نسجة التربة Soil Texture

نسجة التربة Soil Texture : هو عبارة عن التوزيع النسبي لاحجام مفصولات التربة الثلاث (الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay).

لغرض دراسة التربة من الناحية الفيزيائية ، يجب ان نميز بين نوعين من خصائصها (صفاتها) الفيزيادية :.

١- الصفات الساكنة Static properties : هي التي لاتتأثر بالمتغيرات الخارجية مثل النسجة.

٢- الصفات الحركية (الديناميكية) Dynamic properties : هي التي تتأثر بالمؤثرات او المتغيرات الخارجية مثل لدانة التربة ، حركة الماء في التربة ، انتقال الماء في التربة ، .. الخ .

ان الطريقة المستخدمة لفصل مفصولات التربة عن بعضها تسمى بالتحليل الميكانيكي للتربة (Soil mechanical analysis) وتوجد عدة طرق لفصل هذه المفصولات منها طريقة الهيدرومتر (Hydrometer) او طريقة الماصة (pipete) .

اقترحت عدة انظمة لتصنيف احجام وتسمية مفصولات التربة ومن هذه الانظمة :

١- نظام ادارة الزراعة الامريكية (USDA) .
٢- نظام الجمعية علوم التربة الامريكية (ISSS) .
٣- نظام الجمعية الامريكية لاختبار المواد (ASTM) .
٤- نظام معهد ماساشوستس للتكنولوجيا (MIT) .
٥- نظام هيئة المقاييس الالمانية (DIN) .

} تعتمد تصنيف كل نظام على الغرض الذي تستخدم من اجله التربة .

تشترك جميع هذه الانظمة في تحديد الحدود الدنيا والعليا لكل مفصول من مفصولات التربة ، الا انها تختلف في حدود تجزئة كل مفصول الى مفصولات ادق وخاصة مفصول الرمل (sand) والغرين (silt) . وبشكل عام تأن مفصولات التربة التي تزيد عن (2 ملم) لاتعتبر تربة وانما هي

* فدقائق الرمل تتراوح اقطارها بين 2000 mm (او 2mm) و 50 mm حسب تصنيف (Isss) او الى 20 mm حسب تصنيف (USDA) . ويمكن تجزئة الرمل الى رمل خشن ومتوسط وناعم .

- Very coarse sand	2 - 1 mm
- Coarse sand	1 - 0.5 mm
- Medium sand	0.5 - 0.2 mm
- Fine sand	0.2 - 0.1 mm
- Very fine sand	0.1 - 0.05 mm

تتكون دقائق الرمل من معدن الكوارتز Quartz ، ولكن يمكن ان تتكون من معادن اخرى بدرجة اقل مثل الفلدسبار (Feldspar) والمايكا (Mica) والزركون (Zircon) والتورمالين (Tourmalin) ، والهورنبلند (Hornblende) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

* اما المفصول الثاني فهو الغرين (Silt) ، والذي يتكون من دقائق متوسطة الحجم بين الرمل والطين الذي يعتبر بدوره المفصول الاصغر حجماً . من الناحية الكمدنيه والفيزيائيه فأن دقائق الغرين تشبه دقائق الرمل ولكن اصغر حجماً وله مساحة سطحية اكبر لوحدة الوزن ، وغالباً ما يتكلف بدقائق الطين الشديدة الالتصاق .

* اما الطين تمتد اقطار دقائقه من 2mm فأقل وهو المفصول الغروي من مفصولات التربة . تتصف دقائق الطين بشكل طبقي او ابري وتتكون من معادن سليكات الالمنيوم (alumino-silicates) ، وهي عباره عن معادن ثانوية Secondary minerals تتكون في التربة نفسها من المعادن الاولية (primary minerals) الموجود في الصخور الاولية . وقد يتضمن مفصول الطين دقائق لاتعود الى معادن سليكات الالمنيوم مثل اوكسيد الحديد او كاربونات الكالسيوم .

للطين مساحة سطحية كبيره لوحدة الوزن التي تنتج عنها الفعاليات الفيزيائية والكيميائية ، حيث تمتص دقائق الطين الماء وتتأدرت وبذلك تسبب تمدد التربة عند البلل ومن ثم تتكمش عند الجفاف .

تحمل دقائق الطين شحنة سالبة وعندما تتأدرت تكون طبقة كهربائية مزدوجة متماسكة مع الايونات القابلة للتبادل في المحلول المحيط بها . كما يظهر الطين سلوك اللدانة البلاستيكية عندما يكون رطباً و شكل كتل متراصة تتشققه لتكون تماثاً اسمنتياً صلباً عندما يجف تماماً .

التربة الخفيفة والتربة الثقيلة :-

تطلق هذه التعابير لوصف السلوك الفيزيائي للتربة الرملية والطينية . فالتربة الرملية تكون متفككة ، جيدة البزل والتهوية وسهلة الحراثة ، لذلك يطلق عليها تربة خفيفة . بينما التربة الطينية تكون لدنة ولزجة تبدي تماسكا كبيره من الماء وبذلك تكون التربة الطينية متماسكة ومتلاصقة عندما تجف وتصبح صعبة الحراثة ، لذلك يطلق عليها تربة ثقيلة . الا ان هذه التعابير خاطئة ، فالتربة الرملية تكون ذات مسامية اقل وبذلك تكون كثافتها اعلى وتكون عندئذ ثقيلة والعكس صحيح للتربة الطينية .

طبيعة الطين Nature of clay :-

١- يتميز الطين بأكبر مساحة سطحية وبالتالي يكون فعالاً جداً في العمليات الفيزيائية والكيميائية .
٢- تمتص دقائق الطين الماء وبسبب ذلك تتمدد التربة وتتقلص عند التجفيف .
٣- للطين شحنة كهربائية سالبة ، ويكون طبقة كهربائية مزدوجة متماسكة مع الايونات الموجبة المتبادلة .
٤- تتكون الطين من معادن سليكات الالمنيوم الذي تتكون بلوراته من وحدتين بنائيتين اساسيتين هما البناء الرباعي Tetrahedron لذرات الاوكسجين يحيط بايون موجب مركزي للسليكون Si^{+4} ، وبناء اساسي Octahedron لذرات الاوكسجين او مجموعة الهيدروكسيل يحيط بايون موجب اكبر اما Al^{+3} او Mg^{+2} .

ان معادن الطين المتكونه من طبقات السليكات والالمنيوم تكون على نوعين رئيسيين ، اعتماداً على نسب طبقات البناء الرباعي والسداسي :-

أ : (1:1) مثل معادن الكاولين [الطبقة الرباعية تشترك مع الطبقة السداسية بالاوكسجين] .

ب : (2:1) مثل معادن المونتمورلونايت [طبقتين رباعيتين تشتركان بالاوكسجين مع طبقة سداسية] .

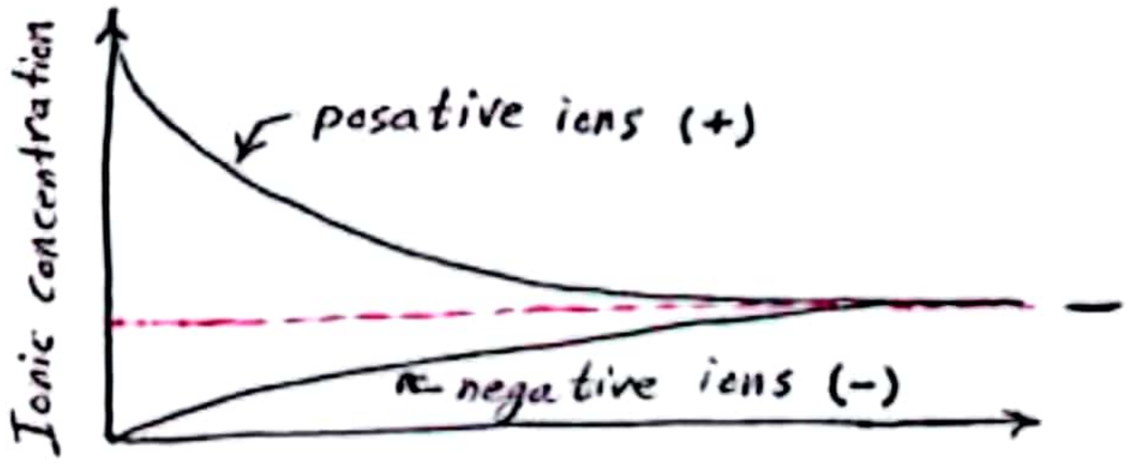
Micelle :- هي جزيئة الطين المتأدرته التي تتوازن فيها الشحنة السالبة للدقيقة مع الايونات الموجبة المنفصله موضعياً (Spatially) .

ان سطح الدقيقة والايونات الموجبة الموازنة لشحنة الدقيقة تشكلان الطبقة الكهربائية المزدوجة المستقره كهربائياً .

تتكون مجموعة الايونات الموجبة من طبقة ثابتة الى حد ما قريبة جداً من سطح الجزيئة (تعرف بطبقة Stern) ، وطبقة منتشره تمتد لمسافة بعيداً عن سطح الدقيقة . وينتج هذا التوازن من تأثيرين متضادين هما :-

١ : تأثير جذب كولومب Columb المستقر كهربائياً لدقائق الطين .

٢ : تأثير الحركة البراونية Brawnian المحركة لجزيئات السائل ويضمنه انتشار الايونات الموجبة نحو الخارج الى المحلول كما في الشكل :-



تختلف معادن الطين في مابينها من حيث كثافة الشحنة . فدقائق مجموعة الطيان الـ Smectite تبلغ سعتها التبادلية للايونات الموجبة موالي 95 ملكافئ/غم وتبلغ مساحته السطحيه النوعيه 800 م^2/غم تقريباً . بينما تكون السعة التبادلية لمجموعة الـ Kandite موالي 0.04 - 0.09 ملي مكافئ/غم .

ان درجة جذب الايون الموجب نحو سطح دقيقة الطين تعتمد على عدد تكافؤ الايون . ان ترتيب افضلية الايونات الموجبة في تفاعلات التبادل كالآتي :-

$$Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > Na^{+} > Li^{+}$$

التمدد والتقلص :- يحصل تمدد وتقلص دقائق الطين تبعاً لحالة التأدرت ونوع الايونات الموجبة المتبادلة . فيحصل التشتت مع الايونات الموجبة الاحادية الشحنة عالية التأدرت (مثل الصوديوم) . وبالعكس يحصل التجمع مع الايونات الموجبة الثنائية او الثلاثية التكافؤ (مثل الكالسيوم $^{2+}$ والالمنيوم $^{3+}$) ، حيث تلعب قوى London-Vander waals دورها في التجمع (Flocculation) عندما تتقارب الـ (micelles) .

اصناف نسجة التربة :

ان تسمية نسجة التربة يطلق عليه صنف النسجة (Textural class) ، ويتم تعيينها على اساس نسب وزن مفصولات التربة الثلاث (رمل ، غرين ، الطين) . تقع الترب المختلفة في نسب الرمل والغرين والطين في 12 نسجة مختلفة موضحة في مثلث النسجة .

توزيع حجوم الدقائق .. particles Size dis"

التحليل الميكانيكي (mechanical analysis) هو طريقة تعيين حجوم دقائق التربة . فالخطوة الاولى في هذه الطريقة هو تشتيت عينة التربة في معلق مائي . حيث يجب تشتيت تجمعات عينة التربة بازالة المواد الرابطة (المادة العضوية ، كاربونات الكالسيوم ، اكاسيد الحديد) . حيث تزال المادة العضوية بأكسدتها بـ H_2O_2 وكاربونات الكالسيوم بـ HCl ، ويتم بعدئذ تشتيت دقائق التربة باستعمال مادة مشتتة (dispersing agent) مثل الـ Sodium Hexameta phosphate اضافة الى الرج الميكانيكي . ان الغرض من استخدام المادة المشتتة هو تبديل الايونات الموجبة المحمولة على الطين وخاصة الايونات الثنائية والثلاثية المتكافؤ بالصوديوم الذي يعمل على تأدرت شبكة الطين مسبباً تنافر دقائقها .

يمكن فصل مفصولات التربة بواسطة مجموعة مناخل ابعادها 0.05-2 ملم ، ولفصل الدقائق الانعم تستخدم طريقة الترسيب المستندة على سرعة السقوط النسبية في المعلق المائي استناداً الى قانون ستوك (Stockes law) :

قانون ستوك Stockes law .

ينص قانون ستوك على ان السرعة النهائية للدقائق الكروية تترسب تحت تأثير الجاذبية في سائل ذو كثافة ولزوجة معينة تتناسب مع مربع نصف قطر الدقيقة .

ان الدقيقة التي تسقط في سائل تعاكسها قوة الاحتكاك التي تتناسب مع حاصل ضرب نصف قطرها في السرعة ولزوجة السائل ، حيث ان :-

$$F_r = 6\pi\eta r u$$

η = لزوجة السائل
r = نصف قطر دقيقة التربة
u = سرعة سقوط الدقيقة .

عند استمرار سقوط الدقيقة تزداد سرعتها ، بعد ذلك تصل الى نقطة تتساوى عندها قوة المقاومة مع قوة السقوط الثابتة ، عندئذ تستمر دقيقة التربة بالسقوط بسرعة ثابتة تسمى السرعة النهائية (terminal velocity) (U_t) :-

$$F_g = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho_s - \rho_f).g$$

$\frac{4}{3}\pi r^3$ = حجم الدقيقة الكروية
ρ_s = كثافة الدقيقة
ρ_f = كثافة السائل
g = التعجيل الارضي

وعند تساوي القوتين نحصل على قانون ستوك :-

$$U_t = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{\eta}(\rho_s - \rho_f) = \frac{d^2 g}{18\eta}(\rho_s - \rho_f)$$

d : قطر الدقيقة

عند الوصول الى سرعة المتجهة، يمكننا الحصول على الوقت اللازم (t) لسقوط الدقيقة من ارتفاع معين (h) :-

ارتفاع السقوط ← h ، قطر الدقيقة ← d ، كثافة الدقيقة

$$t = 18\,h\eta \,/\, d^2 g(\rho_s - \rho_f)$$

اللزوجة ← المعجل الارضي ← الكثافة السائل

وبأعادة ترتيب المعادلة وحلها لقطر الدقيقة نحصل على :-

$$d = [18\,h\eta \,/\, tg(\rho_s - \rho_f)]^{1/2}$$

بأن كانت عناصر المعادلة في الجهة اليمنى عدا (t) ثابتة، يمكن توحيدها بثابت واحد هو (A)، وعندئذ تكون المعادلة :-

$$t = B/d^2 \quad \text{او} \quad d = A/t^{1/2}$$

حيث ان :- $B = A^2$

نجد استعمال قانون ستوك لقياس حجوم الدقائق على فرضيات لتسهيل حل المعادلات .

محددات قانون ستوك :-

١- الدقائق كبيرة بدرجة كافية لكي لا تتأثر بالحركة البرونية لجزيئات السائل .
٢- الدقائق صلبة وكروية وملساء .
٣- الدقائق لها نفس الكثافة .
٤- المعلق مخفف بحيث لا تتداخل الدقائق مع بعضها وكل دقيقة تترسب لصورة مستقلة .
٥- ان جريان السائل حول الدقائق انسيابي. اي لا تزداد سرعة الدقيقة عن السرعة الحرجة لبدء الحالة المضطربة .

المساحة السطحية النوعية Specific surface area :-

تعرف المساحة السطحية النوعية لمادة الدبة على انها المساحة السطحية الكلية للدقائق بالنسبة الى وحدة الكتلة (a_m) او وحدة الحجم (a_v) او وحدة الحجم الظاهري للدبة (a_b) :-

$$a_m = A_s / M_s$$
$$a_v = A_s / V_s$$
$$a_b = A_s / V_t$$

حيث ان :-

A_s : المساحة السطحية النوعية ($م^2$)
M_s : كتلة الدقائق (غم)
V_s : حجم الدقائق ($سم^3$)
V_t : الحجم الظاهري ($سم^3$)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تعتمد المساحة السطحية النوعية على حجم الدقائق وشكلها. فالدقائق الصفيحية والمتطاولة تمتلك مساحة أكبر لوحدة الحجم أو لوحدة الكتلة مقارنة بالدقائق الكروية أو مكعبية الشكل.
كما ان لمعادن الطين المحدده (مثل طين المونتمورلليونايت) تأثير أكبر على المساحة السطحية النوعية بسبب المساحة السطحية الداخلية نتيجة لتمدد طبقات المعدن بفعل التشرب (swelling)، حيث تصل المساحة السطحية النوعية للمعدن عند تمدده الى مئات الامتار المربعة لكل غرام مقارنة بالمساحة السطحية النوعية للرمل التي تكون غالباً ما تكون اقل من 1 م²/غم.

اذا افترضنا ان دقيقة التربة على شكل كرة قطرها (d) فان :-

$a_m = 6/\rho_s d$ where: ρ_s = soil true density.

$a_v = \pi d^2 / (\pi d^3/6) = 6/d$

بما ان الكثافة الحقيقية لدقائق التربة تبلغ 2.65 غم/سم³ فان :-

$a_m \simeq 2.3/d$

واذا افترضنا ان شكل دقيقة التربة مكعب طول ضلعه (L) فان :-

$a_m = 6/\rho_s L$

$a_v = 6/\rho_s L$

اما المساحة السطحية النوعية التقديرية لمكونات التربة فيتم حسابها من العلاقة التجميعية :

$a_m = (6/\rho_s) \sum c_i (d_i^2/d_i^3) = (6/\rho_s) \sum (c_i/d_i)$

حيث ان C_i = كتلة مكون التربة الذي يملك معدل قطره مقداره (d_i).

---

volume of sphere = $\frac{4}{3}\pi r^3$

mass = volume x density

Total surface = $4\pi r^2$

$a_m = \frac{A_s}{M_s} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3 . \rho_s} = \frac{3}{r . \rho_s} = \frac{3}{\frac{R}{2} . \rho_s} = \frac{6}{R . \rho_s}$

$a_v = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{R}$

$a_m = 6/\rho_s \sum (c_i/d_i)$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner