الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الثانية في قسم البناء والانشاءات في المعاهد التقنية في هيئة التعلم التقني .

مبررات الوحدة

أن الالمام بخواص التربة له أهميته المميزة بين العلوم الهندسية فمن دون الاضطلاع بمبادىء وأساسيات ميكانيك التربة لا يمكن وضع التصاميم ألأمينة من جهة والاقتصادية في نفس الوقت للمنشأت المختلفة من أبنية وطرق ومطارات وسدود كماأن التقدم في مضمار هندسة التربة أدى الى الوقوف على اسباب بعض الظواهر السلبية على الأبنية والطرق مثل التصدعات التي تحدث فيها والتي لا يرجع سببها الى ضعف قوة تحميل التربة بل يعود لقوة الدفع المتكونة بسبب قابلية التربة للانتفاخ ولقد أمكنت الدراسات الحديثة في حقل ميكانيك التربة من الوصول الى الحلول والمعالجات لتلك الظوهر.

الفكرة المركزية

1- يتم تطبيق المعلومات الميكانيكية والهايدرولوجية لمعالجة المشاكل المتعلقة بالتربة .
2- يزود المهندس بالمعلومات الكافية حول خواص التربة ليتمكن من أختيار النوع الملأئم من الاساسات للمنشأأت المختلفة .

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد دراستة لهذة المرحلة قادرا على :-

1-القدرة على تطبيق المعلومات الميكانيكية والهايدرولوجية والجيولوجية لمعالجة المشاكل المتعلقة بالتربة.

2-تمكين الطالب من اختيار تانوع الملائم من الاساسات للمنشأات المختلفة اعتمادا على المعلومات الكافية حول خواص التربة .

ألأسبواع ألاول والثاني

تعريف التربة ، أصلها وتكوينها وتصنيفها

تعريف التربة :-

يمكن ان توضع تعاريف متعددة للتربة ويرجع ذلك الى تعدد أستعمالها فمن وجهة نظر الزراعي تعرف بانها المادة الرخوة التي تنمو فيها النباتات وتستندعليها وينحصر الاهتمام بطبقة لا يتجاوز عمقها (2 m) في اغلب الاحوال.

اما من الناحية الجيولوجية فتعرف بانها المادة الناتجة عن تأكل القشرة الصخرية للارض او تفتت الصخور البركانية وبقية العمليات التي تتعرض لها الصخور من هزات ارضية وعوامل التعرية الجوية .

اما الجانب الهندسي فتعرف التربة بانها الحبيبات الترابية المتواجدة في الطبيعة بشكل مفكك اومتماسك وتحتوي احيانا علىالمواد العضوية والاملاح وتعتبر التربة فب هذا المجال مادة هندسية تقوم بتحمل الاساسات المتنوعة ويجب ضمان عدم فشلها تحت تأثير الاثقال المسلطة عليها ويتركز اهتمام المهندسين بالتربة ضمن اعماق تتراوح بين (2-15 m) في معظم الاعمال الانشائية .

ميكانيك التربة :-

يمكن تعريف هذا العلم بانه العلم الذي يتم فية تطبيق المعلومات الميكانيكية والهايدرولوجية والجيولوجية لمعالجة المشاكل المتعلقة بالتربة .

المسائل الهندسية ذات الصلة بميكانيك التربة :-

1- التربة كمادة حاملة للاثقال:-

A- ما يتعلق بقابلية تحمل التربة :-

* التربة صلبة القوام في حالة وجود هذا النوع يمكن استعمال الاسس قليلاة الاعماق .

* عندما تكون التربة رخوة وسميكة والتربة القوية تقع على عمق كبير فأن الحالة تستوجب أستعمال الركائز والدعامات لنقل الاثقال الى الطبقات الصلبة .

B – ما يتعلق بمقدار الهبوط للمنشأات :-

* من الضروري التاكد بانة الهبوط المتوقع لأي منشأاقل من المقدارالمسموح بة

*ان الهبوط الغير المتجانس (الهبوط التفاضلي) لايقل اهمبة ان لم يكن اكثر خطورة حيث ان عدد تساوي الهبوط بين اجزاء المنشأ سيلحق اضرار بجزء دون الاخر وبصورة عامة ان المقدار الهبوط الجزء المسموح اقل بكثير من الهبوط الكلي لنفس المنشأ.

C - أنتفاخ التربة تحت الاسس :-

ويحصل هذا عادة في المناطق القارية والحارة أو الجافة مثل الهند وجنوب أفريقيا وبعض مناطق العراق حيث تكون التربة صلبة القوام الا انها من النوع القابل للانتفاخ وتشكل هذة التربة خطورة على الاسس لاسيما في الابنية الخفيفة حيث انها تنتفخ وتنكمش تبعا لتغييرات في نسبة الرطوبة .

2 - التربة كمادة أنشائية :-

للتربة استعمالات انشائية في مختلفالاعمال الهندسية ومن المجالات التي تستعمل فيها التربة للانشاء هي:-

A- أعمال الطرق
ان وظيفة الطبقات الترابية هي توزيع الاثقال المسلطة من العجلات السيارات على مساحة اكبر.

B- اعمال الملائيات الترابية والسدود

* الملائيات الترابية يجب ات تكون التربة المختارة جيدة مع اخذ بنظر الاعتبار مقاومة التربة اضافة الى نفاذيتها .

* السدود الترابية بما ان الغاية الاساسية للسدود هي حصر المياة لغايات واغراض مختلفة لذلك يتوجب انشأاهامن مادة قليلة النفاذية تستعمل لهذة الغرضالتربة الطينية لتشكيل لب السد اضافة الى انواع اخرى من التربة لها ادوار مختلفة في استكمال المنشأ.

تكوين التربة:-

تعتبر الصخور المصدر الاساس للتربة حيث ان جميع انواع التربة قد تكونت من جراء عمليات مستمرة من التعرية للصخور او تفتت الصخور بسب الهزات الارضية وغيرها من العوامل ويمكن تصنيف عمليات الى نوعين رئيسيين هما :-

1- العمليات الفيزيائية :- وهي عبارة عن التجزئة الميكانيكية للكتل الصخرية التي تؤدي الى تصغير حجم الجزيئات دون تأثير كيمياوي ومن انواع الترب المتكونة عن هذة العمليات (الركام ، الرمل ، الغرين ، مسحوق الصخر) وتتضمن هذة العمليات الفعاليات التالية :-

- التأكل :- ويتم ذلك بسبب تأثير الرياح أوالمياة أوالجليد على قطع الصخور مما يؤدي الى زيادة نعومتها وتكوير شكلها .
- حركة الارض :- ان حركة القشرة الارضية او حدوث الزلازل يعمل بشكل فعال على تكسر الصخور مما يؤدي لتكوين المزيد من التربة .
- درجة الحرارة :- يعمل التغاير الكبير في درجات الحرارة الى تعرض سطح الصخور الى اكبر مما تتعرض لة الاجزاء الداخلية خاصتا الكتل الكبيرة ونظرا لعدم مرونة المادة الصخرية فان ذلك يؤدي الى تكسرها وتحويلها الى قطع اصغر حجما .
- تاثير جذور النباتات والاشجار :- يؤدي امتداد جذور النباتات الى تشقق الكتل الترابية كما ان جذور بعض الاشجار لها قابلية اختراق كبيرة تؤدي الى تفتت الكتل الصخرية .
- تاثير الانجماد والجليد :- عند انخفاض درجات الحرارة يتكون الجليد داخل الشقوق في جسم الصخور وبسبب زيادة حجم الماء عمد الانجماد تتولدقوة ضغط داخلي تؤدي الى تحطيم الصخور وتحويلها الى اجزاء اصغر .

2 - العمليات الكيميائية :- تعتبر هذة العمليات اشد تاثيرا في التغيير للصخور وتحويلها الى التربة في مقارنة مع العمليات الفيزيائية ففي اثناء هذة العمليات تختفي بعض المعادن كليا او جزئيا وتتكون مركبات كيميائية جديدة تختلف عن المعادن ألأم التي كانت موجودة في الصخور الحاصل العام من هذة العمليات هي التربة الطينية .

تصنيف التربة حسب تكوينها :-

1-التربة المتبقية :- وهي التربة التي تتكون وتبقى في نفس المنطقة وتستقر فوق الصخور ألأ تتمييزهذة الانواع من التربة بان لها اشكال حادة الزوايا ولون غامق .

2 –التربة المنقولة :- وهي التربة التي ترسبت في مناطق غير المناطق التي تكونت فيها نتيجة انتقالها بعدة طرق مثل المياة والرياح والجليد والى اخرة ومن الامثلة على هذا الانواع التربة الرسوبية والتربة البحرية والتربة الجليدية والتربة الريحية وتربة البحيرات والمواد العضوية وتلعب الانهار والجداول الجارية دورا مهما في نقل هذة التربة حسب حجم الحبيبات والطبيعي ان ترسب الجسيمات الكبيرة قبل الجسيمات الصغيرة وكلما كان النهر او الجدول سريع الجريان كلما كان انتقال جزيئات التربة الى مناطق ابعد .

ومن اكثر انواع التربة المنقولة :-

- التربة الرسوبية :- تتكون هذة التربة من نواتج الصخور بعد تاثيرها بالعوامل الجوية وتنتقل بواسطة الانهار حيث تترسب في اماكن مختلفة حخم جسيماتها تتصف بالكروية الى حجم الماء وهذها النوع من التربة يضم خليط من مواد لخرى تكون قد انجرفت من قاع الانهار وضفافها من امثلة هذة التربة (الرخام والحصى والقطع الصخرية) .

- الترسبات البحرية :- وهي اكثر ما يكون ترسبات طينية انتقلت عن المصدر الرئيسي بواسطة الانهار ولصغر حجمها تكونقد ترسبت في اماكن بعيدة جدا او انجرفت بالفيضانات الى البحار والمحيطات ومن ثم تتجمع ثم تترسب في القاع لذلك نراها تحتوي على نسبة عالية من الاملاح وطبقات من الرمل وصلت اماكن الترسيب خلال الفيضانات .

- الترسبات الجليدية :- وهي عبارة عن التربة المتنقلة بواسطة الكتل الجليدية الكبيرة وتحتوي على احجام مختلفة من الصخور وتتميز بصلابتها وقابلية تحميلها العالية .

- الترسبات الريحية :- تتكون هذة الترسبات من جسيمات غرينية (غبار) يتم ألتقاطها من سطح الارض بواسطة الرياح الشديدة وتنتقل مسافات طويلة ثم تترسب عندما تقل سرعة الرياح .

- التربة العضوية :- تتصف هذة التربة بانها رخوة نسبيا وتحتوي على جذور النبات والنواد المتفسخة لذا تكون قا بيلة تحملها قليلة ويحذر من استخدامها في الاعمال الترسبات الحبيبية البدقيقة :- وهي عبارة عن نوعمن الترسبات الناعمة التي تترابط مباشرة بعد ترسبها بواسطة كاربونات الكالسيوم تكون مسامية هذة التربة عالية نوعا ما تبلغ من %(45-50) تمتلك هذة التربة قوما صلبا وقوة عالية عندما تكون جافة الا انها تفتقد هاتين الخاصيتين وتظهر هبوطا مفاجا عند تشبعها بالماء وبناءا علية هذة التربة تعد من الترب المتداعية التي يحذر باستخدامها تحت الاسس لخطورتها .

- الكثبان الرملية :- وهي عبارة عن ترسبات كبيرة من جزيئات الرمل التي انتقلت بواسطة الرياح الشديدة بعد سكون الرياح .

- الترب العضوية :- وتتصف بانها رخوة نسبيا وتحتوي جذور النباتات والمواد المتفسخة لذا تكون قابلية تحملها قليلة ويحذر استخدامها في الاعمال الهندسية من دون تقويتها ويمكن تمييزها بلونها الغامق وملمسها الناعم واحيانا تكون ذات روائح خاصة لأحتوائها على المواد المتفسخة .

أضافة لما تقدم هناك اربع تسميات رئيسية لانواع التربة المختلفة وتكون اكثر شيوعا وتستعمل على نطاق واسع في الحياة العملية ويمكن وصف هذة التسميات بما يلي:-

1- التربة الحصوية :- هي التربة المتكونة من حبيبات خشنة تتراوح احجامها بين (100mm-2mm)ولقد تكون متدرجة او متغايرة الاحجام عن بعضها .

2- التربة الرملية :- هي التربة الحبيبية الغير متماسكة وتكون جزيئاتها بين (2mm-0.6mm) ويكون ملمسها خشنا .

3-تربة الغرينية :-وهي التربة التي يتراوح حجم جزيئاتها بين(0.002mm-0.6mm) وتكون ناعمة الملمس ومتماسكة بدرجة قليلة جدا.

4-تربة الطينية :- وهي التي تكون جزيئاتها اصغر من 0.002mm حيث تكون متماسكة مع بعضها لمتلاكها خاصية اللزوجة .

ألأسبوع الثالث والرابع

العلاقات الفيزياوية لمكونات التربة :-

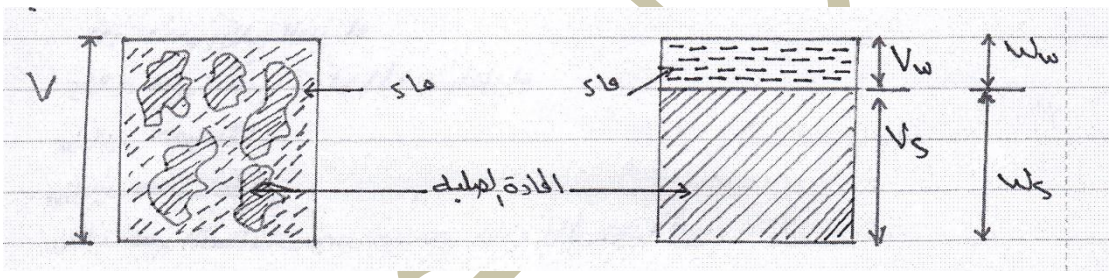
الخواص الفيزياوية والهندسية للتربة :-

تتكون أي عينة من التربة من ثلاث عناصر أساسية هي (الحبيبات والماء والهواء) الذان يملأن المسارات او الفراغات المنتشرة بين الحبيبات وعلية يمكن ان تكون التربة باحدى الحالات التالية :-

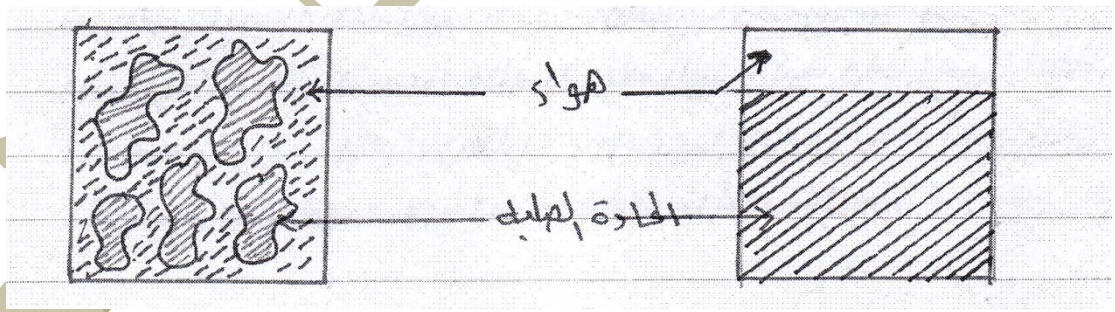
1- حالة ثنائية الطور :-

المقصود بهذة الحالة احتواء عينة التربة على عنصرين فقط من العناصر الثلاثة ويحدث ذلك بأحد الشكلين :-

*حالة التشبع :- وهي الحالة التي تحتوي فيها التربة على عنصري الماء والحبيبات أي ان المسامات بين الحبيبات تكون مملؤة بالماء .

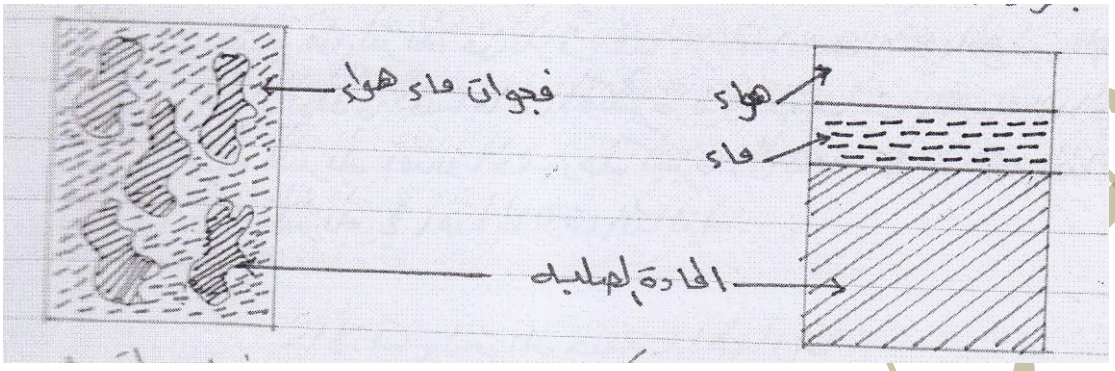


*حالة الجفاف :- وفي هذة الحالة تحتوي التربة على مواد الصلبة والهواء فقط .

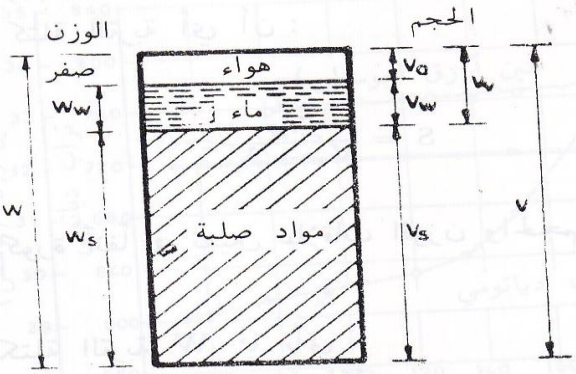


2- حالة ثلاثية الطور :-

وهي الحالة الاكثر شيوعا عندما تكون التربة مشبعة جزئيا بالماء وتحتوي على العناصر الثلاث .



الجزء الايمن من الرسم يمثل العلاقات الحجمية والجزء الايسر يمثل العلاقات الوزنية



شكل (2-1) مخطط الطور .

حيث أن :-

WT =Ws+Ww

Wa = Weight of Air

Ww = Weight of Water

Ws = Weight of Solid

Wt = Total Weight

Vt =Vs +Vv

Vt = Vs +Vw +Va

Va = Volume of Air

Vw = Volume of Water

Vv = Volume of Voids

Vs = Volume of Solid

Vt = Total Volume

المهندس نزار جبار العابدي

● محتوى الرطوبة :- Water Content (w)

ان محتوى الرطوبة او المحتوى المائي للتربة يمثل نسبة وزن الماء الموجود بالتربة الى وزن الحبيبات الصلبة للتربة .

$$W = (Ww / Ws) \times 100 \%$$

$$W =(WT - Ws / Ws) \times 100$$

$$Ww = WT - Ws$$

Ww = وزن الماء

Ws = وزن التربة الجافة

● الوزن النوعي :- Specific Gravity (Gs)

يمثل الوزن النوعي للتربة نسبة وزن حجم معين من التربة في الهواء الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر في درجة حرارة الغرفة .

$$Gs = \gamma s / \gamma w$$

● وحدة الوزن للمواد الصلبة :

وهي عبارة عن وزن المواد الصلبة الى حجم المواد الصلبة .

$$\gamma s = Ws / Vs$$

العلاقات الحجمية :-

1- المسامية :- Porosity (n)

وتمثل المسامية نسبة حجم الفراغ الى الحجم الكي للتربة وتمثل بالمعادلة التالية :-

$$n = Vv / Vt \qquad \text{l}$$

Vv=حجم الفراغ .

Vt=الحجم الكلي للتربة.

2- نسبة الفجوات:- Void Ratio (e)

هي نسبة حجم الفراغ الموجود بالتربة الى حجم حبيبات التربة .

$$e = Vv / Vs$$

Vv=حجم الفراغ .

Vs =حجم حبيبات التربة

3 – درجة الاشباع :- Degree of Saturation (Sr)

وهي النسبة المئوية لحجم الماءالى حجم الفراغات الموجودة بالتربة :-

$$Sr = Vw / Vv \times 100\ \%$$

Vw =حجم الماء.

Vv=حجم الفراغ .

عندما تكون التربة مشبعة عندها تكون درجة الاشباع مساوية الى 100 % بدون النسبة المئوية وعندما تكون التربة جافة تساوي درجة الاشباع صفرا.

4 –نسبة الهواء :- Air Ratio (A)

نسبة حجم الهواء الموجود في التربة الى حجم الحجم الكلي .

$$A = Va / Vt \times 100\ \%$$

Va=حجم الهواء.

Vt=الحجم الكلي للتربة.

العلاقات الوزنية :-

1 –الكثافة الكتلية :- (γ) Density

وتمثل نسبة الوزن الكلي للتربة الى الحجم الكلي للتربة .

$$\gamma t = Wt/Vt$$

Wt=الوزن الكلي للتربة .

Vt=الحجم الكلي للتربة.

2 – الكثافة المشبعة :- (γ sat) Saturated Density

وتمثل كثافة التربة المشبعة عندما تكون مشبعة أي ان الفراغات الموجودة بين الحبيبات الصلبة مملوءة بالماء حيث

$$\gamma \text{ sat} = (Ws+Vv)\ \gamma w / Vt$$

ويمكن التعبير عن المعادلة المذكورة بالصيغة الاتية:-

$$\gamma \text{ sat} = (Gs + e\ s)\ \gamma w / 1+e$$

أذا كانت التربة مشبعة كليا فان :-

S =1

$$\gamma \text{ sat} = (Gs + e)\ \gamma w / 1+e$$

أذا كانت التربة جافة تماما فان :-

$$\gamma \text{ sat} = Gs\ \gamma w / 1+e \qquad S = 0$$

3 –الكثافة الغاطسة :- Submerged Density (γ sub)

عندما تكون التربة تحت مستوى المياة الجوفية فان العامل المؤثر هو حبيبات وجزيئات التربة والتي يعبر عنها بالكثافة الغاطسة او المؤثرة .

$$\gamma \text{ Sub} = \gamma \text{ sat} - \gamma w$$

4 – الكثافة الجافة :- Dry Density (γ d)

ويعبر عنها بنسبة وزن التربة وهي جافة الى الحجم الكلي للتربة .

$$\gamma \text{ d} = Ws / Vt$$

Ws = الوزن الصلب او الجاف

5 – الكثافة النسبية :- Relative Density (RD)

في حالة التربة الرملية تستعمل الكثافة النسبية للتعبير عن العلاقة بين بسبة الفجوات en الحقيقية او الطبيعية وحدود نسبة الفجوات العظمى e max والادنى e min

$$RD = e \text{ max} - e \text{ n} / e \text{ max} - e \text{ min}$$

- حالة الكثافة العظمى :- وهي الحالة التي تكون فيها مسامية التربة في حدها الادنى وكذلك في اشد حالاتها للتفكك .

- حالة الكثافة الدنيا:- وهي الحالة التي تكون فيها مسامية التربة في حدها الاقصى حيث تكون التربة في اشد حالاتها للكثافة.

ألأسبوع الخامس

الوزن النوعي للتربة تعريفة ،أهميتة ، وعلاقتة الفيزياوية مع مكونات التربة

الوزن النوعي :- Specific Gravity (Gs)

يمثل الوزن النوعي للتربة نسبة وزن حجم معين من التربة في الهواء الى وزن نفس الحجم من الماء المقطر في درجة حرارة الغرفة .

$$Gs = \gamma s / \gamma w$$

$$Gs = Ws / Vs\, \gamma w$$

العلاقات الفيزياوية مع مكونات التربة

المهندس نزار جبار الغالبي

ألأسبوع السادس والسابع

التحليل الحجمي لدقائق التربة :-

(التحليل الخشن باستخدام طريقة المناخل والتحليل الناعم باستخدام طريقة المكثاف)

التحليل الميكانيكي للتربة :-

ان الخواص الميكا نيكية للتربة وتسمى احيانا تحليل مقاس الحبيبات تشمل طريقة تحليل مقاس الحبيبات على مرور التربة من مناخل متعددة ومختلفة الحجوم وتتدرج بطريقة تكون المناخل او الفتحات الاكبر في الاعلى وتنتهي بالمنخل الذي يكون قطرة اصغر . ان مرور التربة خلال هذة المناخل تحت تاثير الهز الميكانيكي او اليدوي . ان وزن التربة المتبقية على كل منخل تحسب وينم بعدها حساب النسبة المئوية التي تمر من كل منخل . وترسم هذة النسبة مقابل قطر الحبيبات على مقاس نصف لوغارتيمي .

التحليل الخشن باستخدام طريقة المناخل :-

تستعمل لمعرفة التوزيع الحبيبي للترب ذات الجزيئات الخشنة نسبيا والغير متماسكة ويعتمد على استعمال مجموعة من المناخل حيث تمرر خلالها التربة تحت تاثير الاهتزاز الميكانيكي او اليدوي ويتم ترتيب المناخل ذات الفتحات الكبيرة في الاعلى والمناخل ذات الفتحات الصغيرة في الاسفل بعد ذاك يتم تصنيف التربة على اساسكمية التربة التي تمر من منخل ذي حجم معين حيث نحسب النسبة الوزنية للمواد المارة لكل منخل بالطريقة التالية :-

وزن المواد المارة من كل مقاس او(منخل) / الوزن الكلي للنموذج

ويمكن التعبير عن حجم المنخل أما (بالملم) او (المايكرون) وذلك يعطي بعد فتحت المنخل او برقم يشيرالى عدد الفتحات الموجودة بطول (أنج واحد) من شبكة المنخل فمثلا منخل رقم 10 يحوي عشر تقسيمات على طول انج واحد أي يحتوي على (10 × 10 = 100)فتحة لكل انج مربع .

المهندس نزار جبار العزاوي

منحنيات التوزيع الحبيبي للتربة :-

بعد اتمام عملية التحليل بالمنخل تستخدم النتائج في رسم منحني يمثل توزيع مقاسات حبيبات التربة وبذلك تكون الصورة واضحة عن تدرج أي نموذج من التربة يتم فحصة ويتم رسم منحني عادة على مخطط نصف لوغارتيمي حيث يكون المحور الافقي لوغارتيمي يسجل علية اقطار الحبيبات بينما يكون المحور العمودي خطي اعتيادي تسجل علية النسبة المئوية الوزنية وتستعمل منحنيات التوزيع الحبيبي لاستخراج النسب المئوية الاساسية للحبيبات او الجزيئات الضرورية لتصنيف التربة وكذلك لايجاد اقطار الجزيئات ذات النسب الخاصة والتي تستعمل في وصف التربة واهم هذة الاقطار :-

1 – القطر الحبيبي D 10 :-

ويمثل حجم الفتحة التي تمر خلالها كمية من التربة تمثل % 10 من وزن النموذج (أي ان % 10 من زن النموذج اصغر من هذا القطر) ويطلق علية احيانا القياس الفعال .

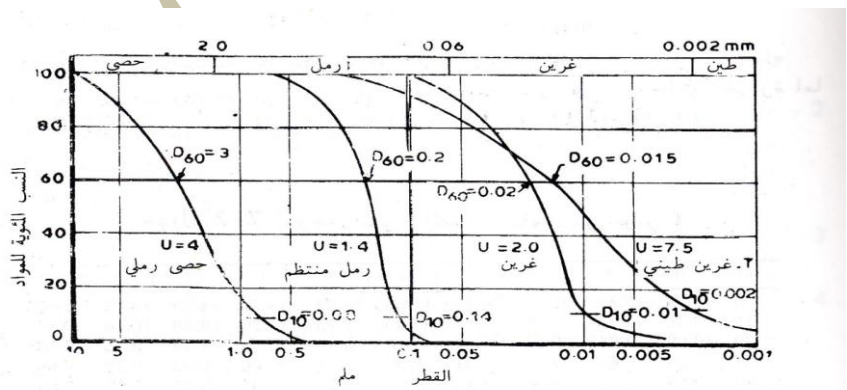
2 –القطر الحبيبي D 60 :-

يمثل حجم الفتحة التي يمر من خلالها كمية من التربة تشكل % 60 من وزن نموذج التربة .

3 – القطر الحبيبي D 30 :-

يمثل فتحة المنخل التي يمر من خلالها % 30 من وزن التربة .

- يتم تعيين هذة الاقطار على منحني التوزيع الحبيبي برسم خطوط موازية للمحور الافقي من النقاط التي تمثل النسب المئوية المقابلة لها ومثبت على المحور العمودي الى ان تتقاطع مع المنحني حيث تعطي مساقط نقاط التقاطع على المحور الافقي الاقطار المطلوبة .



شكل (2-6) منحني حجم الحبيبات .

معامل الانتظام :-

هو عبارة عن النسبة بين قطر الحبيبات (D 60) الى قطر الحبيبات (D 10) ويعطي فكرة عن شدة انحدار منحني التوزيع الحبيبي ويستفاد منة في تحديد مدى تدرج التربة ويحسب وفق المعادلة :-

$$Cu = D60 / D10$$

ولكي تكون التربة جيدة التدرج فان معامل الانتظام يجب ان يكون :-

للحصى $Cu > 4$

للرمل $Cu > 6$

معامل التقوس :-

ويعطي فكرة عن مدى تجانس منحني التوزيع الحبيبي أي مدى احتواء العينة على كافة الاحجام ويعبر عنة بالمعادلة التالية :-

$$Cc = (D30)^2 / D60 \times D10$$

ولكي تكون التربة جيدة التدرج فان معامل التقوس يجب ان يتراوح بين (1 : 3)لكافة انواع الترب ، من الضروري ان تنطبق شروط معاملي الانتظام والتقوس على أي عينة قبل ان تسمى جيدة التدرج .

- وعلى هذا الاساس تقسم الترب الغير متماسكة الى :-

1- التربة جيدة التدرج :- وهي التي تحتوي على مدى واسع من المقاسات الحبيبات وبشكل مناسب وبذلك يكون منحني توزيع الحبيبات قليل الانحدار ويشغل حيز كبير من مخطط التوزيع .

2-التربة رديئة التدرج :- وهي التي لا تحتوي على كافة المقاسات من الحبيبات حيث تفتقر الى حجمي او اكثر وبذلك يكون منحني التوزيع حاويا على انحدار مفاجيء في مكان معين من المخطط.

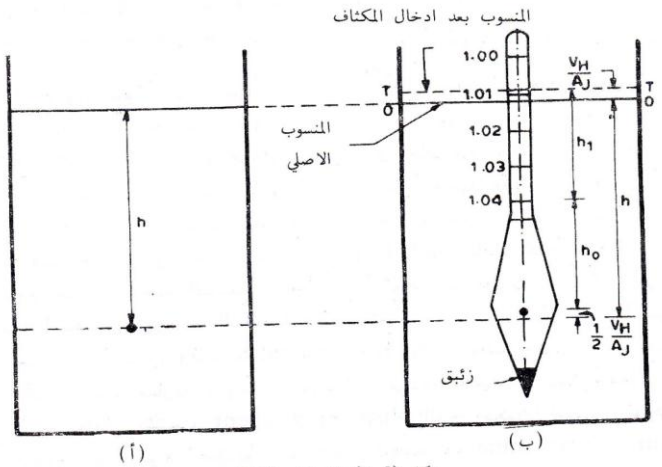
3 –التربة متجانسة الحبيبات :- ويطلق ذلك على عينة التربة التي تكون اكثر حبيباتها ذات حجم واحد وبذلك ينحصر منحني توزيع الحبيبات في مسافة صغيرة على مخطط البياني .

المهندس نزار جبار العزاوي

التحليل الناعم باستخدام طريقة المكثاف :-

انطريقة التحليل المنخلي تعتبر غير عملية في معرفة تدرج التربة التي تمر في منخل رقم 200 أي التي يقل حجم حبيباتها عن 75 مايكرون وذلك لصعوبة العملية من ناحية وعدم كفائتها من ناحية اخرى حيث تكون لحبيبات هذه التربة قابلية التماسك مع بعضها لذلك فالطريقة المثلى لمعرفة تدرج هذه التربة هي طريقة الترسيب باستخدام المكثاف لمعرفة حجم الجزيئات وتعتمد هذة الطريقة على قانون (ستوك) حيث يتم قياس سرعة الترسيب ومن ثم حجم الجسيمات على فترات زمنية معينة .

وتتلخص طريقة الفحص بما يلي :-



شكل (2-7) التحليل بالمكثاف .

تؤخذ كمية صغيرة من التربة الجافة والتي تعبر من منخل رقم 200 تزن (50 gm) توزن بدقة وتمزج مع كمية من الماء المقطر بصورة جيدة لضمان تجانس المزيج وذلك يستوجب استخدام خلاطة كهربائية ذات سرعة عالية يوضع المحلول في اسطوانة سعتها (1000 cm^3) وتضاف مادة مشتتة الى المحلول لمنع تجمع الجزيئات ثم يكمل المحلول الى حجم (1000 cm^3) ويرج لمدة دقيقة وذلك بقلب الاسطوانة الى الاعلى والاسفل بعد سد فوهتها براحة اليد ثم يترك المحلول ليركد في بداية الفحص يفترض ان تكون كثافة المحلول العالق متجانسة حيث يتم قراءة كثافة محلول التربة بواسطة المكثاف ومع مرور الوقت تترسب الحبيبات مما يؤدة الى قلة كثافة المحلول وبالتالي سينخفض او يغطس المكثاف اكثر مسجلا قراءة جديدة لذلك تؤخذالقراءات على فترات متقاربة في البداية ثم تتضاعف وهذة القراءات (60 , 30 , 15 , 8 , 4 , 2 , 1 , ½ , ¼) دقيقة وتسجل درجة حرارة المحلول عند قراءة حيث ان لها تاثير على الوزن النوعي للسائل . ان وجود المكثاف داخل المحلول يعرقل عملية الترسيب لذلك يجب عدم تركة داخل الاسطوانة بل سحبة خارجا بعد كل قراءة وادخالة قبل لحظات من اخذ القراءة باستثناء القراءات الاربعة الاولى حيث يصعب تطبيق ذلكلتقارب الفترة بين قراءة واخرى وقبل اجراء الفحص يجب معايرة المكثاف في ماء مقطر عند درجات حرارة مختلفة لتحديد القراءة الاساس (قراءة الصفر) والتي يتم بموجبها تصحيح القراءات عند درجات الحرارة المختلفة اثناء الفحص .

قانون ستوك Stoke's Law

ويستعمل لايجاد سرعة ترسيب الاجسام الكروية الحرة خلال سائل معلوم اللزوجة وكذلك يستعمل لمعرفة التدرج الحبيبي للتربة الناعمة والتي تعبر من منخل رقم 200 ويمكن الحصول على افضل النتائج عندما يتراوححجم الحبيبات بين (0.2 -0.002 mm) لانة الحبيبات الاكبر تسبب اضطراب في السائل بينما الاصغر تكون سرعة ترسبهاقليلة جدا.

يمكن التعبير عن قانون ستوك بالمعادلة الاتية :-

$$V = (\gamma s - \gamma w / 18 \mu) \times D^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1$$

V = سرعة ترسيب الحبيبات .

γs = كثافة التربة (الكثافة الوزنية).

γ w = كثافة الماء (الكثافة الوزنية).

μ = لزوجة التربة .

D = قطر الحبيبات.

ويعد قانون ستوك كذلك ان سرعة ترسيب الاجسام الكروية تتناسب طرديا مع العمق وعكسيا مع الزمن ويمكن تمثيل ذلك بما ياتي :-

$$V = h / t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2$$

وبالتعويض 2 في 1 نحصل على :-

$$D = \sqrt{(18 \mu h) /(Gs - 1) \gamma w \; t}$$

وبما ان محلول التربة يحتوي حبيبات مختلفة الاحجام فبعد مرور فترة زمنية فان جميع الحبيبات ذات القطر المساوي او اكبر من D ستترسب الى عمق H او اكثر اما الجزيئات الاصغر فتبقى عالقة لفترة اخرى .

$$\% \text{ Finer than } (D) = (Wd / Ws) \times 100 \quad \ldots \quad 1$$

Finer than % = النسبة المئوية للجسيمات الاصغر من D.

Wd = وزن المواد الصلبة لكل سم³ عند عمق h وبعد مرور فترة زمنية t.

Ws = وزن المواد الصلبة لكل سم ³ في المحلول الاصلي .

ولماكانت كثافة المحلول قريبة من الواحد ، فمن المعتاد حذف (1) من القراءة المكثاف وتحريك الفارزة (3) مراتب الى اليمين . فمثلاذا كانت قراءة المكثاف 40 فانها تعني 1.04 .

يمكن حساب وزن الموادالصلبة العالقة بعد تصحيح قراءة المكثاف :-

$$Wd = Rc /1000 \times (Gs /Gs - \gamma w) \ldots \quad 2$$

Rc = قراءة المكثاف بعد اجراء التصحيحات علية

وبالتعويض 2 في 1 نحصل على :-

$$\% \text{ Finer than } (D) = \left(Rc \times (Gs /Gs - \gamma w) \right) / Ws \times 100$$

توجد بعض التحديدات عند تطبيق قانون ستوك في تحليل حجم الحبيبات ومنها:-

1 - يفترض قانون ستوك ان الحبيبات المترسبة كروية الشكل في حين ان جسيمات التربة الطينية خاصتا هي رقائقية لذلك فالحجم المقاس يمثل القطر المكافىء وليس الحجم الحقيقي لجسيمات التربة .

2 – يعطي قانون ستوك سرعة ترسيب كرة منفردة في السائل غير محددة بغض النظر عن تاثير بقية الجزيئات بينما جسيمات التربة في فحص المكثاف تتاثر بوجود الحبيبات الكثيرة بالا ضافة الى جدران الاسطوانة لذلك لا يفضل ان يزداد التركيز عن (50 gm /L) حيث ان تاثير الحبيبات يبدا بصورة ملحوظة بعدة هذا التركيز .

3 – يفترض القانون امتلاك جميع الجزيئات نفس الوزن النوعي الا ان بعض الجسيمات قد تكون لها قيمة تختلف المعدل غير ان ذلك غير مهم في الفحوصات الاعتيادية .

4 – تقوم بعض الجزيئات التربة الناعمة بتجاذب او تنافر حسب الشحنة الموجودة على سطوحها وذلك يستوجب معالجة المحلول بالمادة المشتتة ةهذا لم يدخل ضمن قانون ستوك .

المهندس نزار جبار العزاوي

تصحيح قراءة المكثاف تجري التصحيحات الاتية على قراءات المكثاف :-

1-تصحيح السطح الهلالي :-

نتيجة الشد السطحي للمحلول فان سطح السائل حول المكثاف لا يكون افقيا بل على شكل هلال لكون المحلول غير شفاف فان القراءة تؤخذ عند اعلى السطح الهلالي ويكون التصحيح باخذالفرق بين مستوى الماء واعلى السطح الهلالي ويقاس ذلك بوضع المكثاف في ماء نقي .

2 - التصحيح الحراري :-

تتم معايرة المكثاف عادة عند درجة حرارة 20 م° فاذا اجريت التجربة بدرجات حرارة مختلفة سيحدث خطأ في القراءة لذلك يجب معايرتة عند تلك الدرجات الحرارية ، اما في حالة المكثاف ذات القراءة المباشرة ناخذ تغير اللزوجة للماء ضمن هذا التصحيح .

3 – التصحيح بسبب المادة المشتتة :-

ان اضافة المادة الى المحلول سيغيير الكثافة وبذلك تختلف قراءة المكثاف وبناءا علية يجب اخذ بنظر الاعتبارالتصحيح للمادة التي يكون بعضها موجب وبعضها سالب لذلك يؤخذ المجموع الجبري لها ويتم تطبيقها على قراءات المكثاف .

4 –التصحيح بسبب حجم المكثاف :-

يفترض في فحص المكثاف ان عمق مركز حجم البويصلة المكثاف تحت السطح الاصلي للسائل هي المسوى الذي يقاس عندة الوزن النوعي . ونظرا لكون مساحة الاسطوانة المدرجة المستخدمة صغيرة فان ارتفاع المنسوب لمحلول التربة يحدث عند ادخال المكثاف في اسطوانة ذات مقطع عرضي معلوم .

افرض ان حجم المكثاف V H تقاس المسافة h0 من مركز حجم البوصلة الى اوطأ تدرج و h1 من هذا التدرج الى كل التدرجات الاخرى .

يكون ارتفاع سطح المحلول عند غمر المكثاف مساويا Vit /Aj

Aj = تمثل مساحة المقطع العرضي للاسطوانة .

Vit = حجم المحلول المرتفع .

يفترض ان يقيس المكثاف الكثافة المحلول عند مركز بويصلتة . والسائل كان قنل ادخال المكثاف بمنسوب اوطأ ولما كانت الازاحة تحت مركز البويصاة تعزى الى نصف حجمها فان السائل عند المركز يجب ان يكون في حالة السابقة اوطأ بمقدار H /2 Aj

وبناءا علية يكون العمق المؤثر للبويصلة تحت السطح مساوا الى :-

$$h = h_1 + h_0 + (V_H /2 A_j) – (V_H /A_j)$$

$$h = h_1 + h_0 - V_H /2 A_j$$

ألأسبوع الثامن

الربط بين التحليل الخشن والتحليل الناعم (أمثلة رياضية)

المهندس نزار جبار العزاوي

ألأسبوع التاسع

حدود أتربرك (حد السيولة ، حد اللدونة ، حد التقلص أو الانكماش)

لدونة التربة وحدود القوام :-

تظهر جميع انواع التربة تاثيرا واضحا وسلوكا مختلفا عند تغيير نسبة الرطوبة فيها وبصورة خاصة التربة الطينية حيث تتاثر بصورة واضحة جدا ، أذ قد يكون الطين كالسائل او قد بكون قويا جدا وذلك حسب محتواه المائي .

وللتعبير عن قوام التربة ووصف طبيعتها فقد اعتمدت لدونتها كمعيار لذلك ووضعت حدودمعينة لوصف حالات التربة تبعا لاختلاف نسبة الماء فيها والتي يمكن ان تقع ضمن احد الاطوار التالية :-

1- عند مزج كمية من التربة مع مقدار كبير من الماء فانها ستتحول الى محلول ولا تمتلك أي مقاومة ضد التشوة اذا ما تعرضت الى ابسط قوة وتم تعريف هذة الحالة بانها حالة السيولة Liquid State .

2 - مع نقصان نسبة الماء في التربة فانها ستكتسب نوع من القوة ويصبح لها مقاومة ضد التشوة عند تعرضها لقوة ما . والتربة في وضعها هذا تكون لينة ويقال عنها انها في حالة اللدونة Plastic State وبناء على ذلك تم تعريف نسبة الرطوبة التي تمثل الحد الفاصل بين حالة السيولة والحالة اللدنة بالحد Liquid Limit ويرمز لة (L – L).

3- بازدياد جفاف التربة تبدأ بالتصلب حيث يزداد تماسكها وتبدى مقاومة واضحة ضد القوى المؤثرة عليها وتعرف هذة الحالة بالحالة شبة الصلبة Semi- Solid State .

ويطلق على نسبة الرطوبة التي تمثل الحد الفلصل بين الحالة اللدنة والحالة شبة الصلبة بحد اللدونة Plastic Limit ويرمز لة (P-L).

4 – وباستمرارنقصان كمية الماء تتحول التربة من حالة شبة الصلبة الى الحالة الصلبة Solid State حيث تبلغ قوة تماسكها الحد الاقصى ويصبح قوامها صلبا ويطلق على نسبة الرطوبة التي يتوقف عندها النقصان في حجم التربة على الرغم من جفافها بحد الانكماش Shrinkage Limit ويرمز لة (S- L).

أن أول من وضع حدودالقوام للتربةهو العالم السويدي أتربرك Atterberg

وقد اعتمدت كخواص اساسية للتربة الطينية ولا تزال تستعمل للدلالة على ماهية التربة .

حدود اتربرك

1- حد السيولة Liquid Limit (L – L)

هو نسبة الماء التي تكون فيها التربة على شكل سائل لزج لا يمتلك اية مقاومة واذا قلت نسبة الماء عن ذلك المقدار اصبحت التربة لدنة . اما التعريف الذي وضعة كاسا كراندي لتعيين هذا الحد بانة الرطوبة التي يلتحم عندها اخدود Groove في عجينة من التربة لمسافة نصف عقدة (1.27 cm) تحت تاثير 25 ضربة في جهاز تعيين السيولة بحيثتكون مسافة سقوط الاناء الذي يحوي التربة (1 cm) وبسرعة ثابتة مقدارها (2) ضربة لكل ثانية .

2 – حد اللدونة Plastic Limit (P - L)

هو محتوى الرطوبة الذي تتحول عندة التربة من الحالة البلاستيكية الى الحالة شبة صلبة .

دليل اللدونة Plasticity In dex (P - I)

هو مدى المحتوى الرطوبي الذي تبقى فية التربة في الحالة اللدنةاي ان الفرق بين اعلى واوطا نسبة للملء المتبقي في التربة في حالة اللدنة وعلية فان معامل اللدونة يساوي الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة .

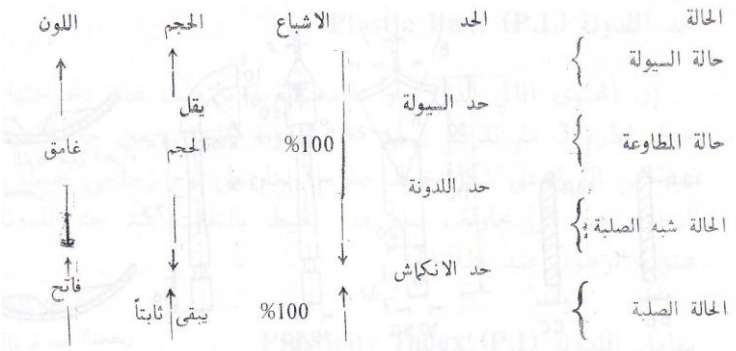
$$P\text{-}I = L - L \quad - \quad P - L$$

ويعتبر دليل اللدونة من الخواص المهمة للتربة تبعا لذلك يمكن تصنيف التربة تبعا لذلك كما مبين ادناه :-

دليل اللدونة	صنف التربة
Zero	تربة غير لدنة
1 To 5	تربة لدنة نوعا ما
5 To 10	تربة واطئة اللدونة
10 To 20	تربة متوسطة اللدونة
20 To 40	تربة عالية اللدونة
More than 50	تربة ذات لدونة عالية جدا

3 – حد الانكماش Shrinkage Limit (S – L)

بانة المحتوى المائي اونسبة الرطوبة للتربة عندما يتوقف حجمها عن التناقص(الانكماش) اذا ما استمر تجفيفها ، والمعنى الفيزيائي لهذه الظاهرة هو عندما تقل الرطوبة في التربة عن حد الانكماش لن يحصل تغيير في حجم التربة .اما اذا زادت الرطوبة عن حد الانكماش فان أي تغيير يحصل في الرطوبة يرافقة تغيير في الحجم .



شكل (2-9) تغاير محتوى الرطوبة وحدود اتربرك .

ألأسبوع العاشر والحادي عشر

تصنيف التربة (طريقة النظام الموحد ، نظام الطريقة الامريكية ASHTTO ،نظام معهد ماساتشوستس Massahusetts ، نظام التربة الثلاثي)

نظم تصنيف التربة :-

توجد طرق ونظم قياسية كثيرة ومتعددة في تصنيف التربة من اهمها النظام العام حيث تقسم الترب حسب هذا النظام اعتمادا على حجم الحبيبات الى تربة خشنة الحبيبات كالحصى والرمل واخرى ناعمة مثل الغرين والطين وقد يشمل التقسيم النوع الواحد من التربة الى تقسيمات فرعية ادق يعتمد هذا النظام على التوزيع الميكانيكي لحبيبات التربة لذلك من المساوىءهذا النظام اهمالة لخاصية مهمة هي اللدونة وعلية يقع مسحوق الصخور ضمن نفس التصنيف للطين حسب حجم الجزيئات في حين هناك اختلاف كبير في السلوكية الهندسية لهذين النوعين .

1- نظام معهد ماساتشوستس Massahusetts

وضعت اسس هذا النظام من قبل اساتذه في المعهد في ولاية ماسوشيست الامريكية ويكون التصنيف كما موضح في الجداول التالية :-

فوائد هذا النظام :-

1 - اكثر سهولة .

2 – اكثر منطقية .

3- اسهل تذكرا وحفظا.

التصنيف حسب النظام الامريكي للتربة A . S . T .M

نوع التربة	حدود القياس	
	الحد الاعلى (ملم)	الحد الادنى (ملم)
الحصى الناعم	2.0	1.0
الرمل الخشن	1.0	0.5
الرمل المتوسط	0.5	0.25
الرمل الناعم	0.25	0.1
الرمل الناعم جدا	0.1	0.05
الغرين	0.05	0.005
الطين	اصغر من0.005	

المهندس نزار جبار الغالبي

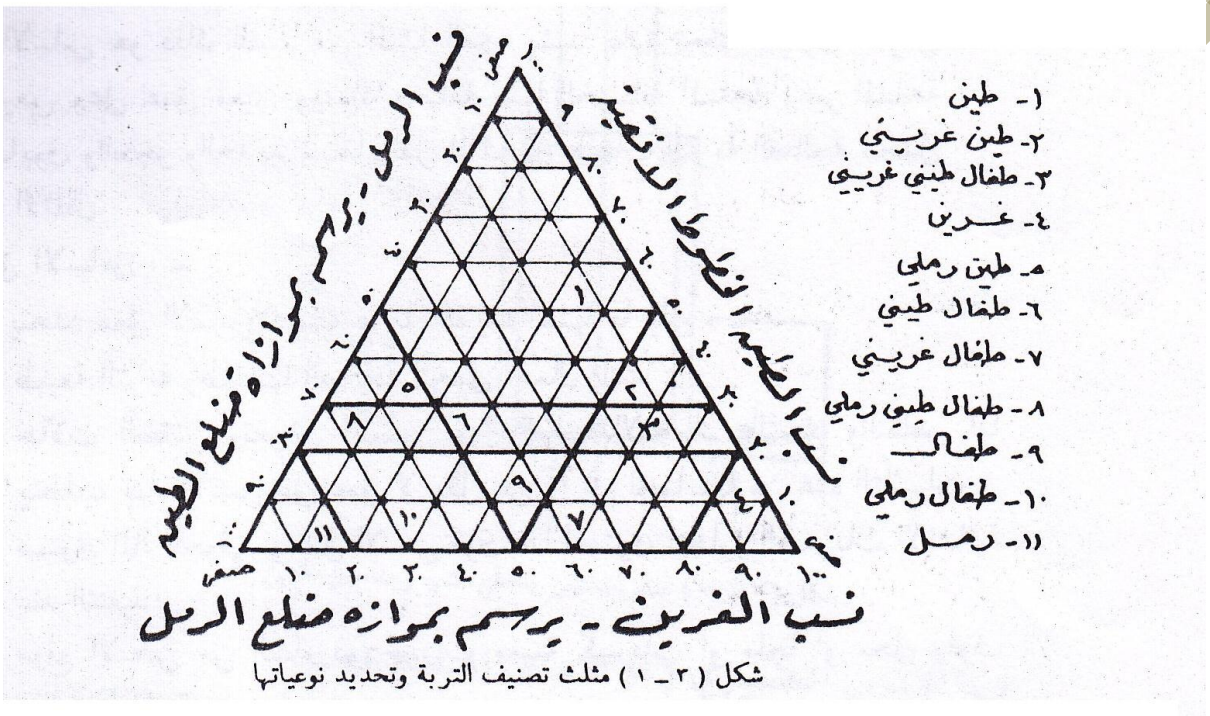
التصنيف حسب نظام معهد ماساتشوستس M. I. T

نوع التربة	حدود القياس	
	الحد الاعلى (ملم)	الحد الادنى (ملم)
رمل خشن	2.0	0.6
رمل متوسط النعومة	0.6	0.2
رمل ناعم	0.2	0.06
غرين حسن	0.06	0.02
غرين متوسط	0.02	0.006
ناعم ناعم	0.006	0.002
طين	اصغر من 0.002	

المهندس نزار جبار العزاوي

2 - نظام التربة الثلاثي :-

تصنف التربة الى نوعيات مختلفة ومن احدى الطرق العامة لتصنيفها هي استعمال مخطط التربة المثلثي حيث تكون نوعية التربة حسب موقع ملتقى الموازيات المرسومة لاضلاع هذا المثلث باحدى النوعيات الاساسية طينية او غرينية او رملية اوبنوعيات متمازجة اخرى .



شكل (٣ ـ ١) مثلث تصنيف التربة وتحديد نوعياتها

3- طريقة النظام التصنيف الموحد :-

اوجد هذا النظام من قبل العالم (كاساغراندي) عام 1942 لحساب نقابة المهندسين الاميركية واطلق علية نظام تصنيف المطارات. ثم اجرى تعديلة من قبل المكتب الاميركي لاستصلاح الاراضي 1946 ، ثم تم تنقيحة من قبل العالم

(كاساغراندي) وعرف باسم نظام التصنيف الموحد وتم اختيار لفحص المواد كطريقة قياسية لتصنيف التربة للاغراض الهندسية يعتمد هذا النظام على حجم الحبيبات التربة وعلى للدونة للتربة .

الرموز او المصطلحات :-

الحصى	G	الرمل	S
الغرين	M	الطين	C
تربة جيدة التدرج	W	تربة رديئة التدرج	P
ذات لدونة عالية	H	ذات لدونة واطئة	L

يعتمدالنظام الموحد على تقسيم التربة الى نوعين رئيسيين:-

1 – التربة ذات الحبيبات الخشنة :-

ويطلق على عينة التربة التي يمر اقل من (50%) منها من منخل رقم (200).

2 – التربة ذات الحبيبات الناعمة :-

ويطلق على عينة التربة التي يمر اكثر من (50%) منها من منخل رقم (200).

ثم يجري تقسيم كل من النوعين بموجب مخطط اللدونة في حين يكون التصنيف الثانوي في التربة الخشنة اكثر اعتمادا على تحليل المنخلي بينما يكون التصنيف الثانوي للتربة الناعمة معتمدا على لدونة التربة ويتم تصنيف التربة الناعمة باستعمال مخطط اللدونة ان هذا المخطط يعتمد على حالة السيولة ودليل اللدونة في تسمية التربة الناعمة فالتربة التي لها حد سيولة اكثر من 50% تسمى عالية اللدونة والتي لها اقل من 50% تسمى واطئة اللدونة وكذلك يتم تسمية التربة اعتمادا على A- Line اذا كان التقاطع فوق الخط فان التربة طينية اما اذا تحت الخط فان التربة غرينية او عضوية .

4 - نظام الطريقة الامريكية ASHTTO

اول من استعمل هذا النظام (1928) لتصنيف التربة لاغراض الطرق في الولايات المتحدة الامريكية ثم اجريت علية عدة تعديلات كان اخرها (1966) وبموجب اخر التعديلات فان هذا النظام يقسم التربة بصورة اساسية الى سبع مجاميع ابتدأمن (A1) وانتهاء الى (A7) مع وجود تقسيمات ثانوية لبعض المجاميع وقد اخذبنظر الاعتبار ان التربة الحاوية على مقادير كبيرة من الحبيبات الناعمة يجب ان تتمييز بدقة اكثر باستعمال دليل المجموعة والذي يعتمد على حد السيولة ودليل اللدونة للحبيبات الناعمة وكلما كان دليل المجموعة عالية كانت التربة اقل جودة .

ان تسلسل ارقام المجموعات يدل على درجة جودة التربة فالترب التي تقع ضمن المجموعة (A1) تتالف من مواد حصوية ورملية ذات تدرج جيد ومقاومة عالية حتى نصل الى التربة ذات النعومة واللدونة العالية والمقاومة الضعيفة ولغرض تصنيف التربة يجب ان تتوفر المعلومات التالية :-

1 – النسب المئوية المارة من من مجموع من المناخل .

2 – النسبة المئوية المارة من منخل رقم 200 .

3 – حد السيولة .

4 – دليل اللدونة .

● دليل المجموعة :- G .I (Group index)

تعتمد على النسب ة المئوية للمواد المارة من منخل رقم 200 وحدود اتربرك للمواد الناعمة ويتم حساب دليل المجموعة حسب المعادلة الاتية :-

$$G.I = [\ (F-35)\ (0.2+0.005\ (L.L-40)\ ]+0.01\ (F-15)\ (P.I-10)$$

F = النسبة المئوية المارة من منخل رقم 200 .

L .L = حد السيولة .

P.I = دليل اللدونة .

ان قيمة دليل المجموعة يجب ان يعبرعنها باقرب عدد صحيح وتوضع بين قوسين الى جانب رقم المجموعة مثلا [A-7-6(3)] اما اذاكانت القيمة سالبة فيجب اعتبارة صفرا وبصورة عامة كلما كان دليل المجموعة عاليا كلما كانت التربة اقل ملائمة لانشاء الطرق .

ألأسبوع الثاني عشر

حركة الماء داخل التربة ونفاذية التربة

هي عبارة عن قابلية التربة لمرور السوائل (الماء)عبر المسامات التي تحتويها والتي تشكل شبكة من القنوات الصغيرة داخل جسم التربة ، وتعتمد نفاذية التربة بدرجة كبيرة على نوعيتها فالتربة الخشنة عالية النفاذية بينما تكون نفاذية التربة الناعمة واطئة جدا، ان اكثر ما تتعرض لة التربة من حيث النفاذية هو جريان الماء بين الحبيبات فقد تكون حركة الماء في الاتجاة الافقي والشاقولي ولهذة الخاصية اهمية كبيرة في كثير من الاعمال والمشاريع الهندسية فقد يؤدي تكرار ارتفاع وانخفاض مستوى الماء الارضي الى تلف الطرق كما ان مرور الماء خلال السدود الترابية الاثر الكبير على سلامتها ومدىالصلاحية على المدى البعيد ، ومن الناحية الاخرى يمتد انضمام تحت الاثقال .

وبالتالي معدل هبوط المنشأت يعتمد بدرجة كبيرة على نفاذية التربة ، وكذلك كمية الماء المترشح الى اسس الابنية اثناء حفرها من مناطق تحت منسوب سطح المياة الارضية ،وبعد معرفة كمية المياة يمكن معرفة نفاذية التربة .

ان مقاومة مرور التربة لجريان الماء تعتمد على العوامل الاتية :-

1 – نوعية التربة .

2 – حجم حبيبات التربة وشكلها (حادة ،كروية) .

3 – كثافة التربة .

4 – حجم وشكل الفجوات الموجودة بين الحبيبات .

5 – درجة حرارة الماء .

اهمية النفاذية في التطبيقات الهندسية :-

1 - تعد النفاذية مهمة جدا في تصميم السدود الترابية وحساب مقدار الماء المتسرب خلال او تحت هذا السد .

2 – ان معرفة النفاذية ضروري للسيطرة على سرعة جريان الماء خلال التربة لمنع انجراف الحبيبات الناعمة والذي يؤدي الى التخلل في كتلة التربة .

3 – يعتمد معدل هبوط الابنية والمنشأت بدرجة كبيرة على نفاذية التربة التي تشيد عليها .

4 – ان حساب مقاومة القص في التربة وقوة تحملها يتطلب معرفة النفاذية لكي تكون الفحوصات تحت ضروف تسمح بتصريف حر للماء من الفجوات الترابية لتجنب تولد الضغط الماء المسامي في داخل الفراغات قد يعطي نتائج غير حقيقية .

جريان الماء في التربة :-

يحدث جريان الماء خلال مسامات التربة كلما كان فرق في ضغط الماء بين نقطتين فيكون الجريان من النقطة ذات الضغط العالي الى النقطة ذات الضغط الواطىءويكون ذلك الضغط ناتجا من مختلف الفعاليات مثل تخزين الماء في جهة معينة من السد او تخفيض منسوب الماء الارضي لتنفيذاساس منشاء معين وغير ذلك من الاعمال الهندسية الاخرى .

المهندس نزار جبار الغالبي

ألأسبوع الثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر والسادس عشر

قانون دارسي :-

أثبت العالم هنري دارسيمن خلال التجارب التي اجراها ان سرعة الجريان خلال وسط نفاذ تتناسب طرديا مع الانحدار المائي من الجريان الطباقي .

ويمكن التعبير عن العلاقة بين السرعة والنفاذية كما يلي :-

$$V \alpha i$$

$$V = ki$$

$$i = h/L$$

$$V=k\ (h/L)$$

اما اذا كان جريان الماء خلال مقطع ذو مساحة معينة فان التصريف يكون :-

$$Q = A\ V$$

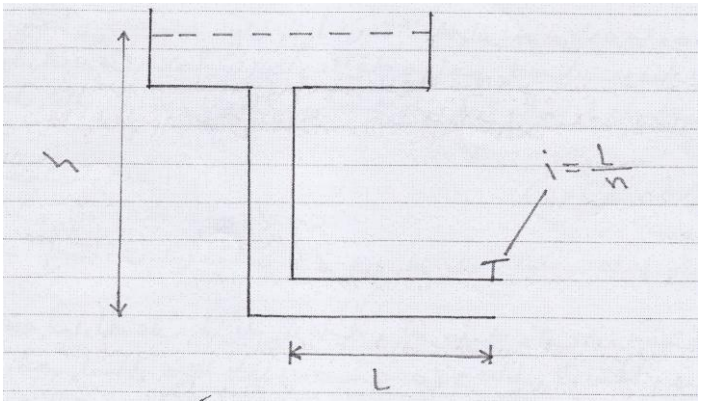
$$Q = A\ k\ (h/L)$$

V= السرعةالجريان المقاسة cm /min

i = الانحدارالمائي بدون وحدات .

K = معامل النفاذية cm /min

Q = التصريف cm^3/min



العوامل المؤثرةعلى النفاذية :-

1- حجم وشكل الحبيبات :- ان نفاذية التربة تزداد بزيادة حجم حبيباتها ، وقد وجد العالم هيزن هذة العلاقة بين النفاذية وحجم الحبيبة .

$$K = 100\ D^2_{10}$$

K= نفاذية التربة cm /min

D= حجم الحبيبة cm

وتعطي هذة المعادلة حساب تقديريلنفاذية المرشح الرملي ذي حجم فعال (D 10) بين 0.1) mm و 0.3) .

2 – نسبة الفراغ :-

ان زيادة نسبة الفراغ او المسامية في التربة يؤدي الى زيادة النفاذية وذلك لسببين

- انها تزيد من المساحة الكلية التي تسمح بالجريان .
- انها تزيد من حجم شبكة القنوات داخل التربة وهو الاكثر اهمية .

3- درجة الحرارة :-

تؤثر درجة الحرارة على كل من وحدة الوزن واللزوجة بينما يكون التاثير قليل على وحدة الوزن وذات تاثير كبير على للزوجة المائع ويتناسب عكسيا معها وبمعنى اخر تقل قيمة اللزوجة بارتفاع الحرارة مما يؤدي الى زيادة النفاذية وتقاس النفاذية عند درجة حرارة 20^o .

4 – ترتيب الحبيبات في بنية التربة :-

تتغيير النفاذية بالنسبة لنفس التربة ذات نفس نسبة الفراغ تبعا لاختلاف طرق الرص والحدل والتي ينتج عنها اختلاف في ترتيب وشكل الفراغات فكلما كانت درجة الرص عالية كانت الحبيبات متقاربة والنفاذية قليلة .

5 – اتجاه الجريان :-

ان اتجاه طبقات التربة لها دورا مهما في تحديد اتجاه الجريان وذلك له تاثير كبير على معامل النفاذية فعندما يكون الجريان باتجاه موازي لطبقات التربة يكون اكبر بكثير مما هو علية في الاتجاه العمودي على الطبقات .

6 – الهواء المحصور والشوائب العضوية :-

ان وجود الهواء المحصور او الشوائب العضوية داخل فجوات التربة يعرقل الجريان للماء فيها وبالتالي يقلل من نفاذيتها ولهذا السبب يجب ان تكون عينات التربة المطلوب حساب نفاذيتها تكون مشبعة بالماء قبل اجراء الفحص عليها .

طرق قياس معامل النفاذية مختبريا

يقاس معامل النفاذية في المختبر بواسطة جهاز قياس النفاذية ويجب ان يجري القياس على عينات غير مخلخلة والسبب في ذلك ان العينات المخلخلة لا تمثل واقع التربة حتى لو وضعت بنفس الكثافة ونسبة الفراغ لان مقدارالنفاذية سيختلف لاسباب اهمها :-

1 – ان ترتيب الحبيبات سيختلف وذلك يؤثر على مسار الماء بينها .

2 – ان خلخلة النموذج تؤدي الى تحطيم المادة الرابطة بين الحبيبات وذلك لة تأثير الكبير على النفاذية .

ان معرفة معامل النفاذية للتربة مهم لبعض اعمال الهندسة المدنية مثل معرفة نفاذية التربة (مقدارحجم الماء النافذ)للسدود الترابية وكذلك هو عامل مهم في معرفة مقدار سرعة هبوط المنشأت المدنية وكذلك عند تبطين تنفيذ السراديب والملاجىء .

يتم قياس النفاذية بطريقتين مختلفتين اعتمادا على نوع التربة ودرجة نفاذيتها

وهما :-

1 – طريقة الارتفاع الثابت (العمود الماء الثابت) .

2 – طريقة ارتفاع الماء المتغير .

1 – طريقة عمود الماء الثابت

ان هذه الطريقة مناسبة للترب غير المتماسكة والتي تكون نفاذيتها عالية وسميت بهذا الاسم لان الفرق بين مستوى الماء قبل دخولة وبعد خروجة منها يبقى ثابتا .

ومن قانون دارسي نستطيع ايجاد معامل النفاذية K من :-

$$Q = KiA = K A h/L$$

$$K = QL/AHt$$

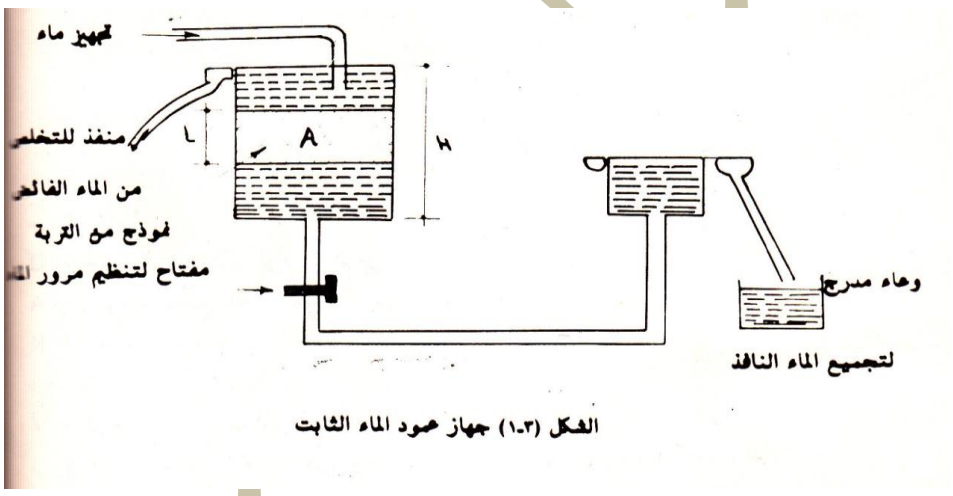
L = طول عينة التربة او طول المسار الذي يقطعة الماء .

A = مساحة المقطع العرضي للتربة .

H = فرق ارتفاع الماء .

Q = حجم الماء الذي يمر خلال النموذج في فترة معينة مقدارها t .

t = الزمن .



الشكل (٣-١) جهاز عمود الماء الثابت

2 - – طريقة عمود الماء المتغير

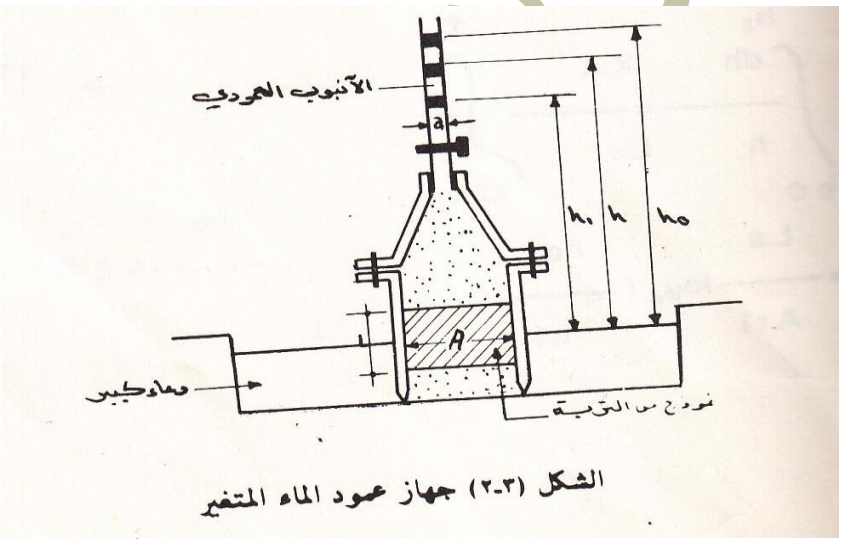
ان هذا الطريقة تستعمل للترب المتماسكة وللترب ذات النفاذية الواطئة وتستعمل فيها نماذج من التربة غير قلقة تجلب الى الموقع بواسطة قوالب خاصة .

ومن قانون دارسي نستطيع ايجاد معامل النفاذية K من :-

$$K = Ln\ (h1/h2)(aL/At)$$

$$K = 2.303\ Log\ (h1/h2)(aL/At)$$

a = مساحة مقطع الانبوب .



الشكل (٣-٢) جهاز عمود الماء المتغير

قياس معامل النفاذية موقعيا :-

غالبا ما تكون النتائج المختبرية لمعامل النفاذية غير دقيقة وذلك يعود بصورة رئيسية لكون العينات التي يتم فحصها لا تمثل حالة التربة الطبيعية لذلك فان المشاريع الهندسية الكبيرة تستوجب قياس معامل النفاذية في الموقع ومن سلبيات الفحوصات الحقلية ارتفاع كلفتها .

طريقة الضخ الى الخارج :-

وتستخدم لطبقات التربة الواقعة تحت مستوى الماء الجوفي ولاجراء الفحص يتطلب الامر حفر بئر يخترق التربة المراد فحصها ويستمر الى الطبقة الغير نفاذة او بعمق يساوي سمك الطبقة المطلوب فحصها ويسمى هذا البئر ببئر الفحص حيث يثبت علية مضخة توربينية كما يتوجب عمل ابار مراقبة في اتجاهين متعامدين احدهما موازي لاتجاة الجريان والاخر عمودي علية ومن الافضل عمل ثلاث ابار للمراقبة وعلى محاور شعاعية بزاوية (120^o) وعلى مسافات متساوية ومناسبة .

تستخدم هذه الابار لمراقبة مستوى الماء الجوفي حيث يتم تثبيت اجهزة قياس مستوى الماء عليها (بيزومترات) وبعد التاكد من ثبوت المستوى الساكن للماء الجوفي يبدأسحب الماء من البئر الفحص بمعدل ثابت ثم يلاحظ هبوط مستوى الماء في ابار المراقبة ويقاس الوقت وكمية الماء التي يتم ضخها .

يمكن حساب معامل النفاذية بالاعتماد على قانون دارسي ان حساب معامل النفاذية في هذة الطريقة يتضمن الافتراضات التالية :-

1- نفاذية التربة متجانسة .

2- جريان الماء نحو بئر الفحص طباقيا ً.

3 – الماء الجوفي ذو مستوى افقي ومدى غير محدود.

4 – يكون انحدار مستوى الماء بعد الضخ قليلا بحيث يمكن الافترض ان الانحدار المائي يساوي انحدار سطح الماء .

5- الماء الجوفي في حالة سكون وليس هناك جريان داخلي في منطقة الفحص .

هناك نوعين من الحسابات تبعا لطبيعة التكوينات الارضية هما:-

1 – التكوينات الحرة (الغير محصورة):-

تحدث هذة الحالة عندما يكون مستوى الماء الجوفي او سطح الماء اعلى من الطبقة الغير نفاذية ويكون سطح حرا والتربة المراد فحصها لها سطح نفاذ طليق اي لاتغطيها طبقة غير نفاذة كما في ادناة :-

$$y = H - h$$

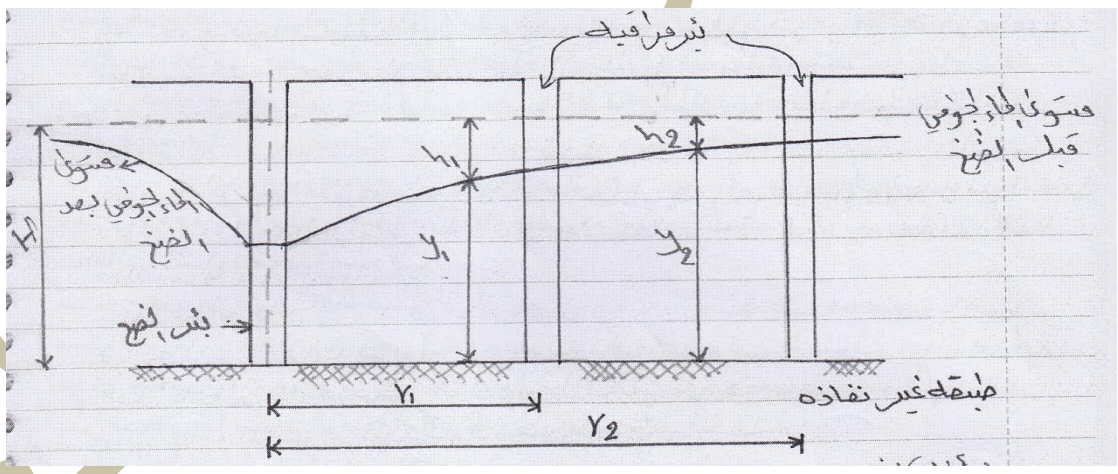
$$K = Q \ Ln (r_1 / r_2) \ / \ (y^2_2 - y^2_1)$$

H = سمك التكوين المائي (الفرق بين الطبقة الغير النفاذة ومستوى الماء الجوفي قبل الضخ)

h = مقدار او الانخفاض في بئر المراقبة بعد عملية الضخ .

y =ارتفاع الماء فوق الطبقة غير النفاذة في بئر المراقبة بعد الضخ .

r =المسافة بين بئر الفحص وبئر المراقبة .



2 – التكوينات المحصورة :-

تحصل هذة الحالة عندما تكون التربة المراد فحصها محصورة بين طبقتين غير نفاذيتين بينما يكون منسوب الماء الجوفي اعلى من مستوى الطبقة المراد فحصها ففي هذة الحالة يفترض ان يكون جريان الماء نحو البئر الفحص على شكل شعاعي وبصورة افقية خلال التربة لانها محصورة بين طبقتين غير نفاذيتية ويمكن قياس معامل النفاذية في هذة الحالة حسب المعادلة التالية :-

$$K = q \, Ln (r_1 / r_2) \,/\, 2 \quad H (y_2 - y_1)$$

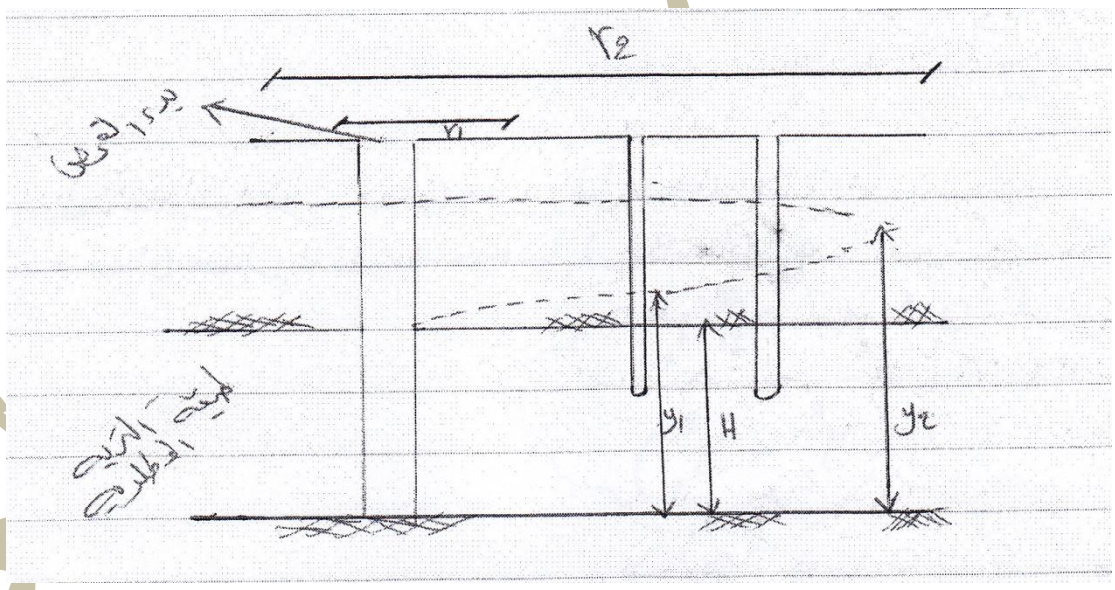
r1 = بعد بئر المراقبة الاول عن بئر الفحص .

r2 = بعد بئر المراقبة الثاني عن بئر الفحص .

y1 = منسوب الماء في بئر المراقبة الاول اثناء الضخ .

y2= منسوب الماء في بئر المراقبة الثاني اثناء الضخ .

H = سمك طبقة التربة المراد فحصها .



شبكة الجريان

هي عبارة عن تمثيل تخطيط لمسار جزيئات الماء خلال كتلة من التربة وبذلك فهي شبكة وهمية تتالف من مجموعتين من الخطوط هما (خطوط الجريان ،وخطوط الجهد المتساوي) عند رسم هذة الشبكة الوهمية يمكن حساب مقدار التسرب الحاصل تحت السدود وغيرها من المنشأت الهدروليكية كذلك يمكن حساب مقدار الدفع نحو الاعلى تحت هذة المنشأت ومقارنتة مع ثقل المنشأت للتاكد من ثبوتيتها . ويعتبر جريان الماء داخل التربة طباقيا وعلية فان جزيئات الماء تتبع مسارا معينا يطلق علية خط الجريان وتتصف هذة الخطوط بانها لاتتقاطع مع بعضها .

خط الجريان

هو عبارة عن مسار جزيئات الماء خلال التربة اثناء تسرب الماء وعلية بان خط الجريان يحدد شكل واتجاه الجريان وبما ان هذة الخطوط لا تتقاطع مع بعضها فان المسافة بين خطين متجاورين يطلق عليها (قناة الجريان).

خطوط الجهد المتساوي

هي عبارة عن خطوط كنتورية لضغط الماء داخل التربة ويعرف خط الجهد المتساوي بانة الخط الواصل بين النقاط داخل التربة ذات الضغط المائي الواحد ، وفي شبكة الجريان تتقاطع خطوط الجريان مع خطوط الجهد المتساوي بزوايا قائمة .

طريقة رسم شبكة الجريان

لغرض رسم شبكة الجريان يجب ان تكون الشبكة محددة اي ان يكون أول واخر خط للجريان وكذلك أول واخر خط للجهد المتساوي معلومات وعادة يعتبر سطح التلامس بين المنشأ المائي هو أول خط جريان بينما يكون أخر خط جريان هو سطح الطبقة غيرالنفاذة للتربة الموجودة تحت المنشأ .

- لغرض رسم أي شبكة جريان يمكن اتباع الخطوات التالية :-

1 – يجب رسم المنشأ بمقياس رسم معلوم بما في ذلك طبقات التربة التحتية .

2 – يتم تحديد خطوط الجريان والجهد المتساوي كما يلي :-

• يعتبرسطح الدخول (الجهه التي يدخل منها الماء) خط الجهد المتساوي الاول (A - K) .

• يعد سطح الخروج (الجهه التي يخرج منها الماء) خط الجهد المتساوي الاخير (D – N) .

• يعتبر محيط المنشأ (خط التلامس بين المنشأ والتربة) أول وأقصر خط جريان (ABCD) .

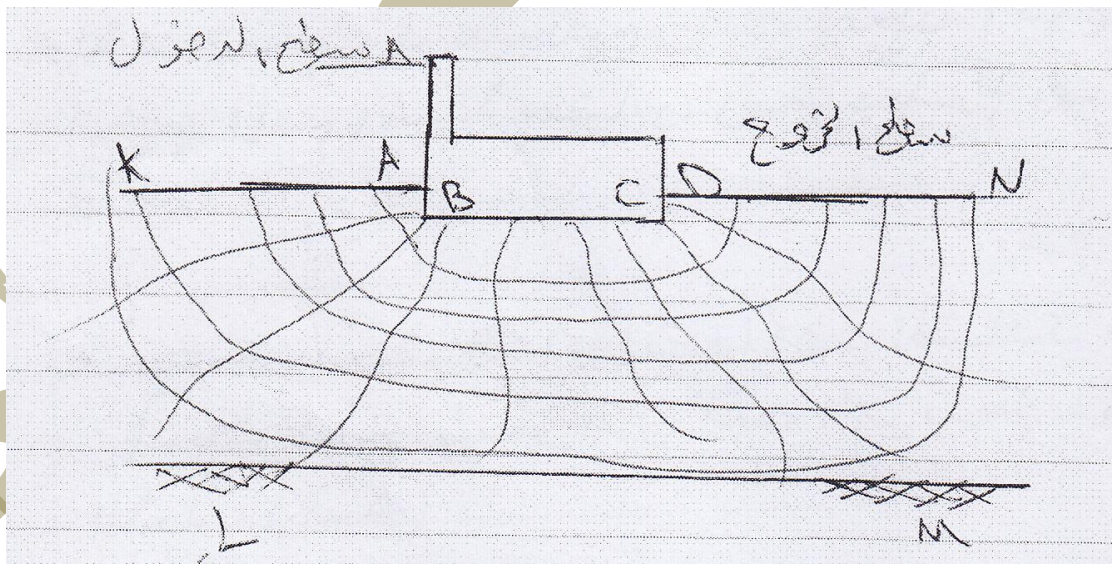
• تعتبر طبقة التربة الغير نفاذة أخر وأطول خط جريان (K L M N) .

3 – يتم رسم خطوط الجريان باتجاة سير الماء أبتدأمن الدخول الى الخروج على شكل منحنيات ذات انسيابية جيدة (غير شديدة الانحدار) مع مراعاة ان تكون المسافة بين خط واخر متساوية قدر المستطاع اما عدد خطوط الجريان تتراوح بين (6, 5) لتكوين (4,5) قنوات جريان .

4 – يتم رسم خطوط الجهد المتساوي بشكل منحنيات متعامدة مع خطوط الجريان .

5 – يجب الحرص على ان تكون المسافات بين خطوط الجهد المتساوي متساوية وبذلك تتكون شبكة من مربعات ذات أبعاد متساوية قدر الامكان .

$$q = K\,h\,(Nf/Nd)$$



الاسبوع العشرون والحادي والعشرون والثاني والعشرون

مقاومة القص في التربة

ان معرفة وتحديد مقاومة القص للتربة يعد امرا اساسيا في مختلف التطبيقات ميكانيك التربة مثل تصميم الاساسات واستقرارية المنشات وتصميم الجدران الساندة لانة وصول الاجهاد المسلط على التربة الى المستوى مقاومة القص لها يؤدي الى حصول ما يطلق علية بفشل التربة والذي يؤدي الى انزلاق جزء من التربة بالنسبة الى ما يحيط بة من كتلة التربة .

ومن ابرز المسائل التي تعتمد على مقاومة القص للتربة هي :-

1- استقرارية المنحدرات الترابية بما في ذلك الحفريات التي تتطلبها اعمال فتح الطرق في المناطق الجبلية .

2- حساب التحميل الاقصى للتربة تحت المنشات .

3- تقدير مقاومة الاحتكاك بين الركائز والتربة المحيطة بها ويمثل ذلك العمودالفقري في تصميم الاساسات العميقة .

السبوع الخامس والعشرون والسادس والعشرون

تقوية التربة وتثبيتها (طرق تقوية وتحسين التربة) :-

تثبيت التربة :-

يقصد بتثبيت التربة تغيير خصائصها الغير المرغوب فيها او تحسينها وجعلها مقبولة للاستخدام في المنشاات والمشاريع الهندسية المختلفة وتظهر الحاجة لذلك في الموقع التي تكون فيها التربة لاتتحمل مقاومة كافية لتنفيذالماريع الهندسية مثل بناء السدود وتشييد الطرق ومهابط الطائرات .

يتضمن تثبيت التربة ما ياتي :-

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي

المهندس نزار جبار الغالبي