المحاضرة الثالثة:-التحليل الميكانيكي للتربة Mechanical analysis of soil

يقصد بالتحليل الميكانيكي جميع العمليات المتبعة لفصل دقائق التربة الاولية وايجاد النسب المئوية الوزنية لاحجام هذه الدقائق (النسبة المئوية للرمل والغرين والطين)والتي بموجبها يتم تحديد صنف نسجة التربة soil texture والتي تمثل التوزيع النسبي لحجوم دقائق التربة الاولية والتي تعد احد صفات التربة الطبيعية الهامة والثابته نسبيا حيث لا تتغير تحت تاثيرعمليات الخدمة المختلفة التي تجري في التربة .

يمكن تحديد نسجة التربة حقليا بصورة تقريبية بالاعتماد على الصفات النوعية للتربة و الخبرة العملية حيث يمكن تصنيفها الى خشنة او ناعمة او متوسطة النسجة بالاعتماد على ملمس التربة كما يمكن تحديدها من خلال برم عجينة التربة وتعتبر هذه طرق حقلية وصفية لتحديد نسجة التربة اما التعبير الكمي فيتم عن طريق تحديد نسب المفصولات (الرمل sandوالغرينsilt والطينclay) باجراء عملية التحليل الميكانيكي في المختبر.

توجد العديد من الانظمة العالمية التي صنفت دقائق التربة على اساس اقطار دقائقها بغض النضر عن تركيبها الكيميائي والمعدني ومن اهمها

توجد العديد من الانظمة العالمية التي صنفت دقائق التربة على اساس اقطار دقائقها بغض النضر عن تركيبها الكيميائي والمعدني ومن اهمها

مجاميع دقائق التربة الاولية	النظام الامريكيUSDA		النظام العالميISSS	
	الصنف	قطر الدقائق	الصنف	قطر الدقائق
رمل	رمل خشن جدا	1-2	رمل خشن	0.2-2
	رمل خشن	0.5-1		
	رمل متوسط	0.25-0.5	رمل ناعم	0.02-0.2
	رمل ناعم	0.1-0.25		
	رمل ناعم جدا	0.05-0.1		
غرين	غرين	0.002-0.05	غرين	0.002-0.02
طين	طين	اقل من 0.002	طين	اقل من0.002

يعد التحليل الميكانيكي للتربة من التحليلات الفيزيائية المهمة التي تجري في الكثير من مختبرات العالم لتحديد نسجة التربة وذلك لما للنسجة من تاثير كبير في خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية حيث ان معرفة صنف النسجة يعطي فكرة عن مدى قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء وسرعة حركة الماء فيها وتهويتها وقدرتها على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية.

هناك ثلاث خطوات رئيسية في عملية التحليل الميكانيكي وهي

1-عملية الفصل (فصل دقائق التربة بعضها عن البعض الاخر)وفيها يتم تفكيك تجمعات التربة الى دقائق التربة الاولية بدون تكسير هذه الدقائق ويتم ذلك بالتخلص من عوامل الربط وكما يلي

*-ازالة الاملاح الذائبة حيث انها تعمل على تجميع واتحاد دقائق التربة مع بعضها ويتم ذلك بعملية الغسل المتكرر لعينة التربة بالماء المقطر.

*-التخلص من المادة العضوية التي تعمل على تجميع وربط دقائق التربة ويتم ذلك من خلال اكسدتها بواسطة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 30%

*-التخلص من كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم التي تعمل على ربط دقائق التربة ويتم ذلك باضافة خلات الصوديوم او حامض الهيدروليك المخفف حيث تتحول هذه المركبات الى كلوريدات سهلة الذوبان بالماء يسهل التخلص منها بالغسل.

2-التفريقDispersion :-بعد التخلص من عوامل الربط تصبح الدقائق مفرقة ولكن ليس هناك ما يمنع التصاقها مرة اخرى لذلك يتم اضافة مادة تعمل على تفريق دقائق التربة (كمادة هكسا ميتا فوسفات الصوديوم)والتي تعرف بالكالكون Calgon هذه المادة حاوية على ايونات الصوديوم الذي يقوم بازاحة الايونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ مثل الكالسيوم والالمنيوم الممدصة على اسطح دقائق الطين ويحل محلها وبسبب كبر غلافه المائي يؤدي الى زيادة حجم الغلاف المائي للدقائق عند الاتحاد معها مما يحول دون التصاق الدقائق مرة اخرى

3-النخل والترسيب :-بعد اتمام عملية التفريق تفصل الدقائق الخشنة (الرمل)بواسطة مجموعة من المناخل ذات فتحات مختلفة تتراوح بينة 2-0.05 ملم حيث يحجز كل منخل الحبيبات ذات الاقطار الاكبر من قطر فتحاته والاصغر م من قطر فتحات المنخل الذي يعلوه ثم يقدر وزن مايوجد فوق كل منخل ويعبر عنه كنسبة مئوية الى كتلة العينة الجافة (تستخدم المناخل في فصل الرمل في طريقة الماصة الحجمية فقط)اما الدقائق ذات الاقطار الاصغر من 0.05ملم (الطين والغرين)فيتم فصلها عن طريق الترسيب في الماء الساكن sedimentation والتي تستند على قياس سرعة الترسيب النسبية للدقائق ذات الاحجام المختلفة في المعلقات المائية طبقا لقانون ستوك stokes law والذي ينص على ان سرعة المنتهى terminal velocity للدقائق الغروية الساقطة تحت تاثير الجاذبية الارضية في مائع ذو كثافة ولزوجة معينين تتناسب مع مربع نصف قطر تلك الدقيقة ،وتعرف سرعة المنتهى بانها السرعة النهائية التي تصل اليها الدقائق الساقطة سقوطا حرا بتاثير الجاذبية الارضية في مائع ذا كثافة ولزوجة معينين عند التوازن بين مقاومة المائع ووزن الدقيقة

عند سقوط دقائق التربة في الماء تؤثر عليها قوى نحو الاسفل وقوى نحو الاعلى

*-قوة الجاذبية الارضية وتعادل وزن الدقيقة والتي تعمل على تحريك الدقيقة نحو الاسفل$= r^3 \pi\ \rho s\ g \frac{4}{3}$

- القوة الدافعة للسائل نحو الاعلى:عند حركة دقائق التربة في الماء تعمل على ازاحة الماء وحسب قاعدة ارخميدس فان الاجسام الغاطسة تفقد من وزنها بقدر وزن السائل المزاح وان حجم السائل المزاح يساوي حجم الجزء الغاطس** لذلك تكون صافي قوة الجاذبية ***(Fg) على دقائق التربة

$$Fg = \frac{4}{3}\ r^3\ \pi\ \rho s\ g - \frac{4}{3}\ r^3\ \pi\ \rho f\ g = \frac{4}{3}\ r^3\ \pi(\rho s - \rho f)g$$

*-قوى الاحتكاك بفعل لزوجة السائل وتكون متجهة نحو الاعلى والتي وجد ستوك بانها تساوي $6\pi\ r\ \eta v$
وعند الوصول الى سرعة المنتهى فان القوى نحو الاعلى تساوي القوى نحو الاسفل اي ان

$6\pi\ r\ \eta v = 43\ r^3\ \pi(\rho s - \rho f)g \longrightarrow v = 2r2g9\eta\ (\rho s - \rho f)$ قانون ستوك

حيث ان v =سرعة سقوط الدقائق سم ثا$^{-1}$ r =نصف قطر الدقيقة سم

ρs=كثافة دقائق التربة 2.65 غم سم$^{-3}$ ρf=كثافة الماء

η=لزوجة السائل (الماء) g =التعجيل الارضي 981 سم ثا$^{-2}$

ولحساب زمن سقوط الدقائق فان

$$V=\frac{h}{t}=\frac{2\left(\frac{d}{2}\right)^2 g}{9\eta}(\rho s-\rho f)=\frac{d^2 g}{18\eta}(\rho s-\rho f) \longrightarrow h=\frac{d^2 g}{18\eta}(\rho s-\rho f)t$$

$$t=\frac{18\eta h}{d^2 g(\rho s-\rho f)} \quad t=\frac{18\eta h}{d^2 g(\rho s-\rho f)}$$

ولحساب اقطار الدقائق (d)الساقطة عند عمق معين بعد فترة زمنية محددة

$$d=\sqrt{\frac{18\eta h}{g(\rho s-\rho f)t}}$$

ان استخدام قانون ستوك لقياس حجوم دقائق التربة يعتمد عدة فرضيات اهمها

1. يجب ان تكون دقائق التربة كبيرة نسبيا لكي لا تتاثر بالحركة البراونية لجزيئات السائل
2. يجب ان تكون الدقائق صلبة وكروية وناعمة
3. كل الدقائق تمتلك نفس الكثافة
4. يجب ان يكون العالق مخفف بدرجة ان الدقائق لا تتداخل مع بعضها وان كل منها يسقط بصورة مستقلة
5. يكون جريان المائع حول الدقائق رقائقيا

ومن اهم طرق قياس توزيع حجوم الدقائق

1 – طريقة الماصة Pipette method:-تتلخص هذه الطريقة بسحب نماذج معروفة الحجم من عمق محدد في العالق في اوقات منتظمة بعد بداية الترسيب وتعتبر طريقة دقيقة وموصى بها عالميا

2-طريقة المكثاف Hydrometer method:-وتسمى ايضا طريقة بايوكوس bouyoucos نسبة الى مصممها وتتلخص بقياس كثافة العالق في عمق معين كدالة لزمن الترسيب تستند هذه الطريقة على اساس ان كثافة العالق تختلف مع الزمن وذلك بترسيب الدقائق الاكبر حجما ويعقبها الدقائق الاصغر حجما لتستقر خارج منطقة القياس وحسب قانون ستوك ،تعتبر هذه الطريقة تقريبية لكنها سريعة وتستخدم بكثرة في المختبرات التي تردها اعداد كبيرة من النماذج وفي عمليات المسح للمشاريع عندما تكون الدقة الزائدة لامبرر لها ومن اسباب عدم دقة هذه الطريقة

*-انها معيرة على تربة مزيجة معلومة النسجة عند درجة حرارة 67 º ف تقريبا 20 ºم لذا يجب طرح او زيادة قراءة المكثاف بمقدار 0.4 لكل درجة مئوية اقل او اعلى من 20 ºم وحسب الترتيب لنحصل على قراءة مصححة

*-لايقيس الكثافة في نقطة وانما في منطقة تتحدد بطول جسم المكثاف

*-قد يحدث رج للمعلق اثناء وضع المكثاف للقياس وهذا يؤثر على الترسيب

*-قد يحدث ترسيب للدقائق على اكتاف المكثاف

*-قد تصعب قراءته لارتفاع الماء على ساق المكثاف

المواد وطرائق العمل

1. المواد المطلوبة

ا-نماذج تربة مجففة هوائيا مطحونة ومنخولة بمنخل قطر فتحاته 2 ملم ب-بيكرات زجاجية بعدد الترب ج-علب رطوبة لتحديد نسب الرطوبة د- اسطوانات حجمية سعة 1 لتر ه-مكثاف و-محرار لقياس درجة الحرارة ز- ماكنة رج التربة ح-حمام مائي ط- كالكون 5% ي- بيروكسيد الهيدروجين 30% ك-خلات الصوديوم واحد عياري ل - ماء مقطر

1. طريقة العمل :-

1-اوزن 10غم و 50غم من التربة المطحونة والممررة من منخل 2ملم لطريقتي الماصة والمكثاف حسب الترتيب وضعها في بيكر سعة 600مل واضف لها 250 مل من الماء المقطر

2- رج المعلق لمدة 5 دقائق ثم تخلص من الراشح كرر هذه العملية مرتين وذلك للتخلص من اكبر كمية ممكنة من الاملاح القابلة للذوبان في الماء

3-اضف الى التربة 50مل من محلول خلات الصوديوم (NaOAC 1N) او (1 N HCl)وضع البيكر في حمام مائي لمدة نصف ساعة مع التحريك المستمر باستخدام قضيب زجاجي ثم استخرج البيكر ومحتوياته وتخلص من الراشح بعد ان يبرد ،كرر العملية مرة اخرى ثم اغسل التربة بالماء المقطر وتخلص من ماء الغسل وبذلك تكون الكاربونات الكلية قد ازيلت من التربة

4-اضف 200مل ماء مقطر وامزج المعلق واضف 15مل من 30% بيروكسيد الهيدروجين

5-سخن المزيج على مصدر حراري على درجة حرارة 70-90 درجة مئوية لمدة ساعتين مع المزج المستمر لاتمام اكسدة المادة العضوية واترك المزيج الى اليوم التالي ثم تخلص من الراشح

6-اضف 250مل ماء مقطر ورج لمدة خمس دقائق ثم تخلص من الراشح ثم ضع البيكر ومحتوياته في فرن كهربائي

7-انقل التربة نقلا كميا بواسطة قليل من الماء الى الرجاج الكهربائي stirrer واضف 10مل من مادة الكالكون sodium hexa meta phosphate بتركيز5% وامزج الخليط لمدة 6 دقائق للترب الرملية و15 دقيقة للترب المزيجة و 20 دقيقة للترب الطينية

طريقة الماصة:-

8-بعد الانتهاء من عملية الرج انقل معلق التربة نقلا كميا عبر منخل قطر فتحاته 50مايكرون الى اسطوانة حجمية ذات حجم واحد لتر وذلك لفصل الرمل عن الغرين والطين واغسل المتبقي فوق شاشة المنخل بقليل من الماء المقطر

حتى يصبح ماء الغسل رائقا عندها اجمع المتبقي فوق شاشة المنخل في علبة وجففه في الفرن على درجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 24 ساعة ثم اوزنه ليمثل الرمل في النموذج

9-اكمل حجم المعلق الموجود في الاسطوانة الحجمية الى حد العلامة باستعمال الماء المقطر ،رج المعلق بشدة باستخدام البلنجر plunger وابدا بتسجيل الوقت حال الانتهاء من عملية الرج ثم اسحب بواسطة ماصة حجمية 25سم ^{3} من المعلق بأوقات زمنية تعتمد على درجة حرارة المعلق وفرغها في علبة رطوبة وضعها في الفرن على درجة حرارة 105 درجة مئوية حتى تجف واوزنها

10-الحسابات

$$\%\text{للرمل} = \frac{\text{الوزن الجاف للتربة المفصولة بواسطة المنخل}}{\text{الوزن الجاف للتربة المأخوذة للتحليل}} * 100\%$$

$$\%(\text{الطين} + \text{الغرين}) = \frac{\text{الوزن الجاف للتربة عند السحبة الاولى} * \frac{1000}{25}}{\text{الوزن الجاف للتربة المأخوذة للتحليل}} * 100\%$$

$$\%\text{الطين} = \frac{\text{الوزن الجاف للتربة عند السحبة الثانية} * \frac{1000}{25}}{\text{الوزن الجاف للتربة المأخوذة للتحليل}} * 100\%$$

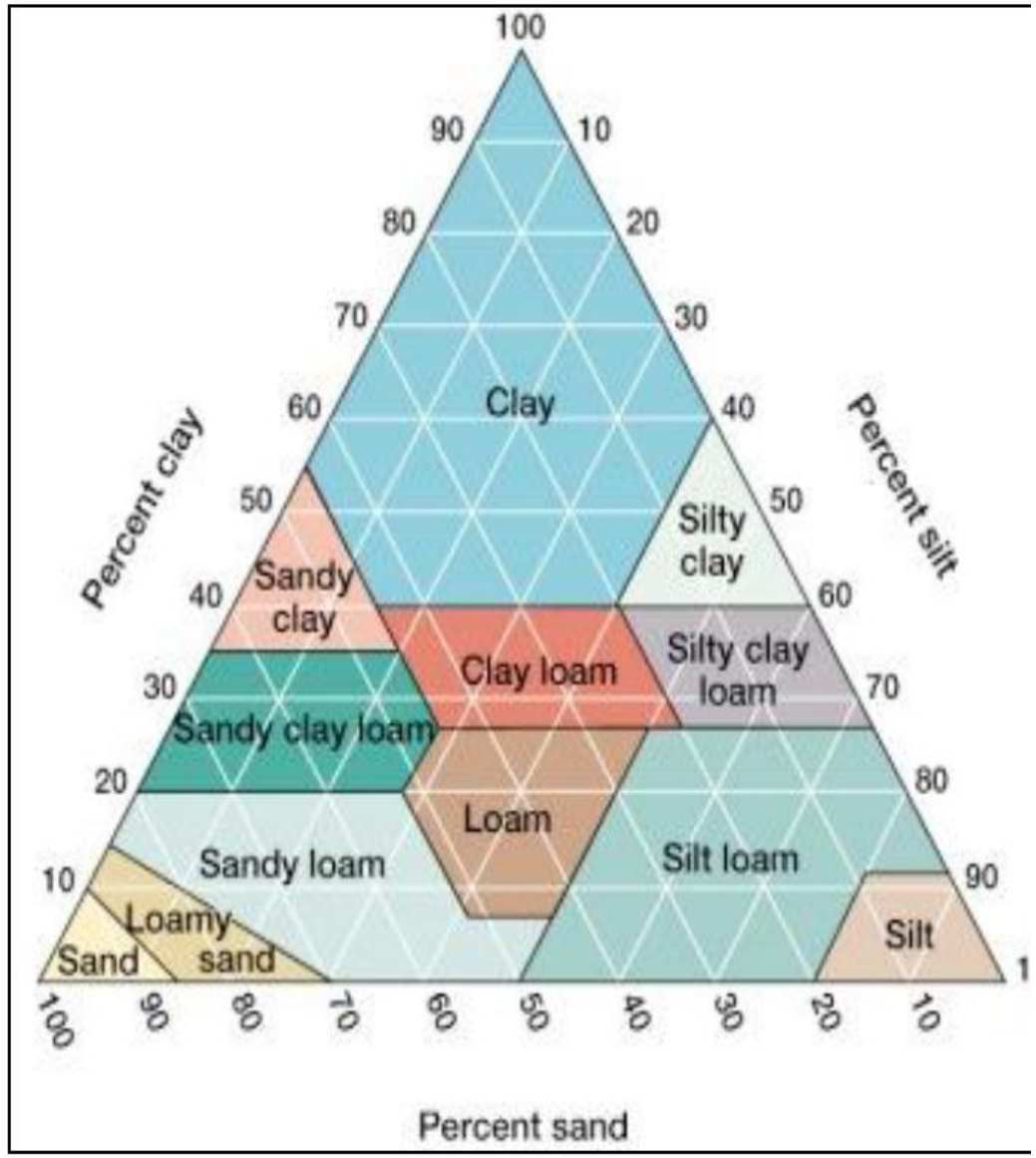
طريقة المكثاف

8-بعد اكمال عملية الرج في خطوة 7 انقل المعلق نقلا كميا الى اسطوانة حجمية سعة واحد لتر واكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر رج المعلق بشدة باستخدام البلنجر plunger وابدا بتسجيل الوقت حال الانتهاء من عملية الرج

9-خذ القراءة الاولى بعد 40 ثانية من انتهاء عملية الرج واتركه لمدة ساعتين وخذ القراءة الثانية وفي كل مرة سجل حرارة المعلق

10-الحسابات

$$\%(\text{الطين} + \text{الغرين}) = \frac{\text{القراءة المصححة للمكثاف بعد 40 ثانية}}{\text{وزن نموذج التربة المجفف في الفرن}} * 100\%$$



القراءة المصححة للمكثاف بعد ساعتين

%للطين=

* 100%

وزن نموذج التربة المجفف في الفرن

% للغرين =%(الطين +الغرين) - %للطين

% للرمل =100% - %(الطين +الغرين)

وبعد تحديد نسب المفصولات يمكن ايجاد صنف نسجة التربة باستخدام مثلث النسجة وهو مثلث متساوي الاضلاع تمثل قاعدته النسبة المئوية للرمل والضلع الايسر %للطين والضلع الاخر %للغرين وتكون نسب تزايد المفصولات باتجاه دوران عقارب الساعة.

شكراً لحسن اصغائكم

Saadia M. Saleh

2021