأقطار الأكبر من 0.075 mm يمكن فرزها إلى البحص والرمل عن طريق التنخيل على سلسلة المناخل (تجربة التحليل الحبي بالمناخل) ، أما الحبيبات الصغيرة ذات القطر الأقل من 0.075 mm حيث لايمكن تمييزها بالعين المجردة وهنا نلجأ إلى تجربة الترسيب.

-**طريقة إجراء تجربة التحليل الحبي** :

1-يتم تجفيف العينة المراد إجراء التجربة عليها بالفرن (مدة 24 ساعة وبدرجة $105C^{\circ}$) ثم نأخذ الوزن الكلي الجاف للعينة وليكن W.

2-في حال وجود تكتل في الترب تنقع العينة W بالماء لمدة 24 ساعة ثم تغسل على المنخل رقم N_{200} بشكل جيد حتى يصبح الماء الناتج من الغسيل صافياً .

3-كامل المحجوز على المنخل N_{200} سوف يتم إجراء تجربة المناخل عليه أما المار من هذا المنخل يجمع في أوعية ويرقد ونجري على جزء منه تجربة الترسيب .

4-نضع كامل المحجوز على المنخل N_{200} في الفرن لمدة 24ساعة وليكن الوزن الجاف له W_1

5-نمرر العينة الجافة W_1على سلسلة المناخل ونبدأ بهز المناخل بوضعها في جهاز الرج لمدة لاتقل عن /10min/ أو ممكن هزها بشكل يدوي.

6-نحدد الوزن المحجوز على كل منخل W_i.

7-أثناء عملية التنخيل قد تحدث بعض الأخطاء بسبب تناثر بعض الحبات ويجب إجراء التصحيح اللازم لذلك في حال $\Delta = \left|\sum W_i - W_1\right| > 2\%$ ويجب حساب مقدار التصحيح : $C_i = W_i \frac{\Delta}{W_1}$

ونحسب الوزن الوزن المصحح : $W_i' = W_i \pm C_i$

8-نحسب النسبة المئوية المتبقية على كل منخل $\left(Ri\% = \frac{W_i'}{W_1} * 100\right)$:

نحسب النسبة المئوية المتبقية التكاملية من أجل منخل : $\left(H_i = \sum R_i\%\right)$

نحسب النسبة المئوية المارة:

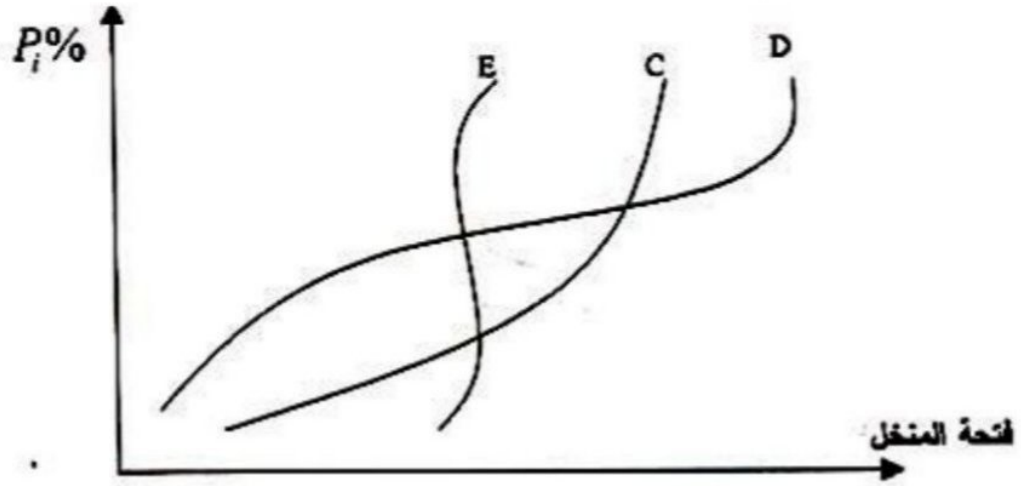
$$P_i\% = 100 - H_i\% = 100 - \frac{\sum W_i'}{W} * 100$$

9-نرسم العلاقة بين قطر الحبات والنسبة المئوية المارة على مخطط نصف لوغاريمتي حيث قطر الحبات يمثل على المحور الأفقي بقياس لوغاريتمي والنسبة المئوية المارة على الحمور الشاقولي بمقياس عادي.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أشكال منحني التحليل الحبي :

1. المنحني المستمر (الجيد التدرج): أفضل منحني وهو يدل على وجود حبات من مختلف الأقطار إذ يوجد حبات خشنة ومتوسطة وناعمة.
2. المنحني الحبي المنقطع التدرج (سيء التدرج): يدل على وجود حبات خشنة وناعمة أما الحبات المتوسطة فهي نادرة.
3. المنحني المنتظم التدرج (E) كافة الحبات لها تقريباً نفس القطر أي مجال تغير الأقطار ضيق جداً ويكون ميل هذا المنحن شديد أو قريب من الشاقولي.



C: المنحني الحبي جيد التدرج D: المنحني الحبي سيئ التدرج

E: المنحني الحبي منتظم التدرج

يمكن حساب المعاملات التالية لتقييم منحني التحليل الحبي :

- معامل الانتظام (التجانس) : $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

-معامل التقعر $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

بحيث D_{60} هو القطر الموافق لنسبة مئوية مارة 60% ، D_{10} هو القطر الموافق لنسبة مئوية مارة 10% ، D_{30} هو القطر الموافق لنسبة مئوية مارة 30%

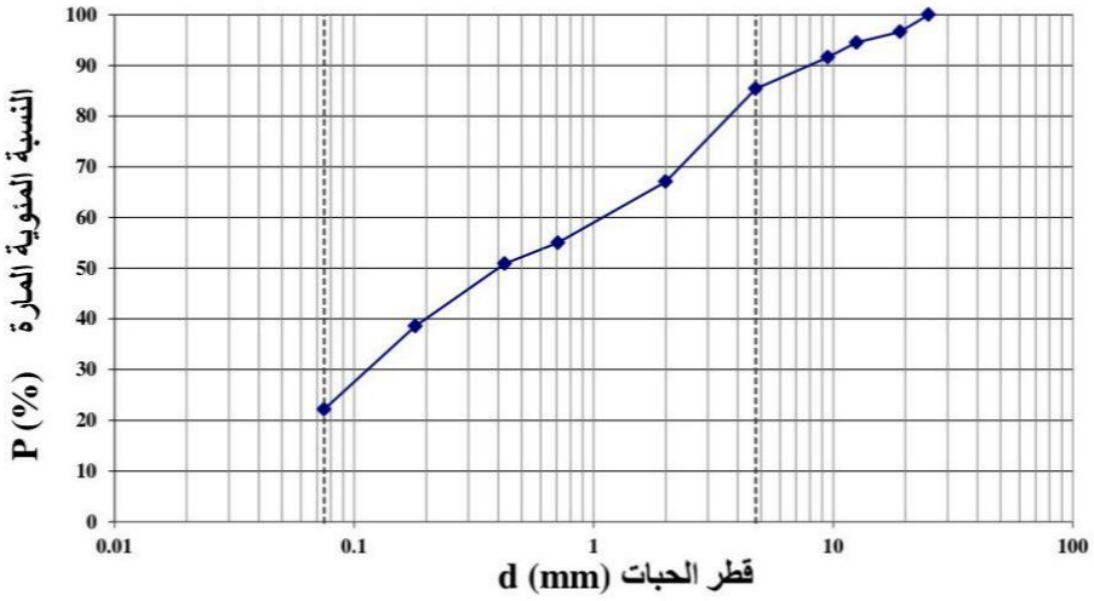
$1 < C_c > 3$ و $3 < C_u$ يكون منحني جيد التدرج ، وعندما $1 < C_c$ و $3 < C_u$ منحني سيئ التدرج.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

***مثال محلول :**

أجريت تجربة التحليل الحبي على عينة ترابية وزنها بعد تجفيفها بالفرن **(gr)** 250.3 وبعد الغسيل عل المنخل N_{200} كان الوزن الجاف للمحجوز على هذا المنخل يساوي **(gr)** 194.9 ، تم تمرير هذا الوزن على سلسلة المناخل النظامية وتم الحصول على الوزن المحجوز على كل منخل W_i كما في الجدول التالي ، ثم تم استكمال الحسابات للحصول على النسبة المئوية المارة ورسم العلاقة بين قطر الحبات والنسبة المئوية المارة كما في المخطط التالي فيما يخص تجربة المناخل :

فتحة المنخل (mm)	W_i (gr)	C_i	(gr) W_i'	Pi %
25	0	0	0	100.00
19	8.2	0.185	8.4	96.65
12.5	5.2	0.117	5.3	94.53
9.5	7.1	0.160	7.3	91.62
4.75	15.2	0.343	15.5	85.42
2	44.9	1.014	45.9	67.07
0.71	29.5	0.666	30.2	55.02
0.425	10.1	0.228	10.3	50.89
0.18	30.2	0.682	30.9	38.56
0.075	40.1	0.905	41.0	22.17



-نسبة الغضار والسيلت مجتمعة في العينة: $m_c\% = \frac{250.3 - 194.9}{250.3} * 10 = 22.13\%$

-نسبة البحص: $m_G\% = 100 - 85.42 = 14.58\%$

-نسبة الرمل : $m_S\% = 100 - (14.58 + 22.13) = 63.29\%$

أو يمكن حساب النسب السابقة تخطيطياً من المخطط البياني.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة حدود أتربرغ

-**حدود أتربرغ** : هي ثلاثة رطوبات شهيرة أوجدها العالم السويدي أتربرغ وهي (حد السيولة ، حد اللدونة ، حد الانكماش) تصف سلوك الجزء الناعم من التربة بتأثير تغير الرطوبة ،فحد السيولة هو الرطوبة التي تفصل الحالة اللدنة للتربة عن الحالة السائلة ، وحد اللدونة هو الرطوبة التي تفصل الحالة نصف الصلبة عن الحالة اللدنة للتربة أما حد الانكماش هو الرطوبة التي تفصل الحالة الصلبة عن الحالة نصف الصلبة للتربة وهو رطوبة التربة التي إذا نقصت عنها لايتغير حجم التربة بل يبقى ثابتاً.

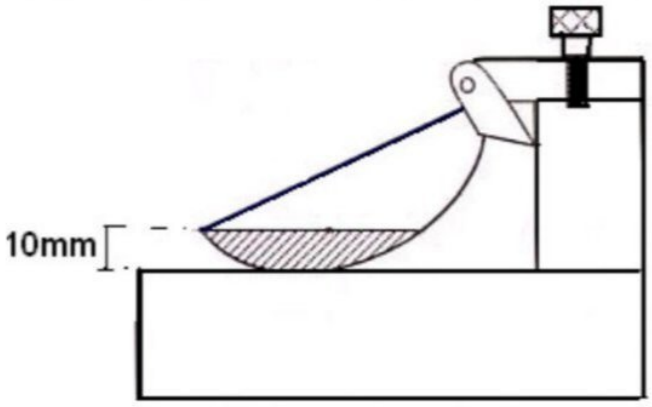
-**طريقة إجراء التجربة** :

تجرى تجارب حدود أتربرغ على التربة المارة من المنخل N_{40} ذي الفتحة 0.425 mm وبالتالي أول خطوة في التجربة هي غسل التربة على المنخل N_{40} بشكل جيد ، مع تجميع التربة المارة من هذا المنخل بأوعية حتى تترقد وتجف في الهواء وتصبح بشكل عجينة متماسكة ، وفيما يلي تفصيل لطريقة إجراء تجربتي حد السيولة وحد اللدونة دون التطرق هنا إلى تجربة حد الانكماش .

1-حد السيولة $W_L\%$:

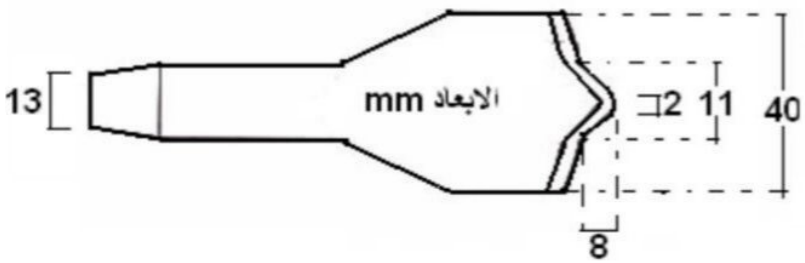
-يحدد تجريبياً بواسطة جهاز كاساغراندي الموضح بالشكل التالي والذي يتألف من صحن نحاسي يرتكز على قاعدة

-يملأ الصحن النحاسي بالعجينة السابقة حتى تصبح سماكة العينة في الوسط حوالي 10mm كما في الشكل :

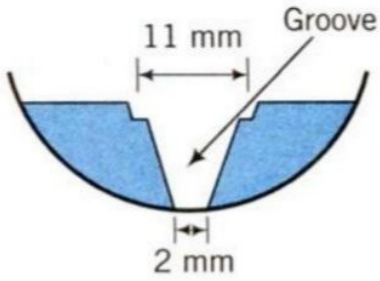


الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

-تقسم العينة داخل الصحن إلى قسمين متناظرين بواسطة أداة خاصة تدعى المحز والذي له أبعاد محددة كما في الشكل :



-فيتشكل شق في العينة على شكل حرف تقريباً V ارتفاعه 1cm وعرض من الأسفل 2mm كما في الشكل :



-عند تشغيل الجهاز يرتفع الصحن النحاسي بمقدار حوالي 10 mm ويسقط بشكل حر بمعدل ضربتين في الثانية الواحدة مما يؤدي إلى حدوث تقارب بين طرفي الشق ويحصل التحام لطرفي الشق تدريجياً ، ويعرف حد السيولة وفق هذه التجربة بأنه رطوبة التربة عندما يلتحم طرفي أسفل الشق بمقدار 10mm تقريبا وبحيث عدد الضربات في الجهاز مساوية لـ 25 ضربة ، لذلك يجب تنفيذ التجربة عدة مرات بحيث نحصل على التحام الشق بعدد ضربات بحيث تقع ضمن المجال من(10 ~ 50) ضربة وفي كل مرة نحسب رطوبة العينة في منطقة التحام الشق .

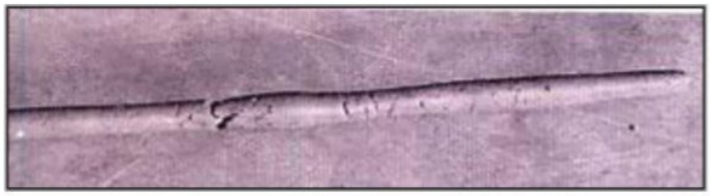
-بعد تحديد الرطوبات الموافقة لأعداد الضربات المقابلة نقوم بتمثيل النتائج على مخطط بياني حيث المحور الأفقي يمثل عدد الضربات ويكون وفق مقياس لوغاريتمي بينما المحور الشاقولي يمثل الرطوبة ويكون وفق مقياس عادي .

-نمرر أفضل مستقيم من النقاط التجريبية ويكون حد السيولة هو الرطوبة الموافقة لعدد ضربات 25 وفق المستقيم الناتج من النقاط التجريبية.

2- حد اللدونة W_p **%:**

تحدد تجريبياً بشكل يدوي حيث تجفف العجينة السابقة التي تم إجراء تجربة السيولة عليها إلى الحد بحيث يمكن أن نصنع منها كرة صغيرة بقطر حوالي (1~2cm) ولا تترك أثر على اليد ، عندها نقوم بدرج هذه الكرة على لوح من الزجاج أو الرخام ونصنع فتائل براحة اليد وتتدرج بلطف حتى تجف ، ويكون حد اللدونة هو رطوبة هذه الفتائل عندما تبدأ بالتشقق وبحيث يكون قطرها حوالي 3mm كما في الشكل :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



-نكرر التجربة عدة مرات ثم نأخذ المتوسط ويجب أن لا تختلف النتائج عن بعضها بأكثر من 3%.

-نتيجة تجربة حدود أتربرغ يمكن حساب بعض القرائن :

1-دليل اللدونة (قرينة اللدونة) $I_P = W_L - W_P$ هامة جداً وتعبر عن امتداد المجال اللدن للتربة

2-قرينة السيولة $I_L = \frac{\omega - W_P}{I_P}$

3-دليل القوام $I_P = \frac{W_L - \omega}{I_P}$: ω الرطوبة الطبيعية

وتحسب القرائن السابقة كلها كنسبة مئوية باعتبارها رطوبات

***ملاحظة :** يمكن تصنيف التربة حسب دليل اللدونة I_P كما يلي :

دليل اللدونة I_P	0~5	5~15	15~40	أكبر من 40
تصنيف التربة	غير لدنة	متوسطة	لدنة	عالية اللدونة

وكلما كان دليل اللدونة I_P كبير يعطي مؤشر أن التربة أكثر عرضة للتغيرات الحجمية (هبوط وانتفاخ) ويوافق ذلك وجود غضار وحد سيولة مرتفع للتربة .

***ملاحظة :** لتصنيف التربة بشكل تقريبي حسب نتائج حدود أتربرغ يمكن الاستئناس بالأرقام التالية :

$I_P > 15$ تقابل $W_L > 40$ وتصنيف التربة غضار

$I_P = 15\sim6$ تقابل $W_L = 40\sim25$ وتصنيف التربة سيلت

$I_P < 6$ تقابل $W_L < 25$ وتصنيف التربة رمل

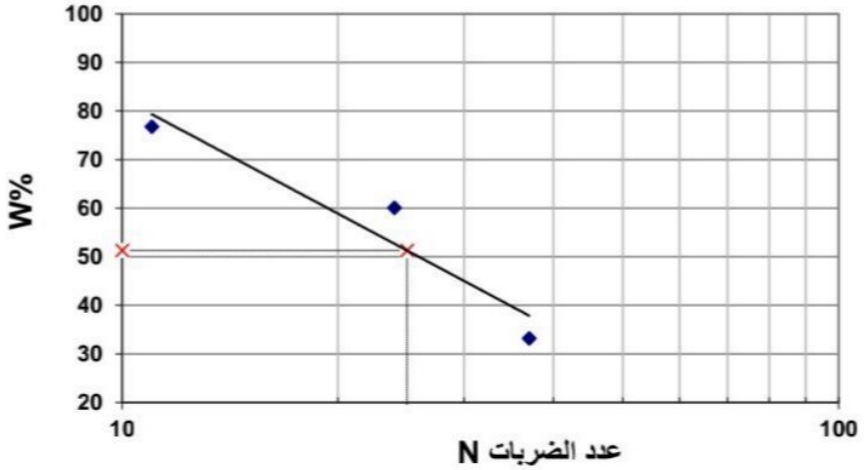
***مثال محلول :**

-أجريت تجربة حد السيولة في جهاز كاساغراندي وكانت نتائج المحاولات كما في الجدول وتم حساب الرطوبة للعينات المأخوذة من أجل كل محاولة.

رقم المحاولة	وزن العلبة فارغة(gr) W1	وزن العينة رطبة مع الوعاء (gr) W_{wet}	وزن العينة جافة مع الوعاء (gr) W_{dry}	عدد الضربات N	الرطوبة $\omega\%$
1	13.70	39.50	28.30	11	76.71
2	15.00	38.20	29.50	24	60.00
3	14.30	38.00	32.10	37	33.15

-تم رسم النتائج السابقة كما في المخطط وحساب الرطوبة الموافقة لعدد ضربات 25 والتي تعبر عن حد السيولة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



ينتج حد السيولة : $W_L\% = 51.3\%$

-أجريت تجربة حد اللدونة وكانت نتائج المحاولات كما في الجدول وتم حساب الرطوبة الموافقة لكل محاولة والتي تمثل حد اللدونة

رقم المحاولة	وزن العلبة فارغة(gr) W1	مع التربة رطبة(gr) W_{wet}	مع التربة جافة(gr) W_{dry}	الرطوبة $\omega\%$
1	15.4	18.5	17.9	24.00
2	14.5	18.3	17.5	26.67

فيكون حد اللدونة الوسطي : $W_p\% = 25.3\%$

-نحسب دليل اللدونة :

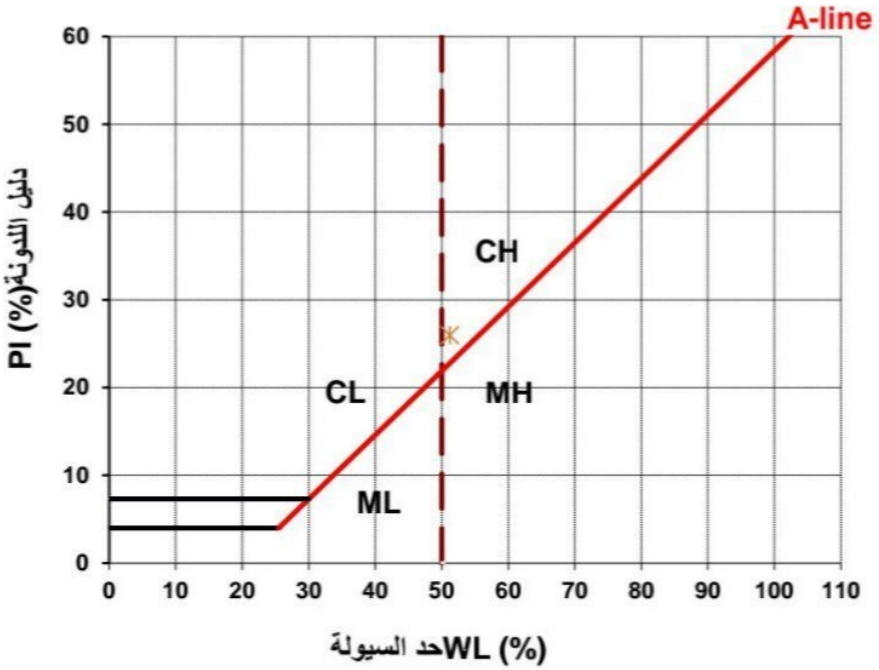
$$I_P = W_L - W_P = 51.3 - 25.3$$

$$I_P\% = 26\%$$

***ملاحظة هامة** : يمكن تصنيف الجزء الناعم من التربة حسب مخطط كاساغراندي الذي يمثل العلاقة بين دليل اللدونة وحد السيولة يفصل الغضار عن السيلت بمستقيم A-line معادلته : $I_P = 0.73(W_L - 20)$

-يتألف المخطط من أربع مناطق رئيسية كما في الشكل هي : CH غضار عالي اللدونة ، CL غضار منخفض اللدونة ، MH سيلت عالي اللدونة ، ML سيلت منخفض اللدونة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



يتبن من المخطط السابق أن تصنيف التربة السابقة هو CH غضار عالي اللدونة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تجربة بركتور

– تتطلب بعض المشاريع رص التربة من أجل تحسين مواصفاتها ، ويترافق ذلك مع ازدياد للوزن الحجمي الجاف للتربة وتقليل حجم الفراغات الهوائية ، وتلعب رطوبة التربة دور هام في عملية الرص ، فوجود رطوبة في التربة إلى حد معين يساهم في زلق الحبات فوق بعضها لتأخذ وضع أكثر اكتناز ، ولكن بعد زيادة الرطوبة عن هذا الحد فإن زيادة الرطوبة سوف تلعب دور سلبي وتشغل حيز بين حبات التربة وتمنع من ازدياد الوزن الحجمي الجاف ، أي يوجد رطوبة مثالية W_{opt}توافق الوزن الحجمي الجاف الأعظمي $\gamma_{d_{max}}$ ، وهذه الرطوبة تختلف من تربة لأخرى عند ثبات طاقة الرص المطبقة

-الغاية من التجربة : تحديد الرطوبة المثالية W_{opt} للتربة ، والوزن الحجمي الجاف الأعظمي $\gamma_{d_{max}}$ في جهاز لرص التربة اقترحه العالم بروكتور .

-طريقة إجراء التجربة :

1-يتم نخل التربة على المنخل ذي الفتحة 4.75 mm ونأخذ كمية كافية من التربة بعد النخل حوالي 3~4 kg .

2-نخلط هذه التربة برطوبة أقل بحوالي 6 درجات مئوية من الرطوبة المثالية المتوقعة.

3-يتم تحضير التربة في قالب بروكتور وهو اسطوانة معدنية يوجد منها نموذجان أبعادهما كما في الجدول التالي :

نوع القالب	ارتفاع القالب(cm)	قطر القالب (cm)
قالب بروكتور النظامي	11.63	10.16
قالب بروكتور المعدل	11.63	15.24

وتنفذ التجربة في أحد القالبين السابقين وفي حال تجربة بروكتور النظامية يتم رص التربة في قالب بروكتور النظامي على ثلاث طبقات وكل طبقة ترص ب 25 ضربة ، وفي حال تجربة بروكتور المعدلة يستخدم قالب بروكتور المعدل ويتم رص التربة على 5طبقات وكل طبقة 56 ضربة ، مع ملاحظة توزيع الضربات بانتظام على كامل سطح العينة في جميع الحالات .

4-ينفذ الرص للتربة في التجربة بواسطة مطرقة ذات مواصفات محددة ويوجد نوعين من المطارق كما في الجدول التالي :

نوع المطرقة	ارتفاع السقوط(cm)	وزن المطرقة(Lb)
مطرقة أولى	30.48	5.5
مطرقة ثانية	45.72	10

5-بعد انتهاء تحضير العينة في قالب بروكتور حسب ماسبق ، يسوى سطح التربة في قالب بروكتور بسكين حادة ويوزن القالب مع التربة الرطبة.

4-يفرغ قالب بروكتور من التربة وتؤخذ عينة منه لمعرفة رطوبتها .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

5-نكرر العملية السابقة 4 أو 5 مرات من أجل رطوبات أعلى من الرطوبة الأولية المستخدمة بحيث نزيد الرطوبة حوالي 2~3% في كل مرة.

6-نجري الحسابات اللازمة لحساب الرطوبة والوزن الحجمي الجاف من أجل كل محاولة.

7-نرسم المنحني التجريبي بين الرطوبة والوزن الحجمي الجاف والذي يأخذ شكل قطع مكافئ.

8-نوجد من المخطط البياني النقطة الموافقة لأعلى وزن حجمي جاف فتكون إحداثياتها(W_{opt} ، $\gamma_{d_{max}}$) كما في المثال المحلول .

ملاحظة : الرطوبة المثالية للتربة الخشنة أقل من الترب الغضارية ويكون المنحني التجريبي أكثر تسطحاً.

مثال محلول :

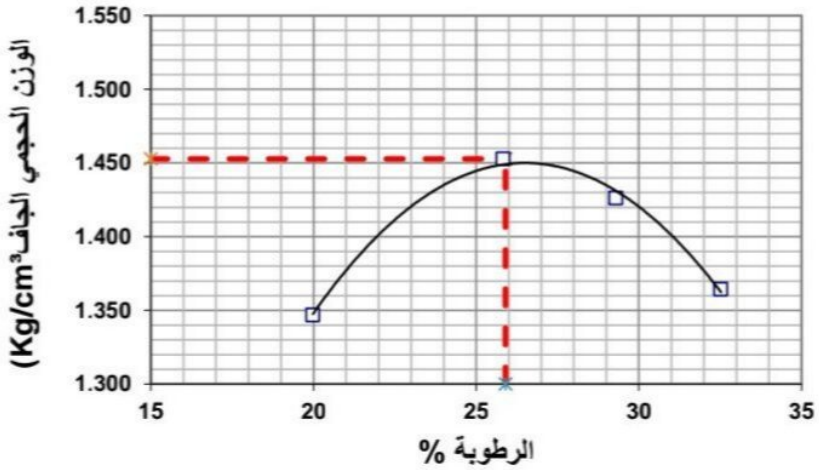
أجريت تجربة بروكتور على عينة من التربة حيث وزن قالب بروكتور فارغ gr 4624 وباعتبار حجم هذا القالب $1000cm^3$ وكانت النتائج كما في الجدول التالي :

رقم المحاولة	وزن القالب مع التربة رطبة gr	تجارب الرطوبة		
		وزن الوعاءgr	وزن التربة رطبة مع الوعاء gr	وزن التربة جافة مع الوعاء gr
1	6240	98.2	476.5	413.5
2	6452	98.6	425	358
3	6468	109.7	841.5	675.7
4	6432	105.9	666.2	528.7

-تم استكمال الحسابات كما في الجدول التالي :

رقم المحاولة	الرطوبة %	الوزن الحجمي الرطب gr/cm^3	الوزن الحجمي الجاف gr/cm^3
1	19.98	1.616	1.347
2	25.83	1.828	1.453
3	29.29	1.844	1.426
4	32.52	1.808	1.364

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الوزن الحجمي الجاف الأعظمي : $\gamma_{d_{max}} = 1.455 gr \setminus cm^3$

الرطوبة المثالية : $W_{opt}\% = 25.9\%$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner