بسم الله الرحمن الرحيم

فيزياء التربة النظري

د بسام الدين الخطيب هشام

تعني عبارة التربة الطبقة الخارجية المتجوية والمتفتتة لسطح التربة وقد تكونت مبدئياً من تحلل وتكسر الصخور عن طريق العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

علم فيزياء التربة: هو فرع من فروع علم التربة المختلفة الذي يتعامل مع الصفات الفيزيائية التي تأخذ مجراها عبر التربة مع القياس والتوقع لذا فهو يتعامل مع حالة وحركة وأشكال المادة ومع التدفقات وتحولات الطاقة في التربة.

أما الهدف من دراسة فيزياء التربة فهو:

1- الوصول إلى فهم أساسي للميكانيكية التي تتحكم في سلوك التربة.
2- الوصول إلى دور التربة في المحيط الحيوي شاملة العمليات المتداخلة مثل تبادل الطاقة عند سطح الأرض ودورات الماء والمواد القابلة للنقل في الحقل.
3- الوصول إلى الإدارة المناسبة للتربة عن طريق الري والبزل وصيانة التربة والماء والتهوية وتنظيم حرارة التربة.
4- الوصول إلى كيفية استعمال مواد التربة للأغراض الهندسية.
5- النظر إلى فيزياء التربة على أنه علم أساسي وتطبيقي مع مجال أوسع جداً من المواضيع.
6- الوصول إلى قناعة بان فيزياء التربة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمهنة هندسة التربة في مجال ميكانيكية التربة الذي يتعامل مع التربة بصورة رئيسية كمواد إنشائية ومواصلات.

أن تكسر الصخور عن طريق العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية هي التي تمهد لتكوين التربة لذا فالتجوية الفيزيائية تؤدي إلى تكسر الصخور إلى أجزاء صغيرة وهذه التجوية تشمل التمدد والتقلص المتسببة عن عمليات التسخين والتبريد المتبادلة بين الليل والنهار والضغوط الناجمة عن انجماد وذوبان الماء واختراق الجذور.

إن العمليات الكيميائية تحاول تحليل المعادن الأصلية في الصخور الأم وهذه التجوية تشمل الإماهة Hydration والأكسدة والاختزال والتحلل والتفرق Dissociation والترسيب والتطاير Volatilization.

إن العمليات الحيوية تلعب دوراً هاماً في تجوية الصخور سواءً كانت تساعد فيزيائياً كاختراق الجذور أو نقل المكونات أو تفتيتها كما تفعل بعض الحيوانات كالنمل ودودة الأرض والجرذان أو عن طريق الإفرازات الكيميائية لهذه الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. تستمر عمليات تكوين التربة إلى ما بعد التجوية الأولية للصخور والمعادن بتكوين معادن ثانوية ونمو الأحياء التي تساهم بالمادة العضوية وتستمر العمليات إلى أن يتكون مقد التربة المتميز.

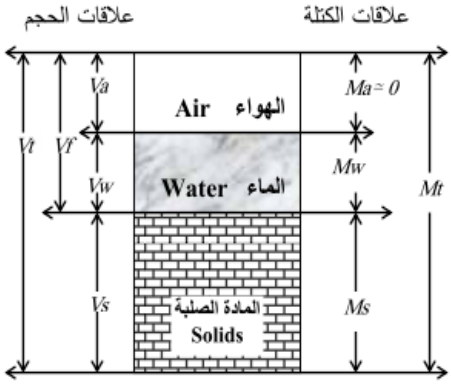
التربة نظام منتشر ثلاثي الأوجه

تتكون الأنظمة الطبيعية من مادة واحدة أو أكثر ومن طور واحد أو أكثر إن النظام الذي يتكون من مادة واحدة سيكون في نفس الوقت من طور واحد إذا كانت صفاته الفيزيائية متجانسة كلياً مثل الثلج.

إن التربة عبارة عن نظام غير متجانس ذو أوجه أو حالات عديدة منها دقائقي particulate ومنتشر ومسامي والتي يمكن أن تكون فيه مساحة الأوجه الداخلية لوحدة الحجم كبيرة جداً. إن الطبيعة المنتشرة للتربة (فعالية الأوجه الداخلية) تؤدي إلى وجود ظواهر مثل الامتزاز والتبادل الأيوني والالتصاق، التمدد التقلص التشتت الخاصية الشعرية. أن الأوجه الثلاث الاعتيادية في الطبيعة ممثلة في التربة بالشكل التالي.

1- الحالة الصلبة وهذا يكون هيكل التربة.
2- الحالة السائلة متمثلاً بماء التربة والذي يحتوي دائماً على مواد ذائبة بحيث يمكن تسميته بشكل مناسب بمحلول التربة.
3- الحالة الغازية متمثلاً بهواء التربة.

العلاقات الحجمية والكتلية لمكونات التربة



الكثافة الحقيقية (ρs) Particle density:

ويعبر عنها في بعض الأحيان بالوزن النوعي وهو النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء في درجة حرارة 4 °م وتحت ظروف الضغط الجوي. أو هي النسبة بين كتلة المادة الصلبة إلى حجمها وتتراوح قيمة الكثافة الحقيقية من 2.6 – 2.7 ميكاغرام \ م^3 وهي قريبة من كثافة الكوارتز

$$\rho s = Ms / Vs$$

Ms كتلة المادة الصلبة و Vs حجم المادة الصلبة.

الكثافة الظاهرية ($\rho\beta$) Bulk density : وهي النسبة بين كتلة التربة الجافة إلى حجمها الكلي (المادة الصلبة ومساماتها) لذا فهي دائماً اصغر من الكثافة الحقيقية . فإذا كونت المسامات نصف حجم التربة فان $\rho\beta$ تساوي نصف ρs إي حوالي 1.3 – 1.35 ميكاغرام \م^3.

$$\rho\beta = Ms / Vt \quad = \quad Ms / (Vs + Vf) = Ms/ (Vs + Va + Vw)$$

حيث أن Vt الحجم الكلي للتربة وVf حجم المسام في التربة (المشغول بالماء أو الهواء أو كليهما) وVa حجم الهواء وVw حجم الماء

المسامية (f) Porosity تمثل مؤشر نسبة حجم المسام في التربة، وقيمتها تتراوح بصورة عامة بين 30–60% وتميل الترب الخشنة النسجة لان تكون أقل مسامية من الترب الناعمة النسجة ولو أن متوسط حجم المسامات المنفردة أكبر في الأولى عنه الثانية. تختلف المسامية كثيراً في الترب الطينية حيث أن هذا النوع من الترب تتعرض إلى التمدد والتقلص وتكوين مجاميع ثابتة والتشتت والرص والتشقق دورياً.

$$f = Vf / Vt = (Va + Vw) / (Va + Vw + Vs)$$

نسبة الفراغات (*e*) Void Ratio وهي النسبة بين حجم المسام في التربة إلى حجم الجزء الصلب ، تعد نسبة الفراغات مؤشراً على جزء من حجم مسامات التربة . وفائدة نسبة الفراغات عن المسامية هو التغير في حجم المسام عند تغير المقام فقط بينما التغيير بدلالة المسامية يتم بتغيير كلاً من البسط والمقام، وتتراوح e بين 0.3 – .2

$$e = Vf / Vs = (Va + Vw) / (Vt - Vf)$$

رطوبة التربة Soil wetness الرطوبة أو المحتوى المائي النسبي للتربة يمكن التعبير عنه بطرق مختلفة.

الرطوبة الوزنية *(w)* Mass wetness وهي النسبة بين كتلة الماء إلى كتلة دقائق التربة الصلبة الجافة ويطلق عليها أيضاً بالمحتوى المائي الوزني gravitational water contact. إذ توزن التربة الرطبة ثم تجفف على درجة حرارة 105 °م لمدة 24 ساعة.

$w = Mw / Ms$ حيث أن Mw كتلة الماء

الرطوبة الحجمية (θ) Volume wetness : وهي النسبة بين حجم الماء إلى حجم التربة، وتبلغ نسبة الرطوبة الحجمية في الترب الرملية بشكل عام بحدود 40% وفي الترب المتوسطة النسجة بحدود 50% وتصل إلى 60 % في الترب الطينية . وتمثل θ نسبة لعمق التربة أي عمق ماء لوحدة عمق تربة.

$$\theta = \mathrm{Vw} / Vt = Vw / (Vs + Vf)$$

درجة الإشباع (*S*) Saturation degree وهو حجم الماء الموجود في التربة نسبة إلى حجم المسامات وتتراوح قيمته بين الصفر والوحدة الواحدة (100%).

$$S = Vw / Vf \quad = Vw / (Va + Vw)$$

المسامية الهوائية *(Fa)* Air – Field porosity وهو قياس المحتوى النسبي للهواء في التربة

$$Fa = Va / Vt \qquad = Va / (Vs + Va + Vw)$$

ويرتبط هذا لدليل بعلاقة سالبة مع درجة الإشباع $Fa = f - S$

علاقات إضافية ناتجة علاقات حجمية وكتلية أساسية

العلاقة بين المسامية ونسبة الفراغات

$$e = f / (1 - f)$$
$$f = e / (1 + e)$$

العلاقة بين الرطوبة الحجمية ودرجة الإشباع

$$\theta = Sf \qquad \text{also} \qquad S = \theta / f$$

العلاقة بين المسامية والكثافة الظاهرية

$$f = (\rho s - \rho \beta) / \rho s \qquad = (1 - \rho \beta) / \rho sn \qquad \text{also} \qquad \rho \beta = (1 - f)\, \rho s$$

العلاقة الرطوبة الوزنية والرطوبة الحجمية

$\theta = w\,\rho\beta / \rho w\ (=1)$ also $w = \theta\,\rho w / \rho\beta$

العلاقة بين الرطوبة الحجمية ومحتوى الهواء الجزئي ودرجة الإشباع

$Fa = f - \theta$ $= f\,(1 - S)$ also $\theta = f - Fa$

مثال1\ برهن العلاقات التالية؟

1) $f = (\rho s - \rho\beta)/\rho s = (1 - \rho\beta)/\rho s$

الجواب

نعوض عن المسامية والكثافة الحقيقية والظاهرية بمكوناتها الأساسية

$(Vf/Vt) = [1 - (Ms/Vt)/(Ms/Vs)] \Rightarrow (Vf/Vt) = 1 - (Vs/Vt)$

$(Vf/Vt) = (Vt - Vs)/Vt$

$\because\ Vt - Vs = Vf \qquad \therefore\ (Vf/Vt)/(Vf/Vt)$

2 و 3 يحل من قبل الطالب

2) $\theta = w\,\rho\beta / \rho w$ 3) $S = \theta / f$

مثال2 \عينة تربة وزنها الرطب 100 غم وحجمها 64 سم^3 جففت في الفرن ووجد أن وزنها الجاف 80 غم. احسب $Fa, S, Vw, \theta, W, e, f, \rho\beta$.

الجواب

نفرض أن الكثافة الحقيقية للتربة 2.65 ميكاغرام \ م^3

$\rho\beta = Ms/Vt = 80/64 = 1.25\ Mg/m^3$

$f = (1 - \rho\beta)/\rho s = 1 - (1.25/2.65) = 0.528$ or 52.8%

Also $f = (Vt - Vs)/Vt$

$Vs = Ms/\rho s = 80/2.65 = 30.19\ cm^3$

$f = (64 - 30.19)/64 = 0{,}528$ or $52.8\ \%$

$e = Vf/Vs = (Vt - Vs)/Vs = (64 - 30.19)/30.19 = 1.12$

$w = Mw/Ms = (Mt - Ms)/Ms = (100 - 80)/80 = 20/80 = 0.25$ or 25%

$\theta = w\,\rho\beta/\rho w = 0.25\,(1.25/1) = 0.3125$ or $31.25\ \%$

Also $\theta = Vw/Vt = 20/64 = 31.25\%$

$S = Vw/(Vt - Vs) = 20/(64 - 30.19) = 0.592$ or 59.2%

$Fa = Va/Vt = [Vt - (Vw + Vs)]/Vt = [64 - (20 + 30.19)]/64$

$= 0.216$ or 21.6%

س\ إذا كانت مسامية التربة 45% والمسام المشغول بالماء 25% جد الكثافة الظاهرية والمسام المشغول بالهواء إذا كانت الكثافة الحقيقية 2.5 ميكاغرام \ م^3

الجواب

$f = (1 - \rho\beta)/\rho s = 1 - \rho\beta/2.5$

$0.45 = 1 - \rho\beta/2.5 \Rightarrow 0.45 = 2.5 - \rho\beta/2.5$

$2.5 - \rho\beta = 1.125 \Rightarrow \rho\beta = 1.38\ Mg/m^3$

Total porosity = water porosity + Air porosity

$0.45 = 25\% + x \Rightarrow x = 15\%$