

الجلسة العملية الثانية 2019/3/6

الخصائص الفيزيائية للتربة

1- التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis of Soil قوام التربة Soil Texture

تتواجد حبيبات التربة عادة في صورة تجمعات أو حبيبات مركبة Soil aggregates وقد توجد في صورة حبيبات فردية Individual particles كما في الترب الرملية عديمة البناء. وتختلف هذه الحبيبات عادة في أشكالها وأحجامها، وكذلك تركيبها الكيميائي نتيجة اختلاف ظروف تكوينها. يطلق على حبيبات التربة التي يزيد قطرها عن 2 مم بالحصى، أما الحبيبات التي يقل قطرها عن 2 مم فيطلق عليها ناعم التربة Fine earth.

ناعم التربة:

هو قسم من حبيبات التربة التي تمر من منخل أقطار فتحاته 2مم وذلك حسب التصنيف الذي وضع للأغراض الزراعية، والذي يجرى عليه كافة أنواع التحاليل المخبرية الفيزيائية والكيميائية المطلوبة. يتكون ناعم التربة من ثلاث مجموعات حجمية هي: مجموعة الرمل sand ومجموعة السلت silt ومجموعة الطين clay، وتختلف أحجامها حسب التقاسيم المختلفة لحبيبات التربة أو ما تسمى مجاميع الحبيبات الأولية primary soil particles، كما في الجدول 1.

الجدول رقم (1) يوضح أقسام حبيبات التربة تبعاً لأحجامها حسب نظم التقسيم المختلفة

التقسيم الدولي (تقسيم الجمعية الدولية لعلوم التربة) (ISSS)		التقسيم الأمريكي تقسيم وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)		المجموعات الميكانيكية الأولية
تحت القسم	قطر الحبيبات مم	تحت القسم	قطر الحبيبات مم	
رمل خشن	2-0.2	رمل خشن جداً	1 – 2	الرمل
		رمل خشن	0.5 – 1	
رمل ناعم	0.2-0.02	رمل متوسط	0.25 – 0.5	
		رمل ناعم	0.1 – 0.25	
		رمل ناعم جداً	0.05 – 0.1	
سلت	0.02-0.002	سلت خشن	0.02 – 0.05	السلت
		سلت ناعم	0.02 – 0.002	
الطين	أقل من 0.002	الطين	أقل من 0.002	الطين

قوام التربة soil texture والتحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis

لم تتفق مدارس علوم التربة على منهج واحد في تصنيف العناصر الميكانيكية Mechanical elements المكونة لهيكل التربة الصلب، فيعرف الطين بقطره الأقل من (2 ميكرون) في التصنيف الدولي والتصنيف الأمريكي، بينما يعرف في التصنيف الروسي بقطره الأقل من (1 ميكرون)، ويضيف التصنيف الروسي مفهوم الرمل الفيزيائي Physical Sand من أجل مجموعة من العناصر

أقطارها تزيد عن (10 ميكرون)، فإذا قلت عن ذلك (10 ميكرون) كان مفهوم الطين الفيزيائي Physical clay كما في الجدول (2).

الجدول رقم (2): يبين مقارنة بين التصنيف الروسي والأمريكية والدولية لعناصر الطور الصلب الميكانيكية مقدراً بالمليمتر قطعاً

نوعية العنصر	الروسي	الأمريكي	الدولي
حجارة	أكبر من 3	—	—
حصى	3 — 1	أكبر من 2	—
رمل	1 — 0,05	— خشن جداً	1 — 2
رمل خشن	1 — 0,50	0,2 — 2	0,5 — 1
رمل متوسط	0,5 — 0,25	—	0,25 — 0,5
رمل ناعم	0,25 — 0,05	0,02 — 0,2	0,1 — 0,25
سلت	0,05 — 0,001	0,002 — 0,02	0,002 — 0,05
سلت خشن	0,05 — 0,010	—	—
سلت ناعم	0,005 — 0,001	—	—
طين	أقل من 0,001	أقل من 0,002	أقل من 0,002
طين خشن	0,001 — 0,0005	—	—
طين ناعم	0,0005 — 0,0001	—	—
غرويات	أصغر من 0,0001	—	—

تُعد معرفة قوام التربة مهم من الناحية العملية حيث أنه يعطى فكرة عن بعض الصفات الفيزيائية الأخرى للتربة مثل مدى قدرة التربة للاحتفاظ بالماء، وسرعة رشح الماء من خلال سطح التربة، وتهوية التربة، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية السعة التبادلية الكاتيونية للتربة.

طرائق التحليل الميكانيكي للتربة:

1- طريقة الهيدروميتر hydrometer method

2- طريقة الماصة pipette method

3- طريقة المناخل sieves method

تُستخدم طريقة المناخل في حالة التربة ذات القوام الخشن التي تحوي حبيبات ذات أقطار أكبر من 0,02 وتتعتمد على فصل مكونات التربة بأمرارها من خلال مجموعة من المناخل المترابكة مختلفة، الفتحات بحيث توضع المناخل ذات الفتحات الواسعة أعلى المجموعة والمناخل ذات الفتحات الضيقة أسفل منها بالتدريج كما في الشكل (8).

خواص مجموعات العناصر الميكانيكية:

إنَّ نسب مجاميع العناصر الميكانيكية في التربة هي التي تحدّد الخواص الميكانيكية مثل التماسك واللدونة والالتصاق وما شابه، وإنَّ التعرف على بعض خواص هذه المجاميع قد يسهّل من التحكم في الخواص الميكانيكية من خلال التدخل في تغيير النسب إضافة أو إزالة في المواقع ذات الأهمية الاقتصادية.

1- الرمل الخشن

إنَّ وجود الرمل الخشن بكميات بسيطة تجعل التربة ضعيفة التماسك هشة وسهلة الخدمة، لأنَّ هذه الحبيبات لا تظهر فيها خاصية الالتصاق ولا خاصية اللدونة بل تبقى مفككة وإن تغلفت بالطين والذبال، ويختلف

شكل هذه الحبيبات بين المستديرة وحادة الزوايا، وتتكون هذه الحبيبات من بلورات الكوارتز والفلسبارات والميكا والكالسيت والجبس، وقد يسود الجبس هذه الحبيبات كما هو الحال في حوض الفرات، وقد ترتفع نسبة الكالسيت في كثير من الترب المنحدرة من صخور أبوية كلسية، وإن ارتفاع نسبتها في التربة تفقد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

2- الرمل الناعم

تعدّ خواص الرمل الناعم المختلفة قريبة من خواص الرمل الخشن، إلا أنه يبدي درجة ما من درجات التماسك، وإذا وجد في التربة مختلطاً بنسب من السلت والطين كان ذا أثر فعال في تحسين الخواص المائية والهوائية، وقد تترسب معادن الجبسيت والهيمايتيت والليمونيت على أسطح الرمل بنوعيه فتكسبه ظلالاً مختلفة من الألوان بين الأحمر والأصفر.

3- السلت

يسود السلت في معدن الكوارتز بالإضافة إلى المعادن الأولية الأخرى، وإن تماسك حبيباته أوضح من الرمل، ويبدي أول مظاهر اللدونة وهي من الخواص الهامة للطين، وبالرغم من قدرة السلت على الاحتفاظ بالماء كبيرة نسبياً إلا أن الانكماش بالجفاف لا يصحبه تشقق كبير في التربة.

4- الطين

يتميز الطين بأنه نتاج التجوية الكيميائية للمعادن الأولية، ويصحب التجوية إعادة تشكّل البنية البلورية بحيث تتوضع فيها شحنات كهربائية سالبة على أسطحه الخارجية، وإن هذه الشحنات تجعل الطين نشطاً كيميائياً وفيزيائياً بالإضافة إلى الخواص الميكانيكية التي تكون على أوضح هيئة مثل التلاصق والتماسك واللدونة والتمدد والانكماش.

الليونة/ اللدونة: Soil Plasticity

تعمل الخواص الميكانيكية في تربة ما، تبعاً للتركيب الميكانيكي، فارتفاع نسبة المواد الناعمة ذات التركيب البلوري المشحون كهربائياً، تفرض خواص محددة غير الخواص التي تفرضها المواد الخشنة ذات السطح الصغير والشحنة الكهربائية المعتدلة، وتندرج الخواص فيما بينها، التي تظهر فيها هذه الخواص في وجود الماء، إذ تبدي العناصر سلوكاً مختلفاً تجاه جزيئات الماء، فلقد وجد ستيربرج Stterberg أن نسبة الرطوبة هذه حدان تظهر بينهما خاصية الليونة/اللدونة:

الحد الأعلى لللدونة Upper plastic limit: ويُعرف بالنقطة التي يبدأ عندها مخلوط تربة - ماء في السيولة، أي عندما تفشل التربة في حفظ شكلها تحت تأثير قوة مؤثرة.

أما الحد الأدنى لللدونة Lower plastic: فيُعرف بالحد الذي تبدأ عنده التربة بالتفتت إذا تحركت قطعة اسطوانية منها تحت راحة اليد، أي الحد الأدنى الذي تعجز فيه عن تتبّع تغيير شكلها باستمرار تحت تأثير قوة مؤثرة.

تعريف رقم الليونة: هو عبارة عن الفرق بين قيمتي الحدين الأعلى والأدنى الليونة بالنسبة للتربة الجافة، ويتغير رقم الليونة مع تغير المحتوى المائي في التربة، وإن كل العوامل التي تزيد من قيمة المحتوى المائي تقود إلى قيم لأرقام الليونة عالية مثل نسبة ونوعية الطين ونوعية كاتيونات التبادل ونسبة المادة العضوية، فالترب الرملية ينعدم فيها رقم الليونة بينما يرتفع في الترب الطينية إلى قيمة أكبر من (17).

التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical Analysis of Soil

أهداف التحليل الميكانيكي: يهدف التحليل الميكانيكي للتربة إلى معرفة قوام الترب لما له من خصائص هامة تؤثر في الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة.

قوام التربة: يعبر عن مدى خشونة أو نعومة التربة، ويعود ذلك إلى نسبة كل من الرمل والسلت والطين في العينة الترابية الجافة تماماً، ويتم تحديد قوام التربة بإجراء التحليل الميكانيكي لها.

التحليل الميكانيكي للتربة: هو معرفة نسبة التوزيع الحجمي لمكونات التربة، بعضها إلى البعض من مجموعات (الرمل والملت والطين)، ويمكن إجراء التحليل الميكانيكي للتربة بطرائق، حقلية ومخبرية.

الأساس النظري لفصل الحبيبات:

يتم فصل الحبيبات بطريقة الترسيب نتيجة اختلاف احجامها وعلاقة ذلك بسرعة رسوب الحبيبات في الوسط. هذا الأساس يعتمد على **قانون ستوكس Stock's law** والذي ينص على أنه عند سقوط حبيبة في سائل فان سرعة الرسوب تتناسب طردياً مع حجم الحبيبة (نصف قطر الحبيبة) وبالتالي وزنها، كما يظهر ذلك من العلاقة التالية:

$$v = \frac{2}{9} \frac{g r^2 (\rho_s - \rho_f)}{\eta}$$

حيث:

V سرعة سقوط حبيبات التربة في الوسط (سم/ثانية)

g الجاذبية الأرضية (980 سم/ثا²)

r نصف قطر الحبيبات (سم)

ρ_s كثافة الحبيبات الصلبة (غرام/سم³)

ρ_f كثافة السائل أو الماء (غرام/سم³)

η لزوجة السائل (بواز أو غرام/سم/ثانية)

$$v = K * r^2$$

وبفرض معرفة الثوابت المختلفة فإن المعادلة تصبح أي أن سرعة رسوب الحبيبات في الوسط تتناسب طردياً مع مربع نصف قطر الحبيبات الصلبة. هذا القانون مبني على أساس توازن القوى المؤثرة على سقوط الحبيبات في سائل له مواصفات معينة (الكثافة واللزوجة).

أولاً: الطرائق الحقلية للتحليل الميكانيكي:

أ- **الاختبارات اليدوية:** يتم ذلك بفرك عينة التربة بين الأصابع (الإبهام والسبابة) أو على راحة اليد فإن كانت خشنة دل ذلك على وجود نسبة عالية من الرمل، كما أن التربة الرملية لا تلتصق على أصابع اليد، ويسمع صوت مميز عند فرك التربة قرب الأذن. بينما الترب الطينية فهي تلتصق على أصابع اليد، ولا تصدر أي صوت عند فركها بين أصابع اليد.

ب- **قابلية التربة للتشكيل:** يقصد بقابلية التربة للتشكيل، إمكانية تشكيل خيوط من التربة بقطر 3 مم ثم تشكيل حلقة بقطر 3 مم دون أن تنفقت.

خطوات دراسة قابلية التربة للتشكيل:

- 1- رطب قليلاً من التربة بالماء حتى تصبح عجينة ثم اعجنها بين الأصابع.
- 2- حاول تشكيل خيط أو قتل قطره 3 مم وذلك بتدوير العجينة بين راحتي اليد.
- 3- إذا تشكل الخيط المذكور حاول عمل حلقة قطرها 3 مم.
- 4- إذا لم يتشكل عجينة وبقيت التربة مفككة يكون القوام رملي.
- 5- إذا أمكن تشكيل عجينة متقطعة ومفككة تكون التربة ذات قوام رملي لومي.
- 6- إذا كان شكل العجينة هش ومتقطع يكون القوام لومي طيني.
- 7- إذا أمكن تشكيل حلقة ولكن بشكل متقطع تكون التربة ذات قوام رملي طيني لومي.

- 8- إذا كانت الحلقة متكاملة ولكنها غير ملساء الحواف خشنة تكون التربة ذات قوام طيني.
- 9- إذا كانت الحلقة متكاملة والحواف ملساء وتبقى على حالها في الحالة الجافة تكون التربة ذات قوام طيني ثقيل.

ثانياً: الطرائق المخبرية للتحليل الميكانيكي للتربة:

طريقة الهيدرومتر:

الهيدرومتر: هو عبارة عن جهاز من الزجاج (الشكل 1) يقرأ عدد الغرامات من المادة المعلقة في واحد لتر من المحلول الأرضي، وصُمم هذا الجهاز ليعمل على درجة حرارة 19.4°C لذلك لا بدّ من تصحيح القراءة على الشكل التالي:

لكل تغيير في درجة حرارة المحلول أكبر أو أصغر من 19.4 درجة مئوية، يستوجب إجراء تصحيح للقراءة على الشكل التالي:

إضافة 0.4 تدريجه لقراءة الهيدرومتر لكل تغيير درجة مئوية واحدة في حرارة المحلول، وبالتالي تُحسب الفروق الحرارية ويضرب الناتج بـ 0.4 على الشكل التالي:

إذا كانت حرارة المحلول أكبر من 19.4 **نضيف** الناتج لقراءة الهيدرومتر.

إذا كانت حرارة المحلول أصغر من 19.4 **نطرح** الناتج من قراءة الهيدرومتر.



الشكل (رقم 1) هيدرومتر التربة واستخدامه

- **مبدأ الطريقة:** تعتمد هذه الطريقة على فصل الحبيبات الأولية لهيكل التربة حيث توجد بعض المواد اللاصقة بين هذه الحبيبات مثل: المادة العضوية و كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وماءات الحديد والألمنيوم وأيضاً وجود بعض العناصر المجتمعة مثل أيونات عديدة التكافؤ والإلكتروليونات (ذوابة في الماء وتشمل هذه الإلكترونيات الأحماض والقواعد القوية ومعظم الأملاح. أما الإلكترونيات الضعيفة مثل حمض الخل فهي تطلق عدداً قليلاً من الأيونات). ومهما اختلفت طريقة التحليل الميكانيكي فإنها تهدف المعاملة الأولية للتربة إلى ما يلي:

- 1- أكسدة المادة العضوية 2- إذابة المواد اللاصقة 3- إزالة الإلكترونيات
- تعتمد هذه الطريقة على سرعة ترسب حبيبات التربة في معلق مائي لها بمرور الزمن، حيث تترسب أولاً الحبيبات ذات الأقطار الكبيرة ثم الأصغر فالأصغر حيث يؤدي ذلك إلى تغيير في كثافة معلق التربة.

خطوات التحليل الميكانيكي للتربة بطريقة الهيدرومتر:

- 1- يتم وزن من (20-80) غ من التربة ويتناسب ذلك عكساً مع محتواها من الطين (80) غ من التربة الرملية الخفيفة و(40) غ من التربة المتوسطة و(20) غ من التربة الطينية. وتوضع في دورق مخروطي سعته 250 مل.
- 2- يضاف 50 مل من الماء الأوكسجيني بتركيز 6% إلى محتويات الدورق ثم تترك لمدة 24 ساعة، بهدف أكسدة المادة العضوية، ومنع تشكل الرغوة لاحقاً.
- 3- يضاف 50 مل من مادة مفرقة (هيكساميتافوسفات الصوديوم + كربونات الصوديوم) بهدف التفريق التام لحبيبات التربة ويتم تحضيرها بحل (36) غ من هيكساميتافوسفات الصوديوم مع (8) غ من كربونات الصوديوم، ويكمل الحجم إلى واحد ليتر من الماء المقطر).
- 4- ثم يضاف ماء مقطر إلى محتويات الدورق السابق حوالي 120 مل والرج على الزجاج الميكانيكي لمدة 15-20 دقيقة وذلك حسب قوام التربة.
- 5- يتم نقل محتويات الدورق نقلاً كميّاً إلى سلندر سعته 1 لتر، ويكمل الحجم بالماء المقطر إلى 1 لتر.
- 6- يقلب السلندر بعدها من 15-20 مرة بين راحتي اليد، ثم ضبط زمن بدء الترسيب وولوج الهيدروميتر بشكل رأسي داخل المعلق، وأخذ القراءة الأولى بعد مضي 40 ثانية، على بدء الترسيب، حيث تترسب (مجموعة الرمل التي أقطارها أكبر من 0.05 مم)، فهذه القراءة تشير إلى عدد غرامات السلت والطين المعلقة في لتر من المحلول (التي أقطارها أصغر من 0.05 مم)، ثم يقاس درجة حرارة المحلول مباشرة بعد القراءة للقيام بتصحيحها.
- ثم يولج الهيدروميتر في المعلق بشكل رأسي، مرة ثانية بدون تحريك، وتؤخذ القراءة الثانية بعد ساعة التي تشير إلى حبيبات السلت الناعم والطين، وتقاس درجة الحرارة أيضاً.
- ثم يولج الهيدروميتر في المعلق مرة ثالثة بدون تحريك، وتؤخذ القراءة الثالثة بعد ساعتين، التي تشير إلى حبيبات الطين، وتقاس درجة الحرارة أيضاً.

طريقة الحساب: تحسب النسب المئوية لكل من مجموعات الرمل والسلت والطين كما يلي:

القراءة المصححة بعد 40 ثانية

$$\%(\text{سلت} + \text{طين}) = \frac{\text{وزن العينة الترابية الجافة}}{100 \times \text{القراءة المصححة بعد 40 ثانية}}$$

$$\% \text{ رمل} = 100 - \%(\text{سلت} + \text{طين}).$$

القراءة المصححة بعد ساعتين

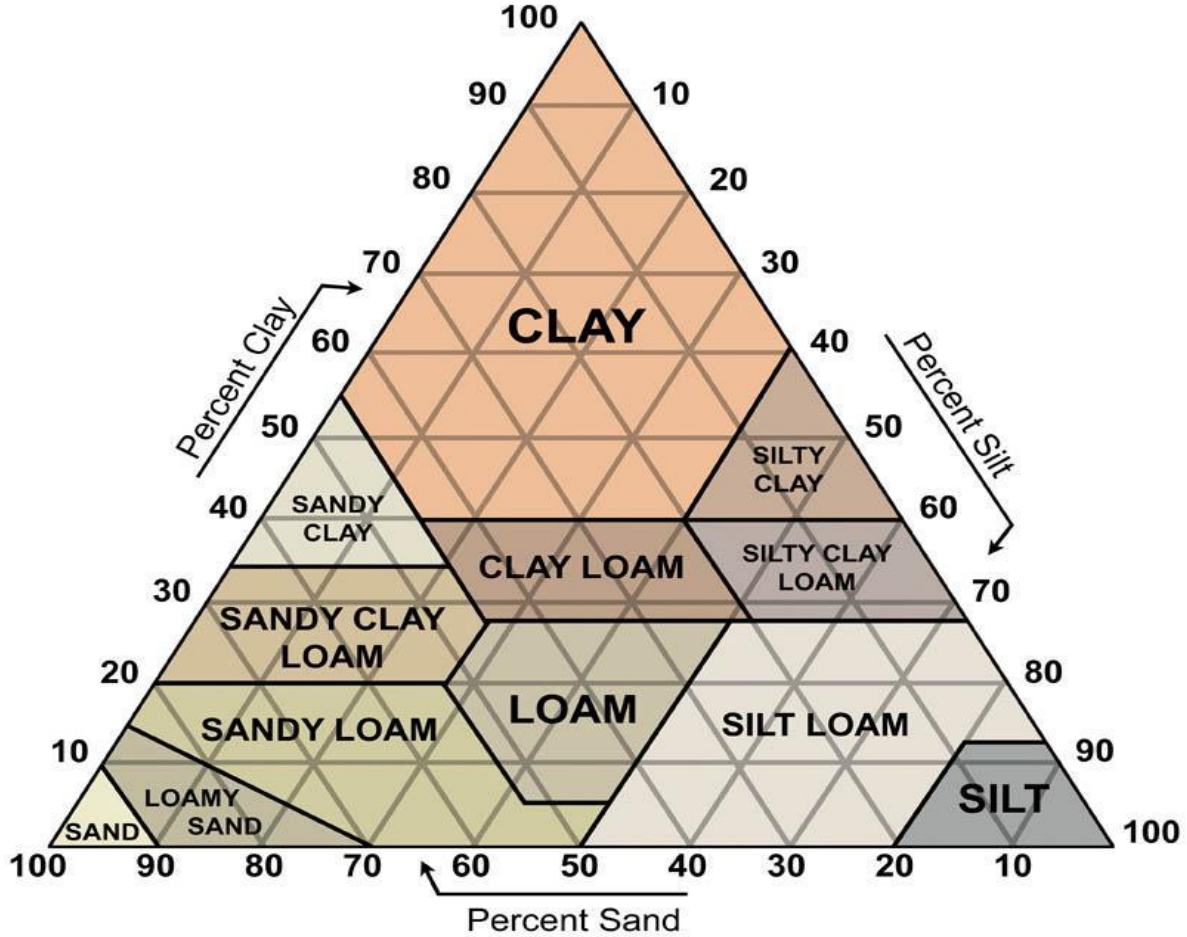
$$\%(\text{للطين}) = \frac{\text{وزن العينة الترابية الجافة}}{100 \times \text{القراءة المصححة بعد ساعتين}}$$

$$\% \text{ للسلت} = \%(\text{السلت} + \text{الطين}) - \% \text{ للطين}.$$

بعد الحصول على نسبة كل من مجموعات الرمل والسلت والطين، يتم إسقاطها على مثلث القوام الأمريكي وبالتالي تحديد نوع الرتبة القوامية للتربة في المواقع والأعماق المدروسة، ويتم ذلك بوضع نسبة الطين على خط الطين وإنشاء خط وهمي يوازي خط الرمل، ووضع نسبة السلت على خط السلت وإنشاء خط وهمي يوازي لخط الطين، ثم وضع نسب الرمل على خط الرمل وإنشاء خط وهمي يوازي خط السلت، مكان تقاطع الخطوط الثلاثة يشير إلى الرتبة القوامية للعينة المدروسة كما في الشكل (7).

مثلث القوام الأمريكي:

وهو عبارة عن مثلث متساوي الأضلاع كل ضلع فيه مرقم من (0 إلى 100) يمثل ضلعه السفلي النسبة المئوية للرمل، ويمثل ضلعه الأيمن النسبة المئوية للسلت، وضلعه الأيسر النسبة المئوية للطين. يحصر بين أضلاعه 12/ اثنتي عشرة رتبة قواميه وذلك حسب نسبة التوزيع الحجمي لكل من الرمل والسلت والطين في العينة المدروسة (الشكل 7).



الشكل رقم (7): يوضح مثلث القوام الأمريكي مع رتب القوام الـ 12

مثال: لدى إجراء التحليل الميكانيكي لعينة تربة وزنها الجاف 40 غرام وكانت القراءة الأولى للهيدرومتر بعد 40 ثانية 23 ودرجة حرارة المعلق 23 درجة مئوية والقراءة الثانية للهيدرومتر بعد 2 ساعة 20 ودرجة الحرارة 21 والمطلوب حساب نسبة كل من الرمل والسلت والطين.

الحل: تصحيح القراءة الأولى للهيدرومتر بعد 40 ثانية

$$\text{معامل التصحيح} = 0.4 * (19.4 - 23) = 1.44$$

القراءة الأولى المصححة للهيدرومتر = القراءة الأولى للهيدرومتر + معامل التصحيح

$$24.44 = 1.44 + 23 =$$

القراءة المصححة بعد 40 ثانية

$$\% (سلت + طين) = \frac{40}{24.44} * 100 = 61.1\%$$

وزن العينة الترابية الجافة

$$\% \text{ للرمل} = 100 - \% (\text{للسلت} + \text{الطين}) = 100 - 61.1 = 38.9\%$$

تصحيح القراءة الثانية للهيدرومتر
 معامل التصحيح = $0.64 = 0.4 * (19.4 - 21)$
 القراءة المصححة الثانية للهيدرومتر = القراءة الثانية للهيدرومتر + معامل التصحيح
 $20.64 = 0.64 + 20 =$

القراءة المصححة بعد ساعتين
 % (للطين) = $100 \times \frac{\text{وزن العينة الترابية الجافة}}{\text{القراءة المصححة بعد ساعتين}}$

$$51.6\% = 100 * (40 / 20.64) =$$

% للسلت = % (السلت + الطين) - % للطين = $9.5 = 51.6 - 61.1$
 قوام التربة المدروسة - بعد الاسقاط على مثلث القوام الأمريكي - طينية Clay

الجدول رقم (3): أقسام قوام التربة حسب النظام الأمريكي

الرتبة	الوصف	تحت الرتبة القوامية
التربة الرملية	تربة خشنة القوام	Sand رمل
		Loamy Sand طمي (لومي) رمل
التربة الطميية	تربة في قوامها خشونة	Sandy Loam رمل طمي
	تربة متوسطة القوام	Loam طمي
		Silty Loam سلتي طمي
		Silt سلتي
	تربة في قوامها نعومة	Clay Loam طيني طمي
		Sandy Clay Loam رمل طيني طمي
		Silty Clay Loam سلتي طيني طمي
تربة طينية	تربة ناعمة القوام	Sandy Clay رمل طيني
		Silty Clay سلتي طيني
		Clay طيني

انتهت الجلسة الثانية

د. عصام الخوري ، د. حيدر الحسن