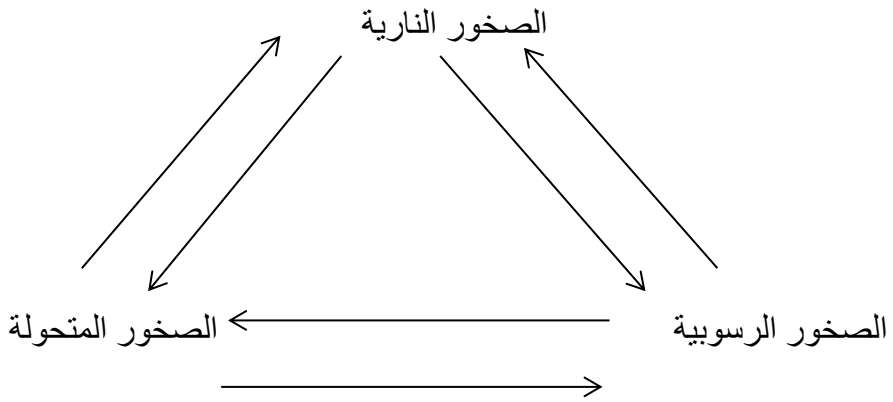
ميكانيك التربة Soil Of Mechanics

تعريف التربة / التربة هي مادة طبيعية ناتجة من تفتت الصخور وتكون عادة مفككة او متماسكة مثل (الحصى، الرمل، الغرين والطين) او خليط هذه المواد جميعا.

انواع الصخور في الطبيعة

الصخور هي حبيبات مرتبطة مع بعضها البعض بأواصر متماسكة، وتشمل انواع مختلفة منها:

1. الصخور النارية / وهي الصخور الناتجة من الحمم البركانية المنصهرة وتتصلب في باطن الارض او على سطح الارض، وتعد المصدر الاساسي لبقية الانواع حيث تغطي 25% من سطح الارض، ويمثل حجر الصوان (الكرانيت granite) أحد انواع الصخور.
2. الصخور الرسوبية / وهي الصخور الناتجة من ترسيب صخور أقدم منها بسبب عوامل التعرية وتشكل هذه الصخور 75% من سطح الارض. وتتكون جبال الهملايا من صخور رسوبية وكذلك حجر الكلس والجبس في العراق.
3. الصخور المتحولة / وهي الصخور التي تكونت من الصخور الرسوبية والنارية نتيجة تأثرها بدرجة الحرارة والضغط مثل (المرمر marble).



شكل يمثل دورة الصخور في الطبيعة

تصنيف التربة في الطبيعة

تقسم التربة حسب تكونها ووجودها في الطبيعة الى:

1. تربة متبقية residual soil

وهي التربة التي تكونت نتيجة تفتت الصخور ولم تنقل من مكانها الى مكان اخر حيث تبقى في مكان تكونها الاصلي تغطي الصخور التي تكونت منها (نوع شائع).

2. تربة منقولة transported soil

وهي التربة التي تكونت نتيجة تفتت الصخور ونقلت الى مكان اخر بفعل عوامل مختلفة مثل الماء، الرياح، الجليد والبراكين.

وتشمل التربة المنقولة: -

أ. تربة الطمى المترسبة بواسطة الانهار مثل ترسبات الطين والغرين والرمل وتكون ضعيفة للانشاء.

ب. تربة ريحية وهي التربة المنقولة بواسطة الرياح وتكون ضعيفة التماسك وتتكون من حبيبات الرمل والغرين وتكثر في المناطق الصحراوية (غير مرغوب بها انشائيا).

ت. تربة بحرية وتشمل الحصى والرمل والغرين المترسبة في المياه العذبة في قاع البحيرات.

ث. تربة البحار تكون مترسبة في قاع البحار والمياه المالحة.

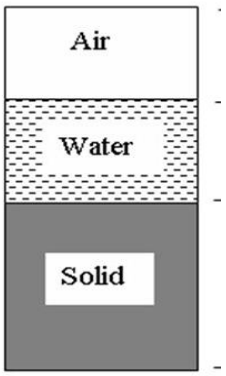
ج. تربة جليدية.

مكونات التربة والعلاقات الفيزياوية بينها

Soil constituents and physical relationships

تتكون كتله التربة من العناصر التالية:

1. المادة الصلبة solid (حبيبات التربة)
2. المادة السائلة liquid (الماء والنفط)
3. المادة الغازية gaseous (الهواء)

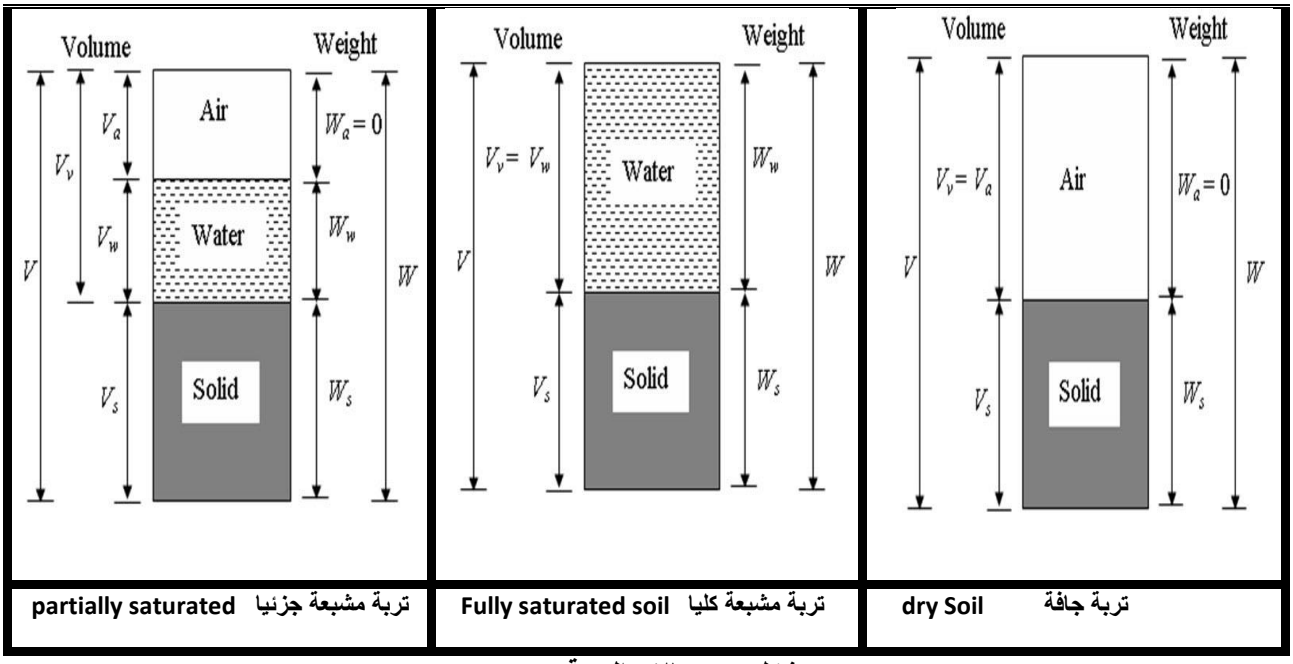


تمثيل مكونات التربة بيانيا

حالات التربة

اعتمادا على مكونات التربة الثلاثة (الماء والهواء والحبيبات الصلبة) فان التربة تكون بثلاث حالات وهي :-

1. التربة الجافة dry soil / تتكون كتلة التربة في هذه الحالة من حبيبات التربة الصلبة مع الهواء الموجود في الفراغات.
2. التربة المشبعة كليا Fully saturated soil/ تتكون كتلة التربة من الماء وحبيبات التربة الصلبة فقط.
3. التربة الرطبة (المشبعة جزئيا) partially saturated soil / تتكون كتلة التربة من الماء والهواء والحبيبات الصلبة.



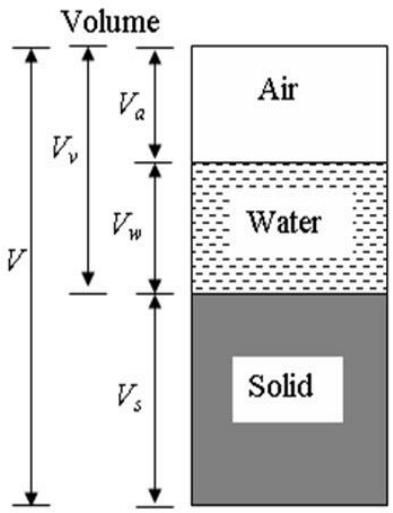
تربة جافة dry Soil	تربة مشبعة كليا Fully saturated soil	تربة مشبعة جزئيا partially saturated

شكل يبين حالات التربة

الخواص الفيزياوية للتربة

تحدث الخواص الفيزياوية للتربة بسبب عوامل (المياه والرياح والامطار ودرجات الحرارة) بحيث تبقى حبيبات التربة محافظة على خواصها الاصلية دون أي تغيير ومن هذه الخواص هي (المسامية، نسبة الفراغات في التربة، درجة التشبع، الوزن النوعي، الكثافة).

العلاقات الحجمية لمكونات التربة



$v =$ الحجم الكلي للتربة

$v_v =$ الحجم الكلي للفراغات(ماء + هواء)

$v_s =$ حجم حبيبات التربة الصلبة

$v_w =$ حجم الفراغات المملوءة بالماء(حجم الماء)

$v_a =$ حجم الفراغات الهوائية(حجم الهواء)

$$v = v_a + v_w + v_s$$

$$v = v_v + v_s$$

1- المسامية porosity

وهي النسبة بين الحجم الكلي للفراغات الى الحجم الكلي للتربة ويرمز لها بالرمز (n)

$$n = \frac{v_v}{v} * 100\%$$

2- نسبة الفراغات void ratio

وهي النسبة بين الحجم الكلي للفراغات الى حجم حبيبات التربة الصلبة ويرمز لها بالرمز(e)

$$e = \frac{v_v}{v_s} * 100\%$$

3- درجة التشبع degree of saturation

وهي النسبة بين حجم الماء الموجود في الفراغات الى حجم الفراغات الكلي ويرمز لها بالرمز (Sr) وتتراوح قيمتها بين (صفر-1) حيث تكون قيمتها صفر اذا كانت التربة جافة وتكون قيمتها واحد اذا كانت التربة مشبعة كليا. ($V_V = V_w$)

$$s_r = \frac{v_w}{v_v} * 100\%$$

4- محتوى الهواء Air content

وهو النسبة بين حجم الهواء الى الحجم الكلي للتربة ويرمز له بالرمز (A)

$$A = \frac{va}{v} * 100\%$$

$$A = \frac{e\,(1 - s_r)}{e + 1}$$

جدول العلاقات الحجمية

الخاصية الفيزياوية	العلاقة الحجمية	الوحدات	الملاحظات
المسامية n	$n = \frac{v_v}{v} * 100\%$	%	
نسبة الفراغات e	$e = \frac{v_v}{v_s} * 100\%$	%	
درجة التشبع s_r	$s = \frac{v_w}{v_v} * 100\%$	%	من (0-100)%
محتوى الهواء A	$A = \frac{va}{v} * 100\%$	%	$A = \frac{e\,(1 - s_r)}{e + 1}$

❖ العلاقة بين مسامية التربة ونسبة الفراغات (e & n)

$$e = \frac{n}{1-n} \quad \text{و} \quad n = \frac{e}{1+e}$$

1. اثبت ان ($e = \frac{n}{1-n}$)

$$e = \frac{V_v}{V_S} = \frac{V_v}{V - V_v}$$

بقسمة البسط والمقام على (V) ينتج

$$e = \frac{V_v/v}{\frac{V}{V} - \frac{V_v}{V}} = \frac{n}{1-n}$$

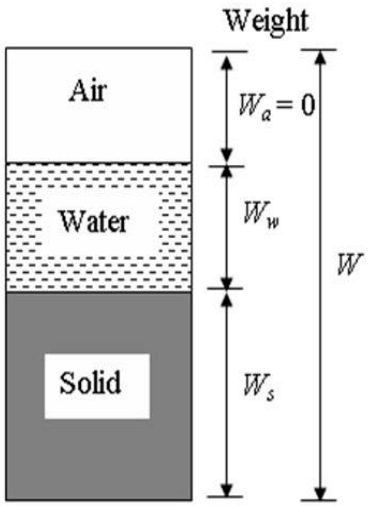
2. اثبت ان ($n = \frac{e}{1+e}$)

$$n = \frac{V_v}{v} = \frac{V_v}{V_S + V_v}$$

بقسمة البسط والمقام على (V_S) ينتج

$$n = \frac{V_v/V_S}{\frac{V_S}{V_S} + \frac{V_v}{V_S}} = \frac{e}{1+e}$$

العلاقات الوزنية لمكونات التربة



$W =$ الوزن الكلي للتربة

$Wa =$ وزن الهواء(يهمل)

$Ww =$ وزن الماء الموجود في الفراغات

$Ws =$ وزن حبيبات التربة الصلبة

$Wv = Ww =$ وزن الفراغات

$$W = Ws + Ww$$

1. المحتوى الرطوبي Water Content

هي النسبة بين وزن الماء الموجود في الفراغات الى وزن حبيبات التربة الصلبة ويرمز له بالرمز (m)

$$m = \frac{Ww}{Ws} * 100\%$$

2. الوزن النوعي Specific Gravity (الكثافة النوعية لذرات التربة الصلبة)

وهو نسبة وزن حجم معين من التربة الى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة 4 درجة مئوية ويرمز له بالرمز (Gs)

$$\frac{\text{وزن حجم معين من التربة}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء}} = \frac{\text{كثافة التربة}}{\text{كثافة الماء}} = \frac{\gamma s}{\gamma w}$$

- تختلف قيم الوزن النوعي باختلاف نوع التربة وذلك لتباين المعادن المكونة لها اذ تمتاز المعادن الثقيلة بوزن نوعي عالي فيما تمتلك المعادن الخفيفة الوزن وزن نوعي منخفض وتتراوح قيمته بين (2.65-2.85).

القيم النموذجية للوزن النوعي

نوع التربة	G_S	نوع التربة	G_S
حصى	2.65 – 2.68	غرين	2.66 – 2.7
رمل	2.65 – 2.68	طين	2.68 – 2.8

الكثافة = الوزن/ الحجم

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{w_s / v_s}{\gamma_w} = \frac{w_s}{v_s \times \gamma_w}$$

γ_w = كثافة الماء

γ_s = كثافة التربة الصلبة = $\frac{w_s}{v_s}$

v_s = حجم التربة الصلبة

w_s = وزن التربة الصلبة

❖ العلاقة بين درجة التشبع والوزن النوعي والمحتوى الرطوبي ونسبة الفراغات (e , m , Gs , S_r)

$$e \,.\, Sr = m \,.\, Gs$$

علاقة لحساب نسبة الفراغات في التربة :-

$$e = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma d} - 1$$

3. الكثافة الكتلية للتربة Mass Density Of Soil

وهي النسبة بين الكتلة الكلية للتربة الى الحجم الكلي للتربة ويرمز لها بالرمز(ρ)

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad Kg/m^3,\ g/cm^3$$

الكثافة الكتلية للماء $\rho_W = 1000\ kg/m^3$ او $1g/cm^3$

- يمكن تحويل الكثافة الكتلية الى وزنية وذلك بضرب الكتلة بالتعجيل الارضي

الوزن = الكتلة * التعجيل

$$\gamma = \frac{M \times g}{V}$$

$$\gamma w = 9.8\ KN/m^3$$

4. الكثافة الوزنية unit weight of soil mass

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$$

- تعتمد على حالات التربة:

أ. الكثافة الرطبة للتربة (الكلية) Bulk unit weight

يرمز لها بالرمز (γ) هي نسبة (الوزن الكلي للتربة / الحجم الكلي للتربة)

$$\gamma = \frac{W}{V} \qquad kN/m^3$$

$$\gamma = Gs * \frac{(1+m)}{(1+e)} * \gamma_w$$

$$\gamma = \left(\frac{Gs + (Gs * m)}{1+e}\right) * \gamma_w = \left(\frac{Gs + (e * Sr)}{1+e}\right) * \gamma_w$$

ويفضل كتابتها بالصيغة التالية: -

$$\gamma = \left(\frac{Gs+(e*Sr)}{1+e}\right)\gamma_w$$

γ = الكثافة الرطبة للتربة KN/m^3

Gs = الوزن النوعي للتربة

m = المحتوى الرطوبي للتربة

S_r = درجة التشبع للتربة

e = نسبة الفراغات

ب. الكثافة الجافة dry unit weight (γd)

وهي كثافة التربة عندما تكون جافة (المحتوى المائي = صفر) ($m=0$ ، $S_r=0$)

$$\gamma d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma d = \frac{Gs}{(1+e)} * \gamma_w$$

- هناك علاقة تربط الكثافة الرطبة (الكلية) مع الكثافة الجافة

تستخدم لايجاد الكثافة الجافة العظمى ⟵ $\gamma d = \frac{\gamma}{1+m}$

ج- الكثافة المشبعة saturated density

ويرمز لها بالرمز (ɣsat) وهي كثافة التربة عندما تكون مشبعة بالماء (درجة التشبع 100%) (S_r=1)

بالتعويض عن قيمة S_r=1 نحصل على :-

$$\gamma sat = \frac{(Gs + e)}{(1 + e)} * \gamma_W$$

د- الكثافة الوزنية المغمورة submerged density

وهي كثافة التربة عندما تكون مغمورة بالماء أي ان (التربة تكون تحت مستوى المياه الجوفية) وهنا تكون كثافة التربة مساوية للكثافة المشبعة ويطرح منها كثافة الماء.

$$\gamma sub = \gamma sat - \gamma w$$

$$\gamma sub = \left(\frac{Gs+e}{1+e}\right) * \gamma_w - \gamma_w$$

$$= \gamma_w \left[\frac{Gs + e}{1 + e} - 1\right]$$

$$= \gamma_w \left[\frac{(Gs +e)}{(1 + e)} - \frac{(1+e)}{(1+e)}\right]$$

$$= \gamma_w \left[\frac{Gs+e-1-e}{(1+e)}\right]$$

$$\gamma sub = \gamma_w \left[\frac{Gs - 1}{1 + e}\right]$$

الكثافة الوزنية المغمورة $\gamma sub = \gamma_w \left[\frac{Gs - 1}{1 + e}\right]$

جدول العلاقات الوزنية

الخاصية	العلاقة الوزنية	الوحدات	الملاحظات
المحتوى الرطوبي m	$m = \frac{w_w}{w_s} * 100$	%	
الوزن النوعي Gs	$Gs = \frac{w_s}{v_s * \gamma w}$	ـــــ	(2.65-2.85)
الكثافة الكتلية ρ	$\rho = \frac{M}{V}$	Kg/m^3, g/cm^3	$\rho_{W=1\ g/cm^3}$
الكثافة الوزنية ɣ الرطبة	$\gamma = \frac{W}{V}$ $\gamma = Gs\ (\frac{1+m}{1+e})\gamma_W$ $\gamma = \left(\frac{Gs + e * s_r}{1+e}\right)\gamma_w$ ɣSub.=ɣsat – ɣw $\gamma d = \frac{\gamma}{1+m}$	KN/m^3	Dry S_r=0 Sat. S_r =1 Wet S_r =? لإيجاد الكثافة الجافة العظمى

مثال 1

نموذج لتربة رطبة كتلتها (633gm) وحجمها ($300cm^3$) ، المحتوى الرطوبي لها 11% والوزن النوعي (2.68) احسب نسبة الفراغات ودرجة التشبع ومسامية التربة . ثم اوجد المحتوى الرطوبي عندما تكون التربة مشبعة كليا وبدون اي زيادة في حجمها واحسب الكثافة المشبعة لها.

Sol.

$V = 300\ cm^3$, $M = 633\ gm$

$m = 0.11$, $G_s = 2.68$

- $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{633 * 9.81}{300}$

$= 20.67\ kN/m^3$

- $e = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$

$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+m} = \frac{20.67}{1+0.11} = 18.62\ kN/m^3$

$e = \frac{2.68 * 9.81}{18.62} - 1 = 0.41 = 41\%$

- $e \cdot S_r = m \cdot G_s$

$S_r = \frac{m \cdot G_s}{e} = \frac{0.11 * 2.68}{0.41} = 0.719$

$= 71.9\%$

- $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.41}{1+0.41} = 0.29 = 29\%$

- $e \cdot S = m \cdot G_s \rightarrow m = \frac{e}{G_s}$

$m = \frac{0.41}{2.68} = 0.153 = 15.3\%$

- $\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \cdot \gamma_w$

$= \frac{2.68 + 0.41}{1.41} * 9.81 = 21.47\ kN/m^3$

مثال 2

تربة طينية لها كثافة جافة مقدارها ($15.5\ KN/m^3$) فاذا كان وزن العينة الرطب يساوي 1597.5 gm ووزنها بعد التجفيف يساوي (1267.4 gm) احسب

a) محتوى الرطوبة
b) الكثافة الرطبة للعينة
c) نسبة الفراغات اذا علمت ان الوزن النوعي (2.65)

Sol.

$W = 1597.5\ gm$

$W_s = 1267.4\ gm$

$\gamma_d = 15.50\ KN/m^3$

a) $W_w = 1597.5 - 1267.4 = 330\ gm$

$$m = \frac{W_w}{W_s} = \frac{330}{1267.4} = 0.26$$

$$= 26\%$$

b) $$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+m} \Rightarrow \gamma = \gamma_d (1+m)$$

$$\gamma = 15.5\ (1 + 0.26) = 19.53\ KN/m^3$$

c) $$e = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$= \frac{2.65 * 9.81}{15.5} - 1 = 0.68$$

$$= 68\%$$