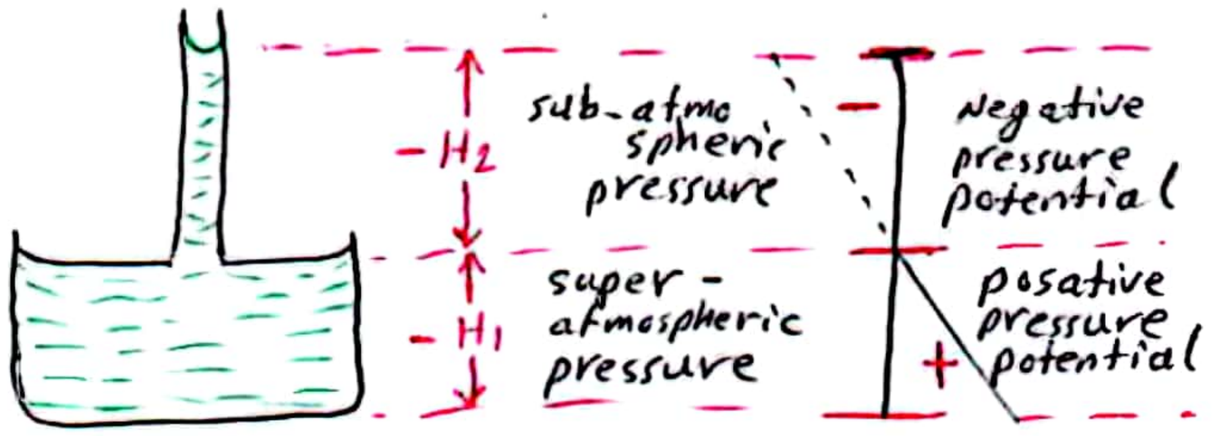
ثانياً: طاقة الضغط (جهد الضغط) pressure potential

عندما يكون ضغط ماء التربة الساكن اكبر من الضغط الجوي، فجهد الضغط يكون موجباً، وعندما يكون ضغط الماء الساكن اقل من الضغط الجوي، فجهد الضغط يكون سالباً (ويسمى بجهد الشد او السحب) وكما في الشكل التالي :-



انه جهد الضغط الموجب الذي يحدث تحت مستوى سطح الماء الحر يطلق عليه جهد ضغط الماء الساكن .

ان ضغط الماء الساكن لمثل الاالضغط الجوي يعبر عنه ب :-

$$P = gh \quad [\text{per unit mass basis}]$$
$$P = \rho gh \quad [\text{per unit volume basis}]$$
$$P = h \quad [\text{" weight "}]$$

حيث ان h = عمق الغمر اسفل سطح الماء الحر ويعبر عن الطاقة الكامنة لهذا الماء بـ :-

$$\varepsilon = P\,dV$$

وعليه فأن جهد الغمر (الضغط الموجب) يؤخذ على انه الطاقة الكامنة لوحدة حجم وسيادي ضغط الماء الساكن P :-

$$\psi_{ps} = P$$

ان جهد الضغط السالب يسمى بالجهد الشعري Capillary potential او الجهد الماتريكي (matric potential).

ان كل من جهد الضغط والجهد الماتريكي يقيسان شيء واحد وهو حالة الماء في التربة .

ثالثاً : الجهد الاوزموزي Osmotic Potential

ان وجود الاملاح الذائبة في ماء التربة تؤثر في ~~الضغط~~ خصائص جهد ماء التربة، حيث تقلل من خفض جهد الطاقة . حيث تعمل الاملاح الذائبة على خفض الضغط البخاري لماء التربة . ان تأثير الجهد الاوزموزي يقتصر فيما على التداخل بين جذور النبات والتربة فضلاً عن انتشار بخار الماء . ويتم حساب الجهد الاوزموزي ما الكمولية التالية :-

$$\psi_o = -mRT$$

حيث ان :-

m = تركيز الاملاح (مول/سم^3)

R = ثابت الغازات (٨٢ بار . سم^3 / مول . درجة مطلقة)
= ٠.٠٨٢١ جول . لتر / مول . درجة مطلقة)

T = درجة الحرارة المطلقة .

① طاقة لوحدة الكتلة :

الطاقة = الشغل = القوة × المسافة = (الكتلة × التعجيل الأرضي) × المسافة

الطاقة لوحدة الكتلة = $\frac{\text{(الكتلة} \times \text{التعجيل الأرضي)} \times \text{المسافة}}{\text{(الكتلة)}}$

= التعجيل الأرضي × المسافة $(\text{سم}/\text{ثا}^2 \times \text{سم})$ gh

= $\text{سم}^2/\text{ثا}^2$ = ارج/غم

② طاقة لوحدة الحجم :-

الطاقة = الشغل = القوة × المسافة = $\frac{\text{(الكتلة} \times \text{التعجيل الأرضي)} \times \text{المسافة}}{\text{الحجم}}$

= $\frac{\text{(الكثافة} \times \text{الحجم)} \times \text{التعجيل الأرضي} \times \text{المسافة}}{\text{الحجم}}$

= الكثافة × التعجيل الأرضي × المسافة ρgh

= $\text{غم}/\text{سم}^3 \times \text{سم}/\text{ثا}^2 \times \text{سم}$

= $\frac{\text{غم}/\text{سم}.\text{ثا}^2}{}$

= داين/سم

③ طاقة لوحدة الوزن :-

الطاقة لوحدة وزن = $\frac{\text{الكتلة} \times \text{التعجيل الأرضي} \times \text{المسافة}}{\text{الوزن}}$ = $\frac{\text{الكتلة} \times \text{التعجيل الأرضي} \times \text{المسافة}}{\text{الكتلة} \times \text{التعجيل الأرضي}}$

= المسافة (سم) h

* الكتلة × التعجيل الارضي × المسافة = القوة × المسافة × التعجيل الارضي × الكثافة = الشغل
الحجم

التعبير الكمي لجهد ماء التربة :

هناك ثلاث طرق فيزيائية للتعبير هي :-

١- طاقة لوحدة الكتلة : ووحداتها ارك/كغم او جول/كغم وابعادها L^2T^{-2}

٢- طاقة لوحدة الحجم : ووحداتها القوة/مساحة وابعادها $ML^{-1}T^{-2}$

* الكتلة × ك × المسافة = ك.ج
الحجم

٣- طاقة لوحدة وزن : (وزن عمود الماء (Hydraulic head)). ويعبر عنه بوحدات طول ليعبر عن حالة ماء التربة بدلالة عمود الجهد الكلي (total potential head) = عمود جهد الجذب الارضي gravitational pot. h. + وعمود جهد الضغط Pressure Pot. h. والذي يعبر عنه بعدد سنتيمترات الماء وكما يلي :-

شحنة الضغط = شحنة كاذبة

(Hydraulic head) $H = Hg + Hp$

$\psi = \psi_g + \psi_p$

بدلالة ض :-

الطاقة لوحدة وزن = الكتلة × التعجيل الارضي / الوزن = الكتلة × التعجيل الارضي × المسافة / الكتلة × التعجيل الارضي = المسافة = سم

ولكون قيم الجهد تكون كبيرة وصعب التعامل معها ، يستخدم تعبير pF (الشبيه لمقياس الحموضة) والذي يعرف على انه لوغاريتم الضغط السالب (شد tension او سحب suction) مقاساً بسنتيمترات ماء :

فمثلاً : $pF=1$ يماثل ارتفاع شد مقدرة 10 سم من الماء

$pF=3$ = = = 1000 سم من الماء

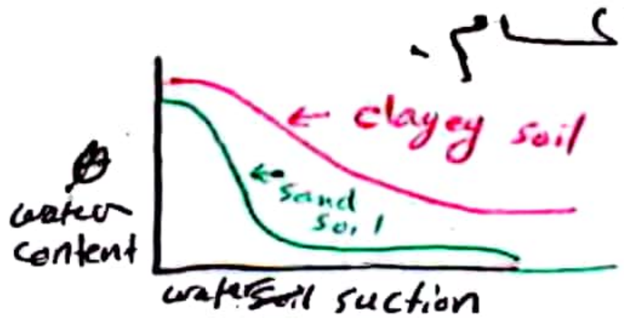
منحنى خاصية رطوبة التربة : Soil Moisture Characteristic curve

عندما تكون التربة مشبعة وفي حالة تعادل مع الماء الحر وعند نفس المستوى ، فان الضغط الحقيقي يكون جواً واحداً وضغط الماء الساكن والسحب (الشد) يكون صفراً . وعند تسليط ضغط بسيط نسبياً على التربة المشبعة تبدأ المسام الكبيرة بالاطلاء او الامتلاء من الماء ، هذه العملية تكون بسيطة في التربة ذات البنية الخشنة حيث تكون المسام فيها متماثلة تقريباً في الحجم ولكن هذه العملية تكون اكبر في التربة الناعمة البنية .

عند زيادة قوة السحب يزداد فقد الماء المسحوب الى خارج التربة الكثير من المسامات الكبيرة نسبياً والذي لا يستطيع الاحتفاظ بالماء ضد السحب المسلط ولهذا تفرغ هذه المسام . وباستمرار تسليط الضغط (السحب) سوف تؤدي الى تفريغ حتى المسام الصغيرة . وتبقى المسام الصغيرة جداً محتفظة بالماء . بعبارة اخرى ان زيادة قوة الشد تؤدي الى نزع الاغشية المائية التي تغلف سطوح وقائمة التربة ، بصاحبها انخفاض محتوى رطوبة التربة .

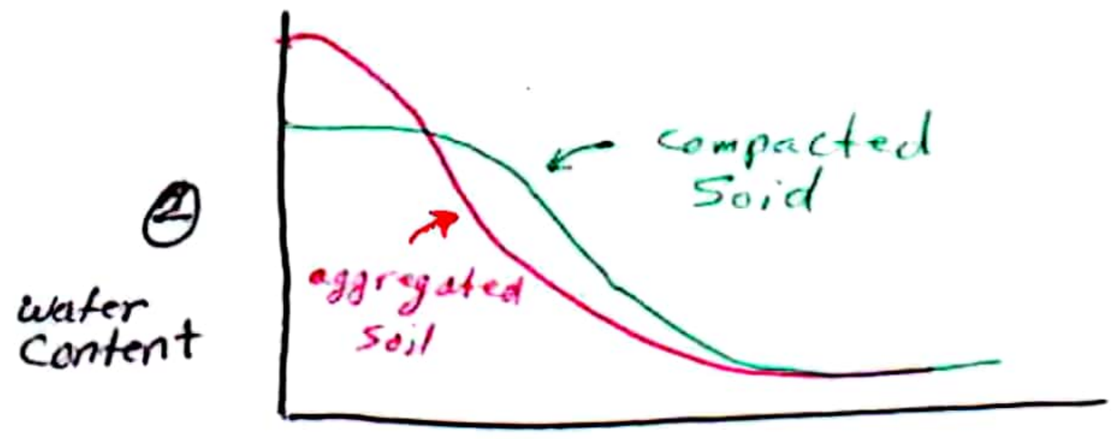
ان كمية الماء المستبقة عند كل شد تعتبر دليلاً او مؤشراً لحجم وكبر المسام المملوءة بالماء وعليه تكون دالة لجهد او قوة الشد .

ان كمية الماء المحمولة عند القيم الواطئة نسبياً من جهد الشد (بين صفر – 1 بار) تعتمد على تأثير الخاصية الشعرية وتوزيع احجام المسام وتتأثر كثيراً بنباء التربة . من جهة اخرى ، يكون الماء المحمول تحت شد كبير يكون تحت تأثير الادمصاص (adsorption) ويكون تأثيره تركيب التربة قليلاً وبالمقابل كبيراً حيث تؤثر نسبة الطين في نسبة توزيع احجام المسام .



تأثير تركيب التربة على منحنيات رطوبة التربة :

يؤثر بناء التربة على اشكال منحنيات الرطوبة وخاصة في مديات السحب الواطئة. حيث يؤدي رص التربة (Soil compaction) الى تقليل المسامية الكلية وخاصة حجم المسام الكبيرة، وبذلك تنخفض درجة التشبع وتقل الماء المسحوب من التربة، حيث تسود المسام المتوسطة الحجم في التربة المرصوصة بينما تبقى المسام الصغيرة ثابتة وتصل الانخفاض في المسام الكبيرة. لذلك تكون التربة المرصوصة وغير المرصوصة متشابهة في الشدود العالية.



ظاهرة تخلف التربة Soil Hysteresis

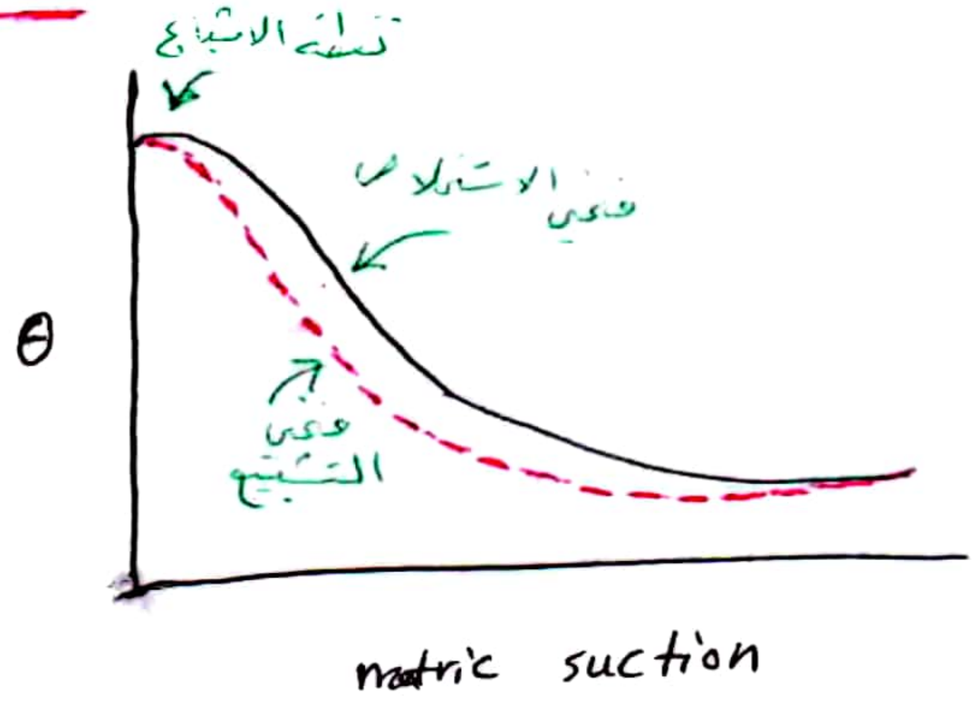
يمكن الحصول على العلاقة بين الجهد الحاثر كي ورطوبة التربة بطريقتين :-

١- الاستملاص او التجفيف (desorption):

يؤخذ نموذج تربة مشبع، ويسلط عليه شد او قوة سحب بصورة تدريجية للوصول به الى حالة الجفاف، واخذ عدة قياسات للرطوبة مع ازدياد قوة السحب.

٢- التشبع او الترطيب (Sorption):-

ويتم بواسطة الترطيب التدريجي لنموذج التربة المجفف وذلك بتقليل قوة السحب.
ان كلا الطريقتين من هذه الطرق تعطي منحنى مستمر، لكن المنحنيان غير متطابقان. حيث تكون رطوبة التربة المتعادلة مع قوة السحب معينة اكبر في حالة الاستملاص (التجفيف drying) منها في حالة التشبع (الترطيب wetting)، ويؤدي هذا الى ما يسمى بتخلف التربة Soil hysteresis



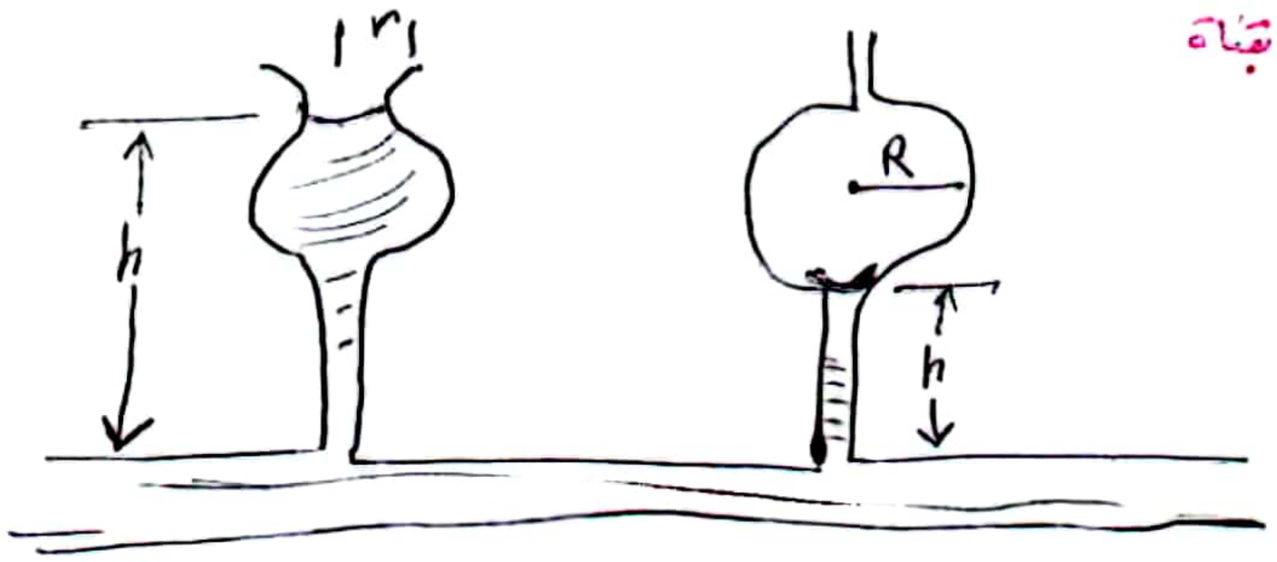
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسباب حصول حالة تخلف التربة

تعزى حالة حصول تخلف التربة الى الاسباب التالية :-

١- عدم التجانس الهندسي لمسامات التربة ، حيث تكون فراغات غير منتظمة الاشكال وعلى شكل ممرات متفاوتة في قطرها مكونة ما يسمى بتأثير عنق الزجاجة

* الشكل المجاور مسامة تتمثل فيه واسعة نفت قطرها (R) مربوطة بقناة ضيقة ذات نفت قطر (r)



٢- تأثير زاوية التماس (contact angle) :-

في حالة تكون زاوية التماس كبيرة ونصف قطر الانحناء كبير للسطح الهوائي المتقدم مقارنة بالسطح المقعر (meniscus)- عندئذٍ يكون الجهد الرطوبي عند نقطة كبير في حالة الاستطالة مقارنة بحالة التشبع .

٣- الهواء المحصور في المسام يعمل على خفض المحتوى المائي بعد خفض الجهد الرطوبي سابقاً ، حيث يصعب الوصول الى حالة التعادل الحقيقي الذي يؤدي الى حصول حالة التخلف .

٤- حصول ظاهرتي التورم (swelling) والانكماش (shrinkage) ، والتنظم الذي يعمل لتركيب التربة يفعل طول فترة الترطيب . كذلك فأن الذوبان التدريجي للهواء المحصور في المسام واطلاق الهواء المذاب في الماء يؤثر على حركة السحب (الشد) في المحتوى الرطوبي .

ملاحظة : عندما تكون هذه المسامة قصيرة في البداية ثم بدأت تنزل ، فأنها سوف ستنزل بصورة مفاجئة عندما يتجاوز جهد الشد فيها ψ_r ، حيث ان $\psi_r = \frac{2\sigma}{r}$ ، ولكن لكي يعيد ترطيب هذه المسامة يجب ان ينخفض جهد الشد الى اقل من ψ_R ، حيث ان $\psi_R = \frac{2\sigma}{R}$ ، عندئذٍ ستمتلئ المسامة فجائياً بالماء ، بما ان $R > r$ ، ينتج عنه $\psi_R < \psi_r$ ، بعبارة الاستطالة على المسافات ذات اقطار الفتحات الضيقة للقنوات المتصلة ، بينما يعيد التشبع على المسام ذات الاقطار الكبيرة نسبياً . لذلك فأن ظاهرة التخلف تكون أكثر وضوحاً في الترب الرملية مقارنة بالترب الطينية

الظاهرة تخلف التربة اهمية في تطبيقات فيزياء التربة وهي قياس الخواص الديناميكية والستاتيكية للتربة (ظواهر التوصيل المائي والجريان) (Infiltration) والخواص المتعلقة بكل من محتوى التربة الحتوائه بالتخلف بالفرعات الرئيسيان main branches .

كيفية قياس جهد رطوبة التربة Measurements of soil water pot. : في الحقل

Tension plates ، Tensiometer