



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني / الموصل



الحقية التعليمية

القسم العلمي: تقنيات البيئة والموارد المائية

اسم المقرر: اساسيات ميكانيك التربة

المرحلة / المستوى: الثاني

الفصل الدراسي: الاول

السنة الدراسية: 2024 - 2025



معلومات عامة

اساسيات ميكانيك التربة	اسم المقرر:
تقنيات البيئة والموارد المائية	القسم:
المعهد التقني الموصل	الكلية:
الثاني	المرحلة / المستوى
الاول	الفصل الدراسي:
نظري 1 عملي 2	عدد الساعات الاسبوعية:
3	عدد الوحدات الدراسية:
WRTI249	الرمز:
نظري عملي كلهما ✓	نوع المادة
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	
	اسم المقرر النظير
	القسم
	رمز المقرر النظير
معلومات تدريسي المادة	
د. محمد اكرم سعدي	اسم مدرس (مدرسي) المقرر:
استاذ مساعد	اللقب العلمي:
2023	سنة الحصول على اللقب
دكتوراه	الشهادة :
2017	سنة الحصول على الشهادة
20	عدد سنوات الخبرة (تدريس)

الوصف العام للمقرر

تهدف المادة بصورة عامة الى تعريف الطالب بالتربة من الناحية الهندسية ومعرفة بعض الفحوصات المختبرية والحقلية لايجاد خواصها الهندسية وترصين خبرة الطالب التطبيقية في اعمال تثبيت ورص التربة والمكائن المستخدمة في ذلك

الاهداف العامة

1. أهداف تعلم مقرر دراسي في ميكانيك التربة يمكن أن تشمل مجموعة من الأهداف العامة التي تهدف إلى تأهيل الطلاب لفهم وتحليل سلوك التربة وتطبيق مبادئ ميكانيكا التربة في تصميم وبناء الأساسات والمشاريع الإنشائية. يمكن تلخيص هذه الأهداف كما يلي:
 - ان يحدد ويشرح الطالب الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة، بما في ذلك الخصائص الحبيبية، التماسك، والملمس.
2. تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:
 - ان يحلل الطالب استجابة التربة للأحمال المختلفة وتحديد كيفية توزيعها وانتقالها إلى الأساسات والهياكل.
3. تطبيق مبادئ ميكانيكا التربة في التصميم:
 - ان يطبق الطالب المبادئ الأساسية لميكانيكا التربة في تصميم الأساسات وتقييم استقرار المنشآت.
4. استخدام تقنيات اختبار التربة:
 - ان يطبق الطالب تقنيات وطرق اختبار التربة (مثل اختبار القص، اختبار الانضغاط، واختبارات أخرى) لتحليل خصائصها وسلوكها.
5. فهم تفاعلات التربة مع المنشآت:
 - ان يقيم الطالب كيفية تفاعل التربة مع المنشآت المختلفة، بما في ذلك الأساسات، الجدران الاستنادية، ومنشآت الحفر.

الأهداف الخاصة

1. الأهداف الخاصة لمقرر دراسي في ميكانيك التربة تعنى بتحديد ما يتوقع أن يتقنه الطلاب بنهاية المقرر. يمكن تلخيص هذه الأهداف الخاصة كما يلي:
 - فهم خصائص التربة الأساسية:
 - ان يحدد الطالب ويشرح الخصائص الفيزيائية للتربة، مثل الحجم، الكثافة، والملمس، وكيفية تأثيرها على سلوك التربة.
2. إجراء اختبارات التربة:
 - ان يجري الطالب اختبارات مختبرية وميدانية لتحديد الخصائص الميكانيكية للتربة مثل قوة القص، معامل الانضغاط، ومعامل التمدد.
3. تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:

- ان يحلل الطالب استجابة التربة للأحمال المختلفة، مثل الأحمال الحية والميتة، وتقدير تأثيرها على استقرار الأساسات.
- 4. تصميم الأساسات:
 - ان يصمم الطالب أنواع مختلفة من الأساسات (مثل الأساسات السطحية والعميقة) بناءً على خصائص التربة والأحمال المؤثرة.
- 5. تقييم استقرار التربة:
 - ان يقيم الطالب استقرار التربة وتحليل المخاطر المتعلقة بالانزلاقات الأرضية والهبوط التأسيسي.
- 6. تطبيق مبادئ ميكانيكا التربة:
 - ان يطبق الطالب مبادئ ميكانيكا التربة في حل مشكلات تصميم الأساسات والإنشاءات، مثل تحديد القدرة التحملية للتربة وتوزيع الأحمال.
- 7. تقدير تأثير الرطوبة:
 - ان يقدر الطالب تأثير محتوى الرطوبة في التربة على سلوكها وخصائصها، وكيفية التعامل مع التغيرات في الرطوبة.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- إدارة مشكلات التربة:
- ان يشخص الطالب ويعالج المشكلات المتعلقة بالتربة مثل الهبوط، التورم، والانزلاقات الأرضية.
- تطبيق معايير الجودة والسلامة:
- ان يفهم الطالب وتطبيق معايير الجودة والسلامة المتعلقة بتصميم وتنفيذ الأساسات ومشاريع التربة.
- استخدام البرمجيات الهندسية:
- ان يوظف الطالب البرمجيات الهندسية المتخصصة في تحليل وتصميم التربة والأساسات، مثل برامج النمذجة والمحاكاة.
- التفكير النقدي والتحليلي:
- ان يطور الطالب مهارات التفكير النقدي والتحليلي لتحليل بيانات التربة وتقييم نتائج الاختبارات والتصميمات.
- التواصل الفعال:
- ان يعد الطالب تقارير فنية توضح نتائج الاختبارات وتحليل التربة، والتواصل بفعالية مع الفرق الهندسية والعملاء.
- مواكبة التطورات الحديثة:
- ان يتابع الطالب أحدث التطورات في مجال ميكانيكا التربة والتقنيات الجديدة لتحسين تصميم وبناء الأساسات.
-

المتطلبات السابقة

• يجب على الطالب ان يكون على معرفة بالعمليات الحسابية وحل المعادلات

الاهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية	الية التقييم
ت	فهم خصائص التربة الأساسية:
1	تحديد وشرح الخصائص الفيزيائية للتربة، مثل الحجم، الكثافة، والملمس، وكيفية تأثيرها على سلوك التربة.
2	إجراء اختبارات التربة:
3	إجراء اختبارات مختبرية وميدانية لتحديد الخصائص الميكانيكية للتربة مثل قوة القص، معامل الانضغاط، ومعامل التمدد.
4	تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
المقرر نظري وعملي	1. المحاضرات النظرية والعملية
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.

المحتوى العلمي

تقنيات الموارد المائية

م	ع	ن	عدد الساعات الأسبوعية	النظام مقررات	القسم والفرع العلمي تقنيات البيئة والموارد المائية
3	2	1			
Soil mechanics				المستوى الثاني	مفردات مادة اساسيات ميكانيك تربة
هدف المادة العام .: تهدف المادة بصورة عامة تعرف الطالب بالتربة من الناحية الهندسية ومعرفة بعض الفحوصات المختبرية والحقلية لايجاد خواصها الهندسية وترصين خبرة الطالب التطبيقية في اعمال تثبيت ورص التربة والمكانن المستخدمة في ذلك .					

الأسبوع	المفردات النظرية
2 – 1	تعريف التربة , اصلها وتكوينها وتصنيفها حسب وجودها في الطبيعة (رسوبية , متبقية , دفن) وتمثيل التربة هندسياً .
4 – 3	العلاقات الفيزيائية لمكونات التربة : - العلاقات الحجمية (المسامية , نسبة الفجوات , درجة الاشباع ونسبة الهواء) العلاقات الوزنية (الكثافة الكتلية , الكثافة المشبعة , الكثافة الغاطسة , الكثافة الجافة , الكثافة النسبية) .
5	الوزن النوعي للتربة تعريف الوزن النوعي للتربة , اهميته وعلاقته الفيزيائية مع مكونات التربة .
7 - 6	التحليل الحجمي لدقائق التربة : - (التحليل الخشن باستخدام طريقة المناخل والتحليل الناعم باستخدام طيقة المكثاف) .
8	الربط بين التحليل الخشن والتحليل الناعم (امثلة رياضية محلولة لنماذج تربة) .
9	حدود اتبرك للتربة : - (حد السيولة , حد اللدونه , حد التقلص او الانكماش) .
11 – 10	تصنيف التربة (طريقة النظام الموحد , نظام الطرق الامريكية ASH TTO نظام معهد ماسوشيش , نظام التربة الثلاثي)
12	حركة الماء داخل التربة ونفاذية التربة
14 – 13 15	قانون دارسي , العوامل المؤثرة على النفاذية في التربة , طرق قياس معامل النفاذية مختبرياً (طريقة عمود الماء الثابت والمتغير)

قياس معامل النفاذية موقعياً وعمل مشبك حركة الماء داخل التربة (FLOW NET) رص التربة : فحص بروكتر القياسي , فحص بروكتر المعدل وخطوط نسب الهواء .	
---	--

المصادر :-

الفحوصات الحقلية والمختبرية في ميكانيك التربة والاعمال الترابية 1966 / أعداد مكرم انور الشيخ .
هندسة التربة / حامد السعيدى .
ميكانيك التربة / د . ممتاز حبابة .

"Engineering properties of soils and measurement " , Bowles .J .E; 2nd
edition . 1982

المفردات العملية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
1	الاطلاع على مختبر ميكانيك التربة , التعرف على الاجهزة وتعلم كيفية كتابة التقرير .
2	فحص المحتوى المائي للتربة .
3	فحص كمية المواد العضوية للتربة .
4	ايجاد الوزن النوعي للتربة .
5 - 6	تطبيقات رياضية حول العلاقات الفيزيائية للتربة .
7	فحص التدرج الحبيبي للتربة (التحليل الخشن بأستخدام طريقة المناخل) .
8	فحص التدرج الحبيبي للتربة (التحليل الناعم بأستخدام طريقة المكثاف) .
9	تطبيقات رياضية حول ربط التحليل الخشن والناعم .
10	ايجاد حدود أتربرك (فحص حد السيولة , حد اللدونة وحد الانكماش) .
11	تطبيقات رياضية حول حدود اتربرك وكيفية استخدامها تطبيقات التربة .
12	فحص نفاذية التربة بأستخدام طريقة عمود الماء الثابت .
13	فحص نفاذية التربة بأستخدام طريقة عمود الماء المتغير .
14	فحص بروكتر القياسي .
15	فحص بروكتر المعدل .

الامتحان القبلي

١. ماهو تعريف التربة بصورة عامة ؟
٢. لماذا الاهتمام بموضوع ميكانيك التربة ؟
٣. كيف تتكون التربة ؟
٤. عدد انواع الصخور وما هي صفاتها ؟

الموضوع:- (تعريف التربة _ اصلها وتكوينها _ تصنيفها حسب وجودها في الطبيعة)

■ ما المقصود بالتربة (soil) ؟

للتربة تعاريف عدة كل منها يعتمد على الاساس الذي تعرف التربة لاجله

(١) التربة (من الناحية الزراعية):

هي الطبقة التي يتمكن النبات من النمو فيها (تصلح لانبات النبات).

(٢) التربة (من الناحية الجيولوجية):

هي الطبقة الرخوة الناعمة الناتجة من عمليات التعرية والتجوية الطبيعية والكيميائية والفيزيائية للصخور والغير منقولة من اماكن تكوينها.

(٣) التربة (من الناحية الهندسية):

هي الطبقة الرخوة الناعمة الخارجة من القشرة الارضية والتي تغطي طبقة الصخور بغض النظر ان كانت منقولة او غير منقولة من اماكن تكوينها والتي تستخدم في الاعمال الهندسية .

(لماذا الاهتمام بالتربة)

هنالك عدة اسباب تجعلنا نهتم بدراسة **التربة** منها :-

(١) التربة هي من اهم المواد الاولية المستخدمة في صناعة المواد الانشائية مثل ..

الطابوق الطيني -الطابوق الجيري -السمنتالخ .

(٢) تستعمل كمادة بنائية كما في تبليط الطرق -بناء السدود الركامية .

(٣) تعتبر التربة اساس لكافة انواع المنشاة المدنية كالابنية ،الطرق ، المطارات ،السدود ،حيث ينتقل الثقل المسلط من المنشآت الى طبقة الصخور من خلال التربة. لذا اهتم المهندسون بدراستها والتعرف على خواصها الهندسية .

■ كيف تتكون التربة :-

تتكون التربة نتيجة تفتت صخور طبقة القشرة الارضية نتيجة تعرضها لمؤثرات مختلفة مثل (الامطار ،الثلوج ،الرياح،البراكين ، الانفجارات،امتداد الجذور ، احياء مجهرية ،....الخ من العوامل المؤثرة) .

هذه المؤثرات تدعى عوامل (تجويه) منها الفيزيائية - الكيميائية -والطبيعية .

وهذه الصخور التي تتكون منها التربة تكون على انواع منها : _

(١) الصخور النارية igneous rocks

وهي التي تتصلب من الحمم البركانية المنصهرة ،وتتصلب في باطن الارض او على السطح .وتعد تلك الصخور المصدر الاساسي لبقية الانواع حيث تغطي حوالي ٢٥% من سطح الارض ،ويمثل الصوان granite احد انواع هذه الصخور .

(٢) الصخور الرسوبية sedimentary rocks

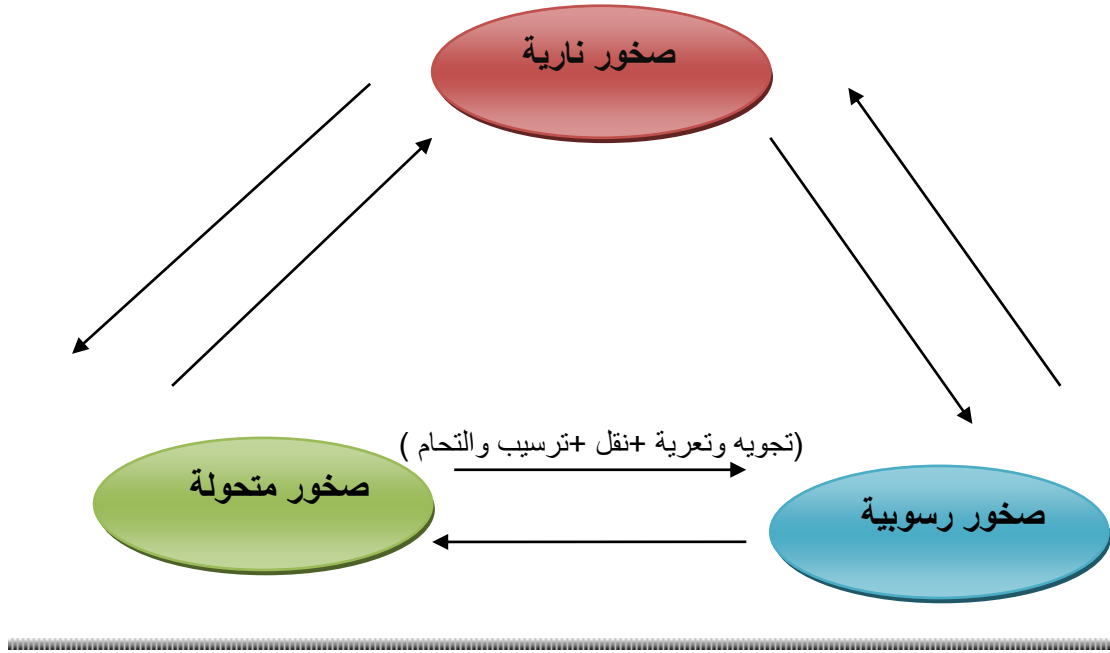
وهي التي ترسبت من صخور اقدم بسبب عوامل التعرية ،وتكون تلك الصخور حوالي ٧٥% من سطح الارض .وتتوزع الصخور الرسوبية على منطقة واسعة في كل العالم .فمثلا جبال الهملايا تتكون من صخور رسوبية ،وغالبية تربة العراق هي تربة رسوبية .ولتلك الصخور اهمية اقتصادية كبيرة وذلك لتواجد المياه الجوفية والنفط والغاز الطبيعي في مساماتها .

(٣) الصخور المتحولة metamorphic rocks

وهي التي تتكون من النوعين السابقين من الصخور او الصخور المتحولة القديمة نتيجة تاثيرها بالضغط والحرارة و المرمر _marble مثال على هذا النوع من الصخور .

ويمثل الشكل (١-١) كيفية تحول احد انواع الصخور الى الانواع الاخرى بتاثير العوامل المختلفة .

شكل (١-١)



■ تصنيف التربة حسب وجودها في الطبيعة

يمكن تقسيم التربة حسب وجودها في الطبيعة ثلاث انواع :-

(١) التربة الغير المنقولة (Residual soil)

وهي التربة الي تتكون بواسطة التجوية الطبيعية (حرارة ،امطار ،....) وتبقى في اماكنها لاتنتقل بعد التكون .

(٢) التربة المنقولة (الرسوبية) (Sedimentary soil)

وهي التربة التي تكونت بفعل عوامل التجوية الكيماوية او الفيزيائية للصخور ثم انتقلت الى اماكن اخرى بطرق مختلفة منها(الماء ،الهواء ،الثلج،الجاذبية

،العوامل الحياتية) بعدها تترسب في اماكن مختلفة كما ان طرق الانتقال هذه تؤثر بالتالي على (شكل الحبيبات shape، حجمها size، تصنيفها texture).

٣) تربة الاملائيات (الدفن) (Fill soil)

وهي التربة التي تتكون بتدخل العامل البشري حيث يختار الانسان نوع التربة التي يحتاجها وتنقل بواسطة عربات خاصة وقد تحدل او تترك كما هي .

■ تركيب التربة

تتكون التربة بصورة عامة من :-

- ١ . دقائق معدنية صلبة (ناتجة من تفتت الصخور)
- ٢ . الماء في مختلف الحالات
- ٣ . الشوائب الغازية (من الجو)
- ٤ . المركبات العضوية (من تفسخ الاحياء)

صفات التربة الطبيعية

التربة من الماد المعقدة التركيب كما ان صفاتها وخصائصها حساسة جدا لاي تغيير يطرا عليها ويمكن تلخيص ذلك بما يلي

- ١ . لاتملك علاقة خطية ثابتة للجهد مع الاجهاد كما في الكونكريت _الحديد ولايمكن التحكم بخواصها كما يحصل مع المواد المصنعة .

- ٢ . يختلف تركيب التربة في المنطقة الواحدة في المواقع المختلفة وفي الاعماق المختلفة .

- ٣ . التربة حساسة جدا لاي اضطراب ناتج عن حدوث اهتزاز مثل (انفجار _هزة ارضية _تسرب ماء _حتى لاخذ النماذج) .

- ٤ . التربة موجودة في منطقة لايمكن مشاهدتها باستمرار ومراقبة خصائصها الا باخذ نماذج واجراء الفحوصات والتي تقسم الى قسمين :-

١. فحوصات للتعرف على نوعية التربة وتصنيفها .
٢. فحوصات للتعرف على خصائص التربة الهندسية .

اولا:- الفحوصات الاولى ويتم التعرف على نوعية التربة وتصنيفها اعتمادا على حجم ذرات التربة والانواع الرئيسية للتربة هي

(الحصى gravel – الرمل sand – الغرين silt – الطين clay).
ثانيا :- اما فحوصات الخصائص الهندسية فتشمل

- | | |
|------------------|--------------------|
| bearing capacity | ١. تحمل التربة |
| cohesion | ٢. تماسك التربة |
| settlement | ٣. الهبوط |
| swelling | ٤. الانتفاخ |
| deformation | ٥. التغير في الشكل |
| | ٦. القص |
| (compaction) | ٧ الرص |
| | ٨. الاندماج |

الامتحان البعدي :-

١. ماهو التعريف الهندسي للتربة ؟
٢. ماهي العوامل التي تؤدي الى تكوين التربة ؟
٣. وضح برسم تخطيطي دورة الصخور في الطبيعة ؟
٤. ماهو تصنيف التربة حسب وجودها في الطبيعة ؟

المحاضرة التاسعة

(حدود اتبرغ)

السؤال القبلي:-

س ١- ماهو تأثير الرطوبة على خواص التربة ؟

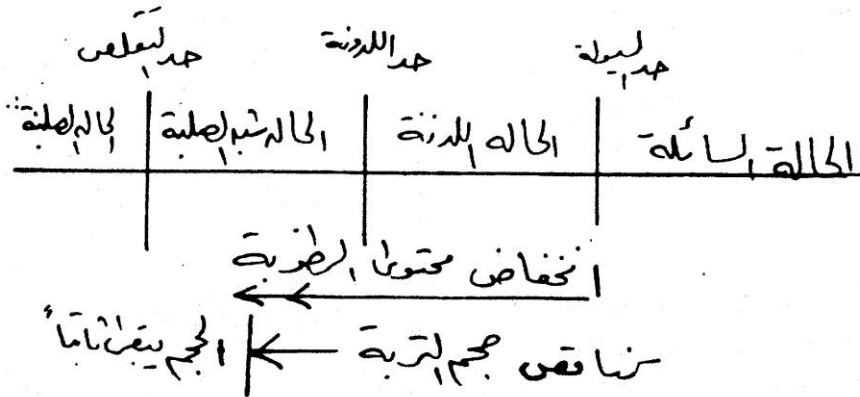
س ٢ - ماهو تأثير زيادة الرطوبة على خواص كل من الطين والرمل ؟

لدونة التربة وحدود اتبرغ

Soil Plasticity & Atterberg's limits

تختلف خواص التربة الناعمة (وخصوصاً الطين) كثيراً باختلاف محتوى الرطوبة ، فيكون الطين بشكل سائل liquid او يكون صلباً جداً (قاسياً - stiff) وذلك اعتماداً على محتوى الرطوبة.

اذا تم مزج التربة بنسبة كبيرة من الماء فانها تكون بحالة سائلة . وعندئذ لا تظهر التربة أية مقاومة ضد المؤثرات الخارجية وتكون مقاومة القص صفراً. واذا تناقص محتوى الرطوبة تدريجياً فان التربة تبدأ بامتلاك بعض المقاومة ، وهكذا تزداد المقاومة مع تناقص الماء. واعتماداً على نسبة الماء الموجودة في التربة فإن هناك حدوداً فاصلة بين حالات التربة تسمى **حدود اتبرغ** Atterberg's limits ، وهي حدود فاصلة بالنسبة لمحتوى الرطوبة خاصة بالتربة المارة من منخل رقم ٤٠ ، وتشمل تلك الحدود كلاً من حد السيولة liquid limit وحد اللدونة plastic limit وحد التقلص shrinkage limit ، والمخطط في الشكل رقم (٤ - ١) يوضح العلاقة بين تلك الحدود.



شكل (٤-١) العلاقة بين حدود اتبرغ للتربة

liquid limit

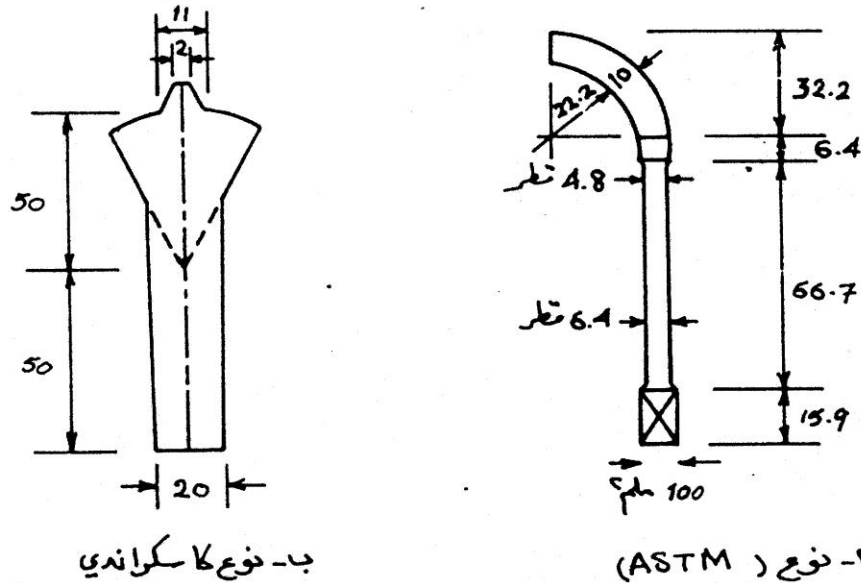
٤-١-١- حد السيولة

وهو محتوى الرطوبة الذي يفصل بين حالة التربة السائلة والحالة اللدنة ، وتظهر التربة هنا مقاومة قص قليلة. ويعرف أيضاً بأنه محتوى الرطوبة الذي يمكن عنده غلق شق قياسي بتلامس جانبيه لعينة تربة موضوعة في صحن جهاز كاسكراندي Casagrande liquid limit device وعندما يتم التلامس بمسافة أكبر من ١٣ ملم وعند ٢٥ ضربة من جهاز الفحص ، ويرمز لحد السيولة بالرمز (LL). تستخدم هنا عينة من التربة بوزن (١٥٠ - ٢٠٠) غم وتمزج مع الماء المقطر حيث يسجل عدد ضربات الجهاز لكل محاولة ، وبحسب محتوى الرطوبة. وتجرى التجربة عادة لاربع محاولات على الأقل. والشكل رقم (٤-٢) يوضح رسماً تخطيطياً للجهاز الفحص.



شكل (٤-٢) جهاز كاسكراندي لفحص حد السيولة

وبعد الفحص مقبولاً اذا كان عدد الضربات التي تم الحصول عليها خلال التجربة بين ١٠ و ٤٠ ضربة لعينات الفحص بمحاولاته الاربع. وتستخدم أداة قياسية لاحداث الشق القياسي في العينة ، والاداة على نوعين وكما موضح في الشكل رقم (٤-٣).

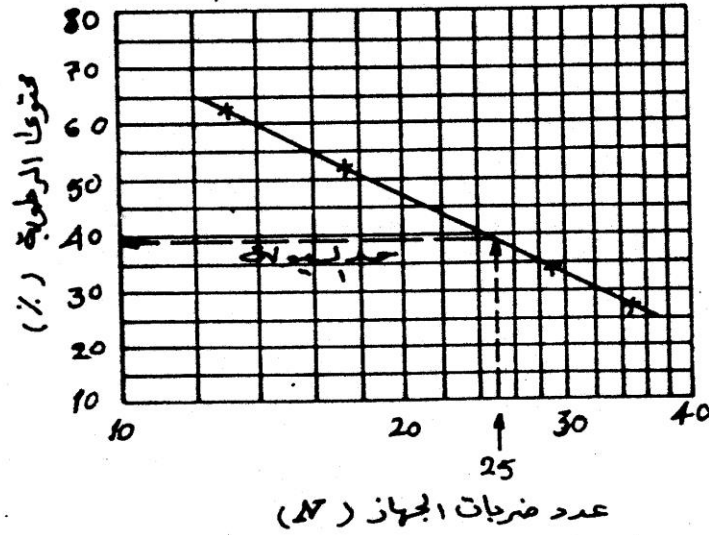


ب- نوع كاسكراندي

٢- نوع (ASTM)

شكل (٤-٣) أداة استحداث الشق القياسية

تثبت قراءات التجربة في جدول وتشمل عدد الضربات N للجهاز ومحتوى الرطوبة W_e المقابل لكل محاولة ، ثم ترسم القراءات على ورقة نصف لوغاريتمية. يتم رسم عدد الضربات على المحور الأفقي وبمقياس لوغاريتمي بينما يرسم محتوى الرطوبة على المحور العمودي وبمقياس طبيعي. وتثبت النقاط التي تم الحصول عليها خلال التجربة ويمرر بها خط مستقيم ويسمى هذا الشكل بمنحني السيولة flow curve وكما في الشكل رقم (٤-٤). ويطلق على ميل الخط المستقيم تسمية دليل السيولة flow index. وبحسب حد السيولة من المنحني وذلك بتقاطع عدد الضربات الذي يساوي ٢٥ ضربة مع الخط المستقيم ثم يسجل محتوى الرطوبة المقابل لها حيث يمثل حد السيولة.



شكل (٤-٤) منحني السيولة

ويمكن استخدام معادلة منظمة الجيش الأمريكي (١٩٤٩ - waterways Experiment station) لحساب حد السيولة من محاولة واحدة فقط في جهاز الفحص وحسب المعادلة التالية:

$$LL = \omega_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \dots (١ - ٤)$$

حيث :

ω_n محتوى الرطوبة

N عدد ضربات الجهاز المقابل لمحتوى رطوبة يساوي ω_n على شرط ان تكون قيم N من ٢٠ الى ٣٠ عند تطبيق المعادلة.

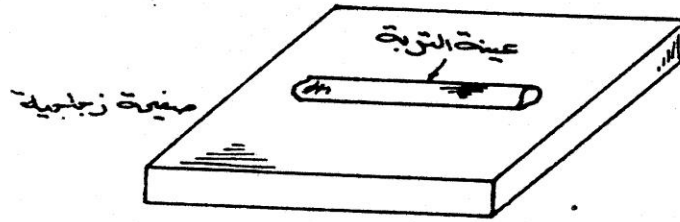
Plastic limit

٤ - ١ - ٢ - حد اللدونة

وهو محتوى الرطوبة الذي يفصل بين حالة التربة اللدنة وحالتها عندما تكون شبه صلبة. وحد اللدونة كقيمة أقل من حد السيولة ، وفي هذه الحالة تمتلك التربة لدونة قليلة. ويعرف حد اللدونة على انه محتوى الرطوبة الذي تبدأ عنده التربة بالتشقق عندما تدحرج على شكل خيط قطره حوالي ٣ ملم. ويرمز لحد اللدونة بالرمز (PL). ويتم حساب حد اللدونة

بدرجة عينة من التربة على صفيحة زجاجية جافة بحيث تصبح العينة على شكل خيط بقطر 3 ملم وإلى أن تبدأ بالتشقق حيث تكون التربة عندئذٍ بمحتوى رطوبة يساوي حد اللدونة.

أما إذا تقطعت خيوط التربة بقطر أقل من 3 ملم فإن محتوى الرطوبة أكبر من حد اللدونة وفي هذه الحالة يجب تجفيف العينة قليلاً بعجنها بين الأصابع عدة مرات ثم إعادة التجربة. وفي حالة تقطع خيوط التربة بقطر أكبر من 3 ملم فإن محتوى الرطوبة أقل من حد اللدونة ويجب إضافة قليلاً من الماء المقطوع وعجن العينة وإعادة التجربة ثانية. والشكل رقم (٤-٥) يوضح كيفية إجراء الفحص.

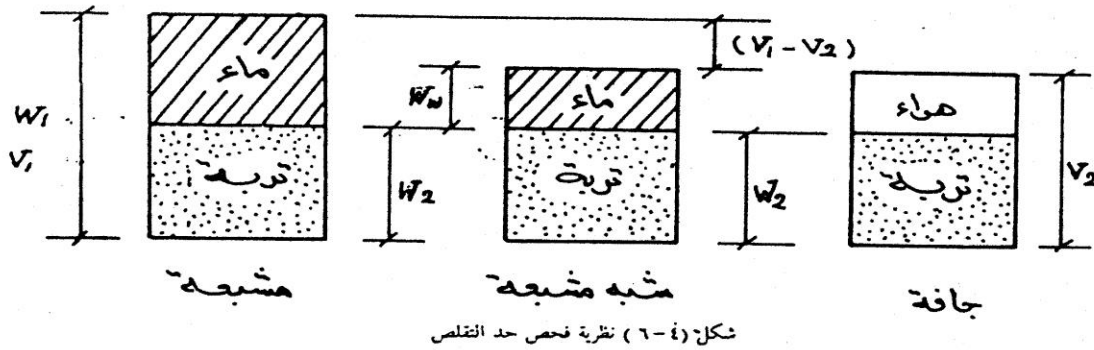


شكل (٤-٥) فحص حد اللدونة

Shrinkage limit

٤-٣-١ - حد التقلص

يعرف حد التقلص بأنه محتوى الرطوبة لعينة من تربة مشبعة لا يحدث بعده نقصان في الحجم بسبب التجفيف. ويتم إجراء الفحص وذلك بقياس وزن وحجم العينة خلال عملية التجفيف، وتستخدم طريقة الازاحة بالترزيق لحساب الحجم. ويمكن تلخيص نظرية الفحص في الشكل رقم (٤-٦)، ويرمز لذلك الحد بالرمز (SL).



شكل (٤-٦) نظرية فحص حد التقلص

ثم يحسب حد التقلص من المعادلة التالية :

$$SL = \frac{(W_1 - W_2) - \gamma_w \times (V_1 - V_2)}{W_2}$$

$$SL = \frac{W_w}{W_2}$$

Plasticity index

١. معامل اللدونة

وهو محتوى الرطوبة الذي تكون عنده التربة لدنة ويساوي الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة ويرمز له بالرمز (PI) ويسمى أيضاً مؤشر اللدونة أو دليل اللدونة :

$$PI = (LL - pL) \dots (٤-٤) \text{ : معامل اللدونة}$$

liquidity index

٢. معامل السيولة

يحدد معامل السيولة حالة التربة بالنسبة لمحتوى الرطوبة الطبيعي ومقارنته بكل من حد السيولة وحد اللدونة ، ويستفاد منه في تحديد قوام التربة consistency ويرمز له بالرمز (LI) :

$$LI = \frac{(W_e - PL)}{PI} \dots\dots (٦ - ٤) \text{ : معامل السيولة}$$

حيث يمثل (W_e) محتوى الرطوبة الطبيعي للتربة. عندما يكون معامل السيولة يساوي (١) فإن محتوى الرطوبة يساوي حد السيولة ، بينما يكون معامل السيولة يساوي (صفر) عندما يكون محتوى الرطوبة يساوي حد اللدونة.

السؤال البعدي :-

- س ١ - أجب (بنعم) أو (لا) وصحح الخطأ أن وجد في كل مما يأتي :
- ١ - قيمة حد السيولة لأية تربة هي أكبر من حد اللدونة.
 - ٢ - للرمل معامل لدونة اكبر من الطين .
 - ٣ - معامل السيولة للتربة يساوي صفر عندما يكون محتوى الرطوبة لها يساوي حد اللدونة .
 - ٤ - حد السيولة هو محتوى الرطوبة الذي يمكن عنده غلق شق قياسي لعينة من التربة في جهاز فحص حد السيولة وعند ١٥ ضربة من الجهاز .

١- احسب معامل اللدونة لترية ناعمة ذات حد سيولة ٢٢٪ وحد لدونة ٩٪ ، ثم عين حالة تماسكها اعتماداً على الجدول رقم (٤-٦) .

الحل

معامل اللدونة (PI) = حد السيولة (LL) - حد اللدونة (PL)

$$PI = (22\% - 9\%)$$

$$PI = 13\%$$

ومن جدول (٤-٦) يتبين بان التربة متماسكة .

٢- تربة طينية لها حد سيولة ٦٠٪ وحد لدونه ٢٥٪ ، فاذا كان محتوى الرطوبة يساوي ٣٥٪ احسب معامل اللدونة ومعامل السيولة .

الحل

معامل اللدونة = حد السيولة - حد اللدونة

$$PI = (25\% - 60\%)$$

$$PI = 35\%$$

$$\text{معامل السيولة} = \frac{W_c - PL}{PI}$$

$$LI = \frac{(35\% - 25\%)}{35\%}$$

$$LI = 0,29$$

٣- اثناء تجربة حد السيولة لترية طينية سجلت المعلومات التالية :

محتوى الرطوبة (%)	٣٥	٤٦	٦٥	٨٢
عدد ضربات الجهاز	٣٩	٣٢	٢٢	١٦

احسب مايلي

١. حد السيولة من الرسم .

٢. دليل السيولة .

٣. معامل اللدونة ، اذا علمت بان حد اللدونة يساوي ٢٨٪ .

- الحل
١. يرسم منحنى السيولة ويحسب حد السيولة من الرسم في الشكل (٤-١٣) : (LL) حد السيولة = ٥٨% .
٢. يمثل دليل السيولة (FI) ميل منحنى السيولة في الشكل (٤-١٣) :

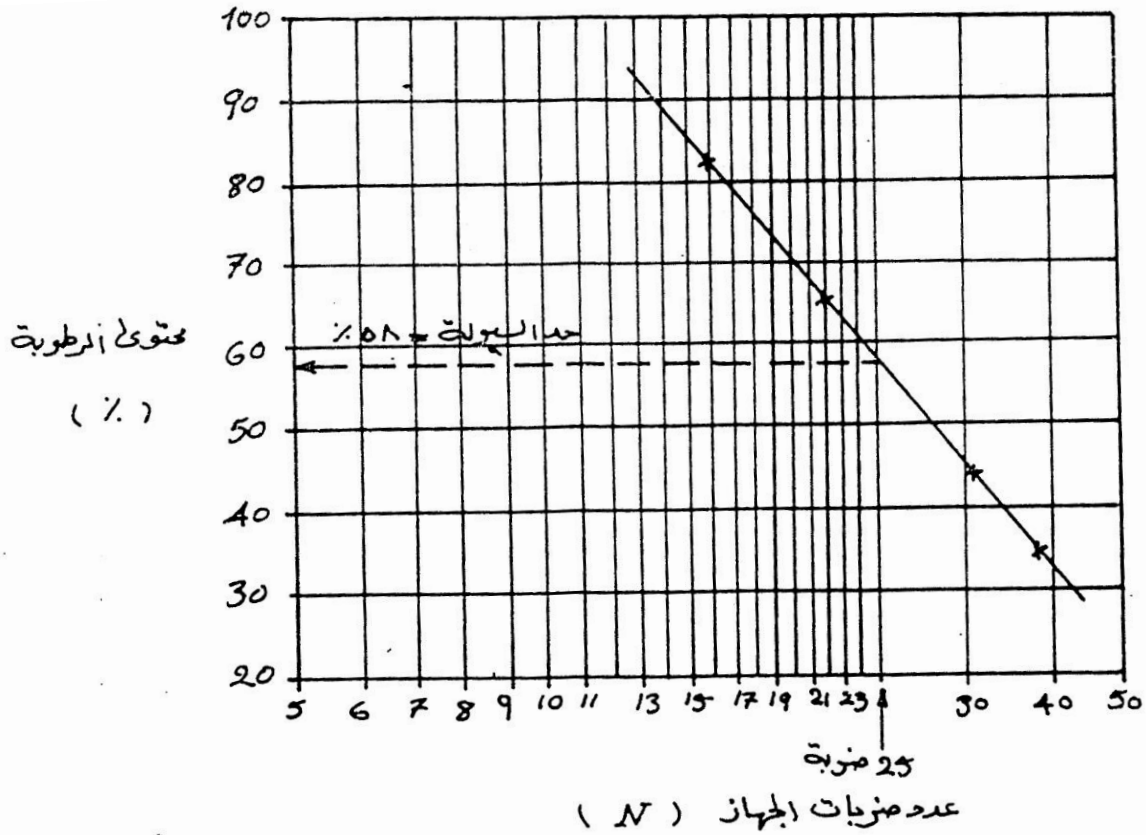
$$\text{دليل السيولة} = \frac{(\%٨٢ - \%٣٥)}{(\text{لوغاريتم } ٣٩ - \text{لوغاريتم } ١٦)}$$

$$FI = ١٢١,٤٦\%$$

٣. معامل اللدونة (PI) = حد السيولة (LL) - حد اللدونة (PL) .

$$PI = (\%٢٨ - \%٥٨)$$

$$PI = ٣٠\%$$



نفاذية التربة

يمكن تعريف نفاذية اي مادة بانها مدى سهولة مرور الموائع خلال تلك المادة ويتم ذلك عبر الفجوات التي تحتويها المادة والتي تكون عادة متصلة مع بعضها

نفاذية التربة: عبارة عن قابلية التربة لامرار السوائل عبر المسامات التي تحتويها والتي تشكل شبكة من القنوات الصغيرة داخل جسم التربة تعتمد بدرجة كبيرة على نوعيتها فالتربة الخشنة عالية النفاذية بينما تكون التربة الناعمة كالطين ذات نفاذية واطنة جدا .

العوامل المؤثرة على نفاذية التربة :

- ١- حجم الحبيبات: تزداد نفاذية التربة بزيادة حجم الحبيبات وذلك لزيادة حجم الفراغات الموجودة في كتلتها.
- ٢- نسبة الفراغات : تزداد نفاذية التربة بزيادة نسبة الخلل (اي الفراغات):
- ٣- خواص الماء النافذ: تتأثر النفاذية بتغير كثافة الماء ولزوجته حيث تزداد النفاذية بزيادة الكثافة وتقل بزيادة اللزوجة .
- ٤- ترتيب حبيبات التربة : تختلف نفاذية التربة بالاتجاهين الافقي والعمودي نتيجة لاختلاف ترتيب الحبيبات كما تتغير النفاذية عند تخلخل التربة .
- ٥- وجود الهواء والمواد العضوية : ان وجود الهواء والمواد العضوية في فراغات التربة تعمل علي اعاقه مرور الماء وتقليل النفاذية .
- ٦- درجة الاشباع : تزداد نفاذية التربة بزيادة درجة الاشباع وذلك لزيادة الماء في فراغاتها وتناقص الشد السطحي فيها .

قياس النفاذية

يتم قياس النفاذية للتربة بعدة طرق وتشمل

١- طرق مختبرية وتشمل

أ- طريقة شحنة الماء الثابتة .

ب- طريقة شحنة الماء المتغيرة .

٢- طرق قياس النفاذية في الموقع وتشمل حالتين :

أ- الممكن المائي المحصور . ب- الممكن المائي الغير محصور .

المحاضرة الثالثة

الامتحان القبلي:

١. المقصود بمسامية التربة، نسبة الفراغات، درجة الاشباع؟

مكونات التربة والعلاقات الفيزيائية بينها Soil Constituents & their Physical relations

٢- ١- حالات التربة

تتكون كتلة التربة من ثلاثة عناصر هي:

Solid

١. المادة الصلبة

وتشمل حبيبات التربة Soil grains المكونة من معادن صخرية اضافة الى المعادن الطينية. ويدخل ضمن المادة الصلبة ايضاً الماء الرابطة بين الحبيبات وكذلك المواد العضوية اذا كانت موجودة.

liquid

٢. المادة السائلة

غالباً ما يمثل الماء الموجود في فراغات التربة المادة السائلة في الكتلة. وقد يوجد النفط او الغاز السائل.

gaseous

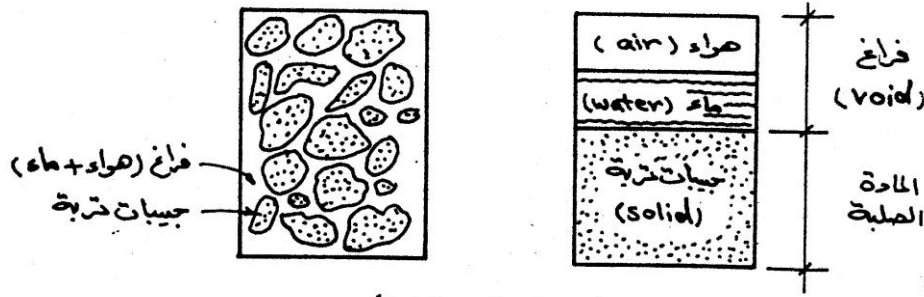
٣. المادة الغازية

وتتضمن الهواء او أي غاز آخر يحتل فراغات التربة غير المشغولة بالماء. والشكل رقم (١-٢) يوضح العلاقة بين المكونات المختلفة لكتلة التربة.



شكل (١-٢) مكونات كتلة التربة

ولفهم العلاقة بين مكونات التربة ووصف حالتها ثم فهم التغيرات التي تطرأ عليها اثناء استخدامها كإداة هندسية يتم تمثيل حالات التربة بيانياً وبصورة مبسطة وكما يوضحه الشكل رقم (٢-٢).



شكل (٢-٢) تمثيل مكونات التربة يائياً

اعتماداً على وجود المكونات الثلاثة للتربة (هواء ، ماء ، جسيمات التربة) ونسبة كل منها ، فان التربة تكون بثلاث حالات وكمايلي :-

Natural condition

١. الحالة الطبيعية

تحتوي كتلة التربة في هذه الحالة على الهواء والماء والجسيمات الصلبة. وتسمى تلك الحالة ايضاً بشبه المشبعة او الرطبة ، وهي الحالة العامة للتربة ويمثل الشكل (٢-٢) تلك الحالة.

Saturated condition

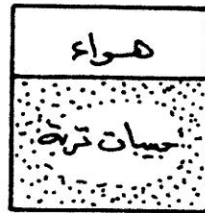
٢. الحالة المشبعة

حيث تكون فراغات التربة في تلك الحالة مشغولة بالماء تماماً ، اي ان تلك الحالة ثنائية اذ تحوي التربة هنا الماء والجسيمات الصلبة فقط وكما يمثلها الشكل رقم (٢-٣-أ).

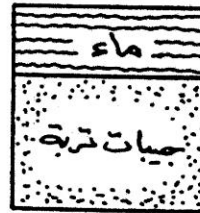
Dry condition

٣. الحالة الجافة

تكون التربة في تلك الحالة جافة أي ان فراغاتها خالية من الماء ، وتتكون كتلة التربة في هذه الحالة من جسيمات التربة والهواء الموجود في الفراغات ، ويمثل الشكل رقم (٢-٣-ب) هذه الحالة.



٢-٣-ب- الحالة الجافة

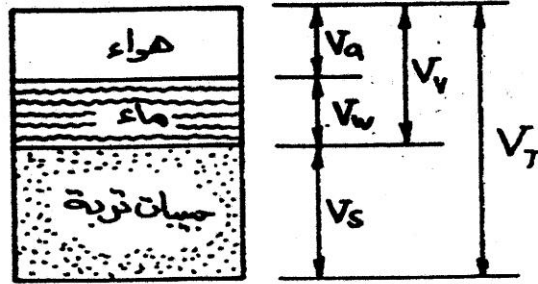


٢-٣-أ- الحالة المشبعة

شكل (٢-٣) حالات التربة

٢-٢- العلاقات الحجمية لمكونات التربة

يستخدم التمثيل البياني في الشكل رقم (٢-٤) لفهم واشتقاق العلاقات الحجمية بين مكونات التربة.



شكل (٢-٤) تمثيل حجم مكونات التربة بيانياً

حيث:

V_T الحجم الكلي للتربة

V_v الحجم الكلي لفراغات التربة (ماء + هواء)

V_s حجم جسيمات التربة (المادة الصلبة)

V_a حجم الفراغات الهوائية في التربة

V_w حجم الفراغات المملوءة بالماء فقط (حجم الماء الموجود في الفراغات الهوائية)

ومن ذلك نستنتج مايلي :-

$$V_T = V_v + V_s \quad \text{..... (٢-١)}$$

$$V_v = V_a + V_w \quad \text{..... (٢-٢)}$$

وتشمل العلاقات الحجمية لمكونات التربة مايلي :-

porosity

٢-٢-١- المسامية

وهي النسبة بين الحجم الكلي للفراغات الموجودة في التربة الى الحجم الكلي للتربة ، ويرمز لها بالرمز (n) وتساوي:

$$n = \frac{V_v}{V_T} \times 100 \% \quad \text{..... (٢-٣)}$$

Void ratio

٢-٢-٢- نسبة الفراغات

وهي النسبة بين الحجم الكلي للفراغات الموجودة في التربة الى حجم جسيمات التربة (المادة الصلبة) ، ويرمز لها بالرمز (e) وتساوي:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100 \% \quad \text{..... (٢-٤)}$$

degree of saturation

٢-٢-٣ - درجة التشبع

وهي النسبة المئوية لحجم الماء الموجود في التربة الى الحجم الكلي للفراغات ، ويرمز لها بالرمز (S) وتساوي:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \% \quad \dots (٢-٥)$$

ويبين الجدول (١-٢) العلاقة بين درجة التشبع وحالة التربة.

جدول (١-٢) وصف حالة التربة اعتماداً على درجة التشبع

وصف حالة التربة	درجة التشبع (%)
جافة (dry)	صفر
ندية (damp)	صفر - ٢٥
رطبة (moist)	٢٦ - ٥٠
رطبة جداً (very moist)	٥١ - ٧٥
مبتلة ، مبلولة (wet)	٧٦ - ٩٩
مشبعة (saturated)	١٠٠

air content

٢-٢-٤ - المحتوى الهوائي

وهو النسبة المئوية لحجم الهواء الى الحجم الكلي للتربة ، ويرمز له بالرمز (A) وتساوي:

$$A = \frac{V_a}{V_T} \times 100 \% \quad \dots (٢-٦)$$

٢-٢-٥ - العلاقة بين مسامية التربة ونسبة الفراغات

$$\text{من المعادلة (٢-٣): } n = \frac{V_v}{V_T} \times 100 \% \quad \text{المسامية}$$

ومن المعادلة (٢-١): $V_T = V_v + V_s$: الحجم الكلي للتربة وبذلك فان المسامية تساوي:

$$n = \frac{V_v}{V_v + V_s}$$

$$n = \frac{V_v}{V_v + V_s} \times \frac{V_s}{V_s} \times 100 \%$$

$$n = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{1}{V_s} (V_v + V_s)} \times 100 \%$$

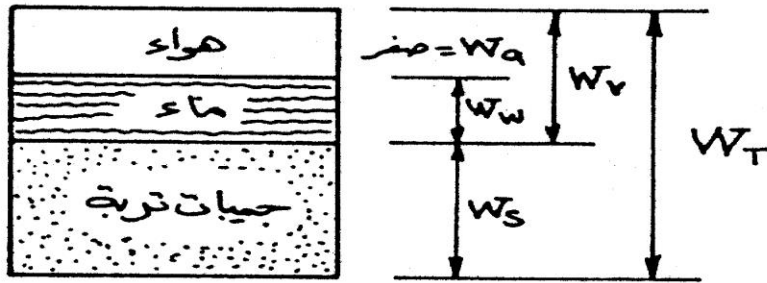
$$n = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\left(\frac{V_v}{V_s} + \frac{V_s}{V_s} \right)} \times 100 \%$$

ومن ملاحظة المعادلة (٢-٤): $e = \frac{V_v}{V_s}$ نسبة الفراغات
فان المسامية تساوي:

$$n = \frac{e}{(1 + e)} \times 100 \% \quad \dots (٢-٧)$$

٢-٣ - العلاقات الوزنية لمكونات التربة

يتم ملاحظة الشكل رقم (٢-٥) لايجاد وتوضيح العلاقة الوزنية بين مكونات التربة.



شكل (٢-٥) تمثيل أوزان مكونات التربة بياناً

حيث:

W_T الوزن الكلي للتربة

W_s وزن حبيبات التربة (المادة الصلبة)

W_w وزن الماء الموجود في فراغات التربة

ويهمل وزن الهواء لان قيمته قليلة جداً ومن ذلك نستنتج:

$$W_v = W_w \dots (٢-٨) \text{ (وزن فراغات التربة)}$$

وبذلك فان الوزن الكلي للتربة يساوي:

$$W_T = W_s + W_w \dots (٢-٩)$$

وتشمل العلاقات الوزنية لمكونات التربة بمايلي:

الامتحان البعدي

١. نموذج من التربة له نسبة فجوات مقداره $(0,3)$ جد مسامية التربة ؟
٢. اذا كانت مسامية التربة $(0,38)$ جد نسبة الفجوات في التربة ؟
٣. الوزن النوعي لتربة $(2,6)$ ونسبة الخلل $(0,6)$ فاذا كانت كثافة التربة الرطبة $(17,5 \text{ كيلونيوتن/م}^3)$ احسب درجة الاشباع ، ومسامية التربة ؟

المحاضرة الرابعة

الامتحان القبلي:-

١. المقصود بكثافة التربة ؟
٢. هل تتساوى كثافة الترب المختلفة ؟
٣. هل تختلف كثافة التربة إذا اختلفت حالتها ؟
٤. ماهي حالات التربة ؟

Water content

٢-٣-١ - محتوى الرطوبة

وهي النسبة بين وزن الماء الموجود داخل فراغات التربة الى وزن حبيبات التربة (المادة الصلبة) ، ويرمز لها بالرمز (W_c) وتساوي:

$$\omega_c = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad \dots (١٠-٢)$$

Grain specific gravity

٢-٣-٢ الكثافة الوزنية لحبيبات التربة الصلبة

وهو نسبة وزن حجم معين من التربة الى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة (٤) درجة مئوية ، ويرمز لها بالرمز (G_s) او γ_{solid} وتسمى ايضاً بالوزن النوعي ، وتكون بغير وحدات dimensionless

$$G_s = \frac{\frac{W_s}{V_s}}{\gamma_w} \quad \dots (١١-٢)$$

الكثافة الوزنية لحبيبات التربة الصلبة (الوزن النوعي)

حيث تمثل γ_w كثافة الماء وهي تساوي ١ غم / سم^٣ او (١٠٠٠) كغم / م^٣ او (١٠) كيلونيوتن / م^٣.

العلاقة بين W_c, G_s, S, e

يلاحظ في المعادلات (٢-٤) و (٢-٥) ان :

$$c = \frac{V_v}{V_s} \times 100 \%$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \%$$

وعند ضرب $s \times e$ تصبح المعادلة :

$$c \times s = \frac{V_v}{V_s} \times \frac{V_w}{V_v}$$

$$c \times s = \frac{V_w}{V_s}$$

$$c \times s = \frac{V_w}{V_s} \times \left(\frac{W_w}{W_v} \right)$$

$$c \times s = \frac{W_w}{V_s} \times \left(\frac{1}{\frac{W_v}{V_w}} \right)$$

وذلك بضرب المعادلة في (W_w)

وقسمتها على نفس المقدار:

وبما ان كثافة الماء $\frac{W_w}{V_w}$ ، فان المعادلة تصبح بالشكل التالي:

$$c \times s = \frac{W_w}{V_s \times \gamma_w}$$

ويضرب المعادلة في (W_s) وقسمتها على نفس المقدار تصبح :

$$e \times s = \frac{W_w}{V_s \times \gamma_w} \times \left(\frac{W_s}{W_s} \right)$$

$$\therefore e \times s = \frac{W_w}{W_s} \times \left[\frac{W_s}{V_s} \times \frac{1}{\gamma_w} \right]$$

ومن ملاحظة المعادلة (٢-١٠) و (٢-١١) الخاصة بتعريف محتوى الرطوبة والوزن النوعي وهي :

$$\omega_c = \frac{W_w}{W_c} \quad \text{و} \quad G_s = \frac{W_s / V_s}{\gamma_w}$$

تصبح المعادلة كالآتي :

$$e \times s = W_c \times G_s$$

٢-٣-٣ كثافة التربة

unit weight of Soil

تعرف الكثافة بانها وزن حجم معين من التربة ، وتعتمد قيمة الكثافة على حالة التربة ، ~~وهي الكثافة الوزنية للتربة~~ (٢) ويجب ان تفرض عن الكثافة الكتلية (ρ) وتشمل مايلي :

١. الكثافة الوزنية الرطبة

Wet unit weight

وهي نسبة الوزن الكلي للتربة الى حجمها ، ويرمز لها بالرمز (γ_m) وتساوي :

$$\gamma_m = \frac{W_T}{V_T} \dots (٢-١٢) \quad \text{الكثافة الرطبة}$$

ومن المعادلة (٢-١) : $V_T = V_v + V_s$: الحجم الكلي للتربة

ومن المعادلة (٢-٩) : $W_T = W_s + W_w$: الوزن الكلي للتربة
وبذلك فان الكثافة الرطبة تساوي :

$$\gamma_m = \frac{W_s + W_w}{V_v + V_s}$$

$$\gamma_m = \frac{W_s \left(1 + \frac{W_w}{W_s} \right)}{V_s \left(1 + \frac{V_v}{V_s} \right)}$$

من ملاحظة المعادلة (٢-١٠) :

$$\omega_c = \frac{W_w}{W_s}$$

والمعادلة (٢-٤) :

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

وبذلك فان الكثافة الرطبة تساوي :

$$\gamma_m = \frac{W_s (1 + \omega_c)}{V_s (1 + e)}$$

ومن المعادلة (٢-١١) :

$$G_s = \frac{W_s}{V_s} / \gamma_m$$

وبذلك نحصل على :

$$\gamma_m = \frac{G_s (1 + \omega_c)}{(1 + e)} \times \gamma_w \dots (٢-١٣) \quad \text{الكثافة الرطبة}$$

حيث :

γ_m الكثافة الرطبة للتربة كيلونيوتن / م^٣

G_s الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة

ω_c محتوى الرطوبة ويفضل كتابة المعادلة (٢-١٣) بالشكل التالي :

e نسبة الفراغات

γ_w كثافة الماء

$$\gamma_m = \frac{(G_s + s \times e)}{(1 + e)} \times \gamma_w \text{ kN/m}^3 \text{ —}$$

dry unitweight

٢. الكثافة الوزنية الجافة

وهي كثافة التربة عندما تكون جافة اي ان محتوى الرطوبة يساوي صفراً (صفر = W_e) ، ويرمز لها بالرمز (γ_d) ونساوي :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} \dots (٢-١٤) \quad \text{الكثافة الجافة}$$

وبالتعويض في المعادلة (٢-١٣) بقيمة (صفر = W_e) نحصل على :

$$\gamma_d = \frac{G_s}{(1 + e)} \times \gamma_w \dots (٢-١٥)$$

ويمكن كتابة المعادلة (٢-١٥) بالصورة التالية :

$$\gamma_d = \frac{G_s}{(1 + c)} \times \frac{(1 + \omega_c)}{(1 + \omega_c)} \times \gamma_w$$

$$\gamma_d = \frac{G_s (1 + \omega_c)}{(1 + c)} \times \frac{\gamma_w}{(1 + \omega_c)}$$

ومن ملاحظة المعادلة (٢-١٣) تكون الكثافة الجافة :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{(1 + \omega_c)} \quad \dots (٢-١٦)$$

saturated density

٣. الكثافة الوزنية المشبعة

وهي كثافة التربة عندما تكون مشبعة بالماء اي ان درجة التشبع تساوي (١٠٠٪) ، ويرمز لها بالرمز (γ_{sat}) ، ويمكن استخدام المعادلة العامة (٢-١٣) للكثافة الرطبة في حساب الكثافة المشبعة على شرط استخدام محتوى الرطوبة (W_e) عند درجة تشبع (S) تساوي ١٠٠٪ عند التعويض فيها .

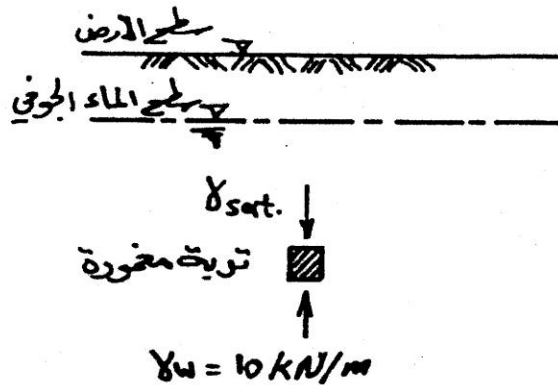
$$\gamma_{sat.} = \frac{G_s + c}{1 + c} \times \gamma_w$$

submerged density

٤. الكثافة الوزنية المغمورة

وهي كثافة التربة عندما تكون مغمورة بالماء اي ان التربة تكون تحت سطح الماء الجوفي . وفي هذه الحالة فان كثافة التربة تساوي الكثافة المشبعة وي طرح منها دفع الماء للاعلى والمتمثل هنا بكثافة الماء (γ_w) ، ويرمز للكثافة المغمورة بالرمز γ_{sub} . واعتماداً على الشكل رقم (٢-٦) فانها تساوي :

$$\gamma_{sub.} = (\gamma_{sat.} - \gamma_w) \quad \dots (٢-١٧)$$



شكل (٢-٦) الكثافة المنسوبة للتربة

Water content

٢-٤-١ - محتوى الرطوبة

يمثل فحص محتوى الرطوبة أحد الفحوصات المهمة في ميكانيك التربة لتعيين حالة التربة بالنسبة لوجود الماء . وتعد قيمة محتوى الرطوبة مهمة ومكتملة للعديد من فحوصات التربة مثل فحص الرص compaction وفحص الانضغاط consolidation وفحص حد السيولة liquid limit وغيرها . وعند القيام بتحريات التربة لموقع مشروع هندسي معين فانه يتم عادة حساب محتوى الرطوبة لتحديد بعض خواص التربة . وبالرغم من كون محتوى الرطوبة أحد أبسط خواص التربة من ناحية القياس فانه من أكثرها أهمية . وقد أكد العديد من البحوث ان لمحتوى الرطوبة علاقة واضحة بمقاومة القص للطين المشبع .

يعرف محتوى الرطوبة بأنه النسبة بين وزن الماء الموجود في فراغات التربة الى وزن التربة الجافة . ويتم الحصول على ذلك بتجفيف عينة من التربة في فرن كهربائي بدرجة حرارة (١٠٥) درجة مئوية لمدة (٢٤) ساعة حيث توزن العينة قبل التجفيف وبعده (بعد طرد الماء بالتجفيف) وكما يوضح ذلك الشكل رقم (٢-٧) .



شكل (٢-٧) قياس محتوى الرطوبة للتربة بالتجفيف

ويتم حساب محتوى الرطوبة باستخدام المعادلة التالية :

$$\text{محتوى الرطوبة (\%)} = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100\%$$

$$W_c = \frac{W_3 - W_2}{W_1 - W_3} \times 100\% \quad (٢-١٨)$$

حيث يمثل وزن الماء الفرق بين وزن العينة قبل التجفيف وبعده .

يجب تنظيم درجة حرارة فرن التجفيف وتثبيتها بدقة ، كما يجب القيام بالوزن بدقة ايضاً حيث ، تتغير خواص بعض انواع التربة عند التجفيف بدرجات حرارة عالية مثل التربة العضوية organic soil والتربة الحاوية على الجبس gypsum^(١) .

الامتحان البعدي:-

١. مالفرق بين الكثافة الجافة والكثافة الرطبة للتربة ؟
٢. ماهي حالات التربة مستعينا بمخطط توضيحي لكل حالة ؟
٣. عرف محتوى رطوبة التربة ؟
٤. تربة مشبعة كلياً بمحتوى الرطوبة فيها (٤٠%) الوزن النوعي للتربة (٢,٦٥) جد نسبة الفراغات، المسامية، كثافة التربة في حالة الاشباع ؟
٥. جد الكثافة الجافة والكثافة المشبعة لتربة وزنها النوعي (٢,٦٦) ومساميتها (٣٥%).

المحاضرة الثامنة

تحليل المكثاف

هناك صعوبة كبيرة في إيجاد حجم الحبيبات الناعمة للتربة باستخدام المناخل ، وتعد تلك المواد الناعمة عالقة وقابلة للتسريب ، وعليه يستخدم المكثاف لمعرفة تدرج التربة الناعمة .

يقوم المكثاف بقياس كثافة التربة وذلك بعد مزج وزن معين منها في حجم معين من الماء ثم تسجل قراءة المكثاف مع الوقت ، كما يتم تسجيل درجة حرارة المحلول عند قراءة المكثاف ، وتستمر التجربة حوالي ٤٨ ساعة . هناك نوعان من المكثاف هما (151H) و (152H) وفيما يلي عرض للطريقة من النوع الاول (151H) .

ترسب الحبيبات ذات الحجم الكبير أولاً ، ويمرور الوقت ترسب الحبيبات الأصغر . وتعتمد سرعة الترسب على حجم الحبيبات والوقت ودرجة الحرارة ، ويجري الفحص على المواد المارة من منخل رقم ٢٠ فقط ، ويستخدم قانون ستوكس stock's law لتنظيم علاقة بين وزن الحبيبات وقراءة المكثاف وكثافة الماء بدرجة حرارة معينة وكذلك الكثافة النوعية لذرات التربة . وتتناسب هنا سرعة الترسب مع حجم الذرات العالقة وكثافتها مع الزمن وكما يلي :

$$D = \sqrt{\frac{18 \mu \times Zr}{t \times (\gamma_s - \gamma_w)}} \quad \dots\dots (١-٣)$$

حيث :

μ لزوجة الماء (غم . ثا / سم^٢) وتعتمد على درجة الحرارة ويمكن الاعتماد على الجدول رقم (٣-٢) لثبيت قيمة

μ

Zr قراءة المكثاف بعد التصحيح (سم) .

t الوقت من بداية التجربة وحتى قراءة المكثاف (ثانية) .

γ_s الكثافة الوزنية لحبيبات التربة .

γ_w كثافة الماء (غم / سم^٣) وتؤخذ من الجدول (٣-٢) عند درجات حرارة مختلفة .

ويمكن كتابة المعادلة (١-٣) بدلالة المتغيرين Zr و t فقط وكما يلي :

$$D = K \times \sqrt{\frac{Zr}{t}} \quad \dots\dots (٢-٣)$$

حيث :

$$K = \sqrt{\frac{18 m}{(\gamma_s - \gamma_w)}} \quad \dots\dots (٣-٣)$$

• ان درجة الحرارة المذكورة في تعريف μ و γ_w هي المعدل من البداية وحتى الوقت t . ويتم حساب نسبة المواد المارة من حجم معين مقابل قطر الحبيبة المترسبة (D) كما يلي :

$$N = \frac{G_s}{1000 (G_s - 1)} \times \frac{V}{W_s} \times \gamma_w \times (r - r_w) \times 100\% \quad \dots\dots (٤-٣)$$

حيث :
 V حجم الخليط (تربة + ماء) في الاسطوانة المدرجة ويساوي حجم الاسطوانة (١٠٠٠) سم^٣ عادة اذا استخدمت اسطوانة بهذا الحجم.

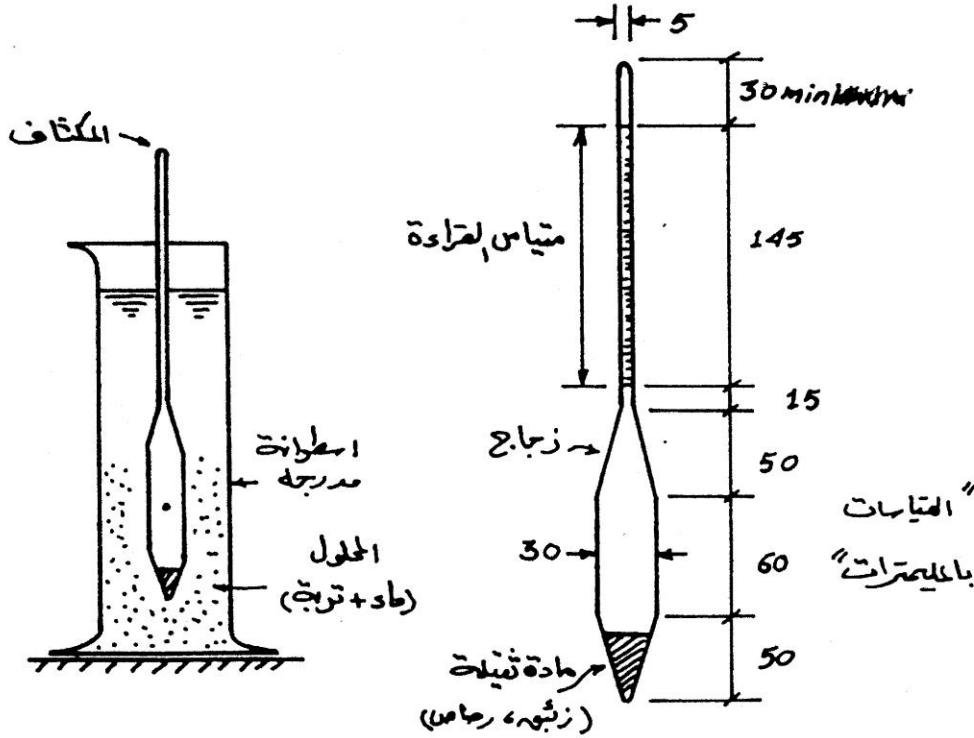
W_s وزن عينة التربة المستخدمة في التجربة ويساوي عادة (٥٠) غم كوزن جاف.

r قراءة المكثاف وتحسب من المعادلة التالية :

$$r = (R_H + 1 - r_w) \dots (٥ - ٣)$$

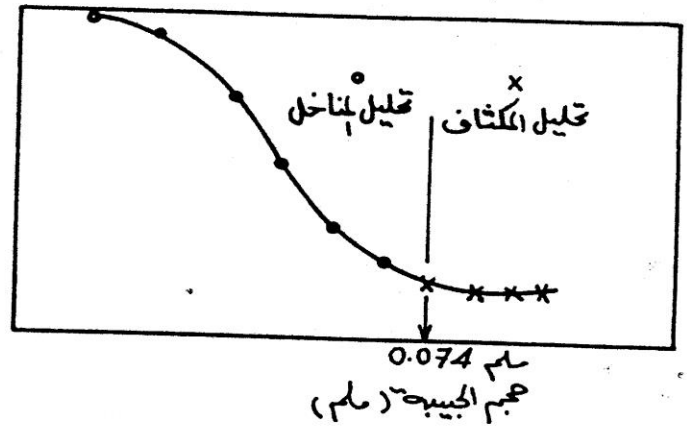
حيث يمثل (R_H) قراءة المكثاف في المحلول عند درجة حرارة معينة.

r_w قراءة المكثاف في الماء المقطر عند درجة الحرارة التي تسجل فيها القراءة (R_H) . يبين الشكل رقم (٣ - ٤) رسماً توضيحياً للمكثاف، كما ان الشكل رقم (٥ - ٣) يبين الفرق بين تحليل المناخل وتحليل المكثاف.



شكل (٣ - ٤) رسم تخطيطي للمكثاف مع المكثاف داخل الاسطوانة.

النسبة المارة (%)



شكل (٥ - ٣) منحنى تدرج حبيبات التربة موضعاً عليه الحد الفاصل بين تحليل المناخل والمكثاف.

جدول (٣-٢) لزوجة الماء μ عند درجات حرارة مختلفة
بوحدة (غم. ثانية / سم^٢ × ١٠^{-٣})

درجة الحرارة (م°)	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠
صفر	١,٨٣	١,٣٤	١,٠٣	٠,٨٣	٠,٦٧
١	١,٧٧	١,٣٢	١,٠٠	٠,٨٠	٠,٦٦
٢	١,٧١	١,٣٠	٠,٩٨	٠,٧٨	٠,٦٤
٣	١,٦٥	١,٢٣	٠,٩٦	٠,٧٧	٠,٦٣
٤	١,٦٠	١,٢٠	٠,٩٣	٠,٧٥	٠,٦٢
٥	١,٥٥	١,١٧	٠,٩١	٠,٧٤	٠,٦١
٦	١,٥٠	١,١٤	٠,٨٩	٠,٧٢	٠,٦٠
٧	١,٤٦	١,١١	٠,٨٧	٠,٧١	٠,٥٩
٨	١,٤٢	١,٠٨	٠,٨٥	٠,٦٩	٠,٥٨
٩	١,٣٨	١,٠٦	٠,٨٣	٠,٦٧	٠,٥٧

النسبة المارة المحسوبة من المعادلة (٣-٤) تستخدم لتحليل المكثاف فقط ، وعند رسم منحنى تدرج الحبيبات باستخدام النتائج المشتركة لفحص المناخل وفحص المكثاف فإن النسبة المارة تصبح كما يلي :

$$N' = N \times m \quad \text{..... (٣-٥)} \quad \text{النسبة المارة (\%)}$$

حيث : N النسبة المارة المحسوبة من المعادلة (٣-٤) .

m النسبة المارة من منخل رقم (٢٠٠) والمحسوبة من فحص المناخل .

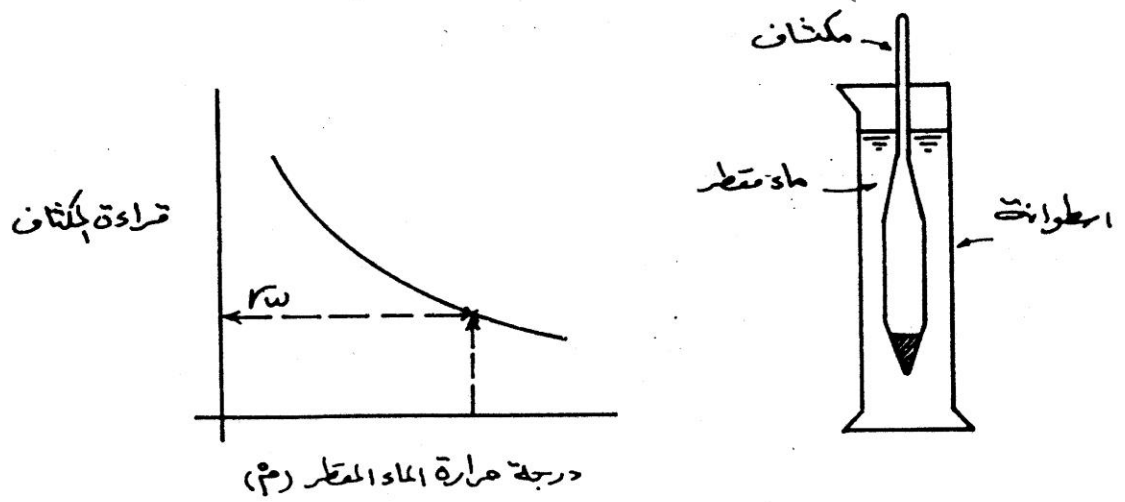
ويتم اجراء الحسابات الخاصة بتحليل المكثاف كما يلي :

١ . تصحيح قراءة المكثاف في الماء المقطر فقط للحصول على قيمة (rw) ، ويتم رسم علاقة بين درجة الحرارة وقراءة المكثاف وكما في الشكل رقم (٣-٦) .

٢ . تسجل قراءة المكثاف في المحلول (ماء + تربة) مع اخذ قراءة لدرجة الحرارة ايضاً في الوقت نفسه ، فتكون قراءة المكثاف (R_{II}) . يجرى تصحيح لتلك القراءة للحصول على القراءة المصححة (r) التي تساوي :

$$r = (R_{II} + 1 - rw) \quad \text{..... (٣-٦)} \quad \text{القراءة المصححة}$$

حيث (rw) قراءة المكثاف في الماء المقطر عند درجة الحرارة نفسها التي تؤخذ عندها القراءة (R_{II}) في المحلول . ونحصل على (rw) من الشكل (٣-٦) .

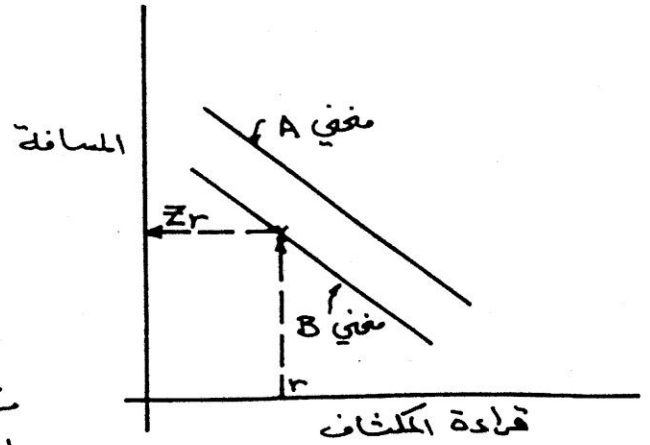
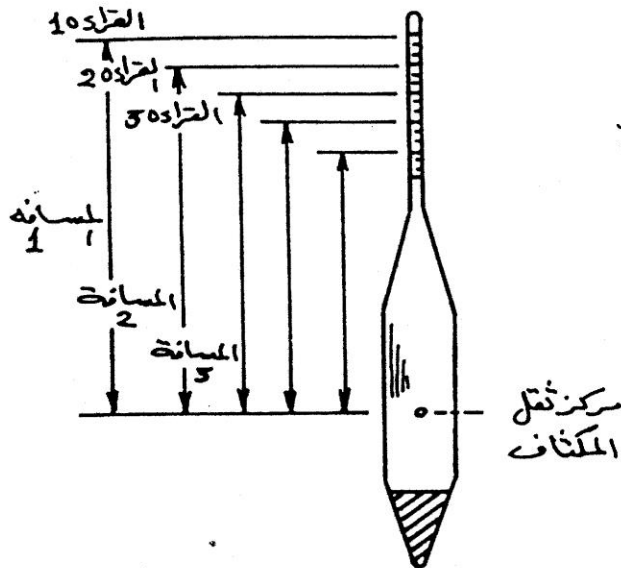


شكل (٣-٦) تصحيح قراءة المكثاف بالنسبة لدرجات الحرارة في الماء المقطر.

٣. يجري تصحيح لمركز ثقل المكثاف وذلك لأن مركز الثقل يتغير عند غمس المكثاف في الماء أو المحلول ، ويتم ذلك التصحيح بوضع المكثاف على ورقة كبيرة حيث يثبت مركز ثقله عليها ثم تؤخذ قراءة للمكثاف مع قياس المسافة من مركز الثقل ولحد القراءة المسجلة وهكذا تسجل قراءتان على الأقل . ويتم رسم علاقة بين قراءة المكثاف والمسافة بين مركز ثقله ونقطة القراءة وكما في الشكل رقم (٣-٧) ، ويلاحظ مايلي :

$$أ- (٣-٧) \dots [\frac{H}{2} - (A) \text{ المنحني}] = (B) \text{ المنحني}$$

ب- يستخدم المنحني (A) لأول (٤) قراءات للمكثاف في المحلول فقط أي عند الاوقات : $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، ١ ، ٢ دقيقة ، بينما يستخدم المنحني (B) لباقي القراءات لأن المكثاف يغمر في المحلول قبل وقت القراءة بقليل .



شكل (٣-٧)

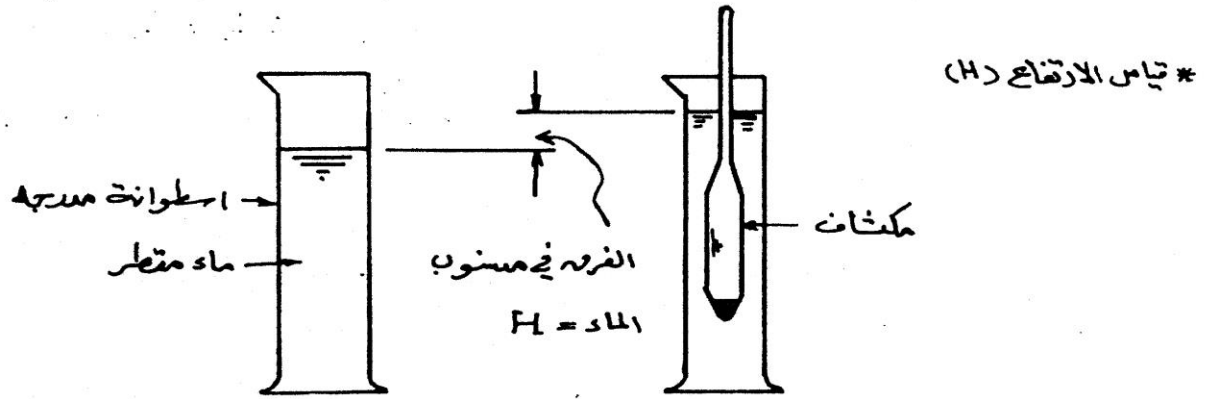
أ. العلاقة بين قراءة المكثاف والمسافة بين مركز الثقل ونقطة القراءة .

ب. تسجيل قراءة المكثاف مع المسافة بين مركز ثقله ونقطة القراءة .

ج. قياس الارتفاع (H) المطلوب في المادة (٣-٧) .

ج - يتم قياس الارتفاع (H) الوارد في المعادلة (٣-٧) وذلك بتسجيل حجم الماء قبل غمس المكثاف فيه ويعدده وكما موضح في الشكل رقم (٣-٨).

د - يستخدم الشكل (٣-٨) : (العلاقة بين قراءة المكثاف والمسافة بين مركز ثقله ونقطة القراءة) للحصول على قراءة المكثاف النهائية بعد التصحيح (Zr) وذلك باستخدام القراءة (r) الواردة في المعادلة (٣-٦) وتسجيل (Zr) المقابلة لها وكما في الشكل (٣-٧).



شكل (٣-٨) تصحيح قراءة المكثاف بالنسبة لمركز ثقله للحصول على القراءة النهائية (Zr).

٤ . يتم تنظيم جدول القراءات الخاصة بالتجربة والنتائج المحسوبة منها كما يلي :

التاريخ	الوقت (ثانية)	درجة حرارة المحلول (°C)	قراءة المكثاف في المحلول (R _H)	قراءة المكثاف في الماء المقطر (r _w)	القراءة المصححة (r)	القراءة النهائية (Z _r) سم	لزوجة الماء μ غم. ثا / سم ²	كثافة الماء γ_w غم / سم ³	قطر الحبيبة المترسبة (D) ملم	النسبة المئوية (N)
---------	---------------	-------------------------	--	---	---------------------	---------------------------------------	--	---	------------------------------	--------------------

صفر
١٥
٣٠
٦٠
١٢٠
٣٠٠
٦٠٠
١٢٠٠
١٨٠٠
٢٦٠٠
١٧٢٨٠٠

٣-٣- أهمية تحليل حبيبات التربة

ان تحليل حبيبات التربة ذو أهمية كبيرة في مجالات هندسة الاسس وانشاء الطرق والسدود والقنوات وغيرها وذلك لان خواص التربة وسلوكها يعتمدان كثيرا على حجم حبيبات التربة وطريقة توزيعها ضمن كتلة التربة. كما ان لها أهمية في تصميم المرشحات المستخدمة في انابيب الري والبزل وسحب المياه عند تخفيض سطح المياه الجوفية، وكذلك عند بزل التربة المدفونة بجانب الجدران المسندة. ويمكن فصل التربة الى ناعمة وخشنة اعتمادا على حجم منفذية التربة الخشنة تتناسب طرديا مع حجم معين من حبيباتها.

يمكن التعرف على بعض خصائص التربة عندما يكون تدرج حبيباتها معلوما وتشمل تلك الخواص المنفذية permeability والكثافة وطبيعة التدرج.

يمكن تصنيف التربة اعتمادا على تدرجها الى مايلي:

well – graded soil

١. تربة جيدة التدرج

وهي التربة التي تحوي على كل حجوم الحبيبات تقريبا بحالتها الطبيعية. وهي ذات كثافة عالية ومسامية قليلة، وتكون حجوم الحبيبات هنا نسب شبه متساوية.

poorly – graded soil

٢. تربة رديئة التدرج

وهي خلاف التربة جيدة التدرج، ومنها

uniform soil

آ- تربة منتظمة التدرج

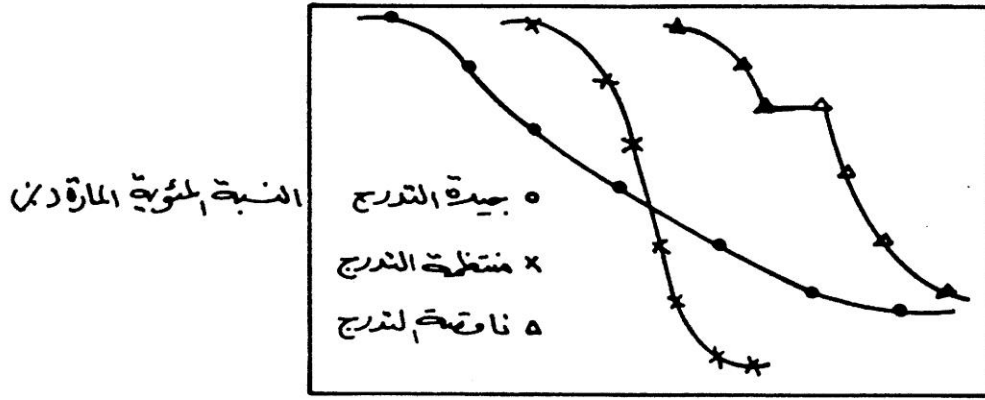
وهي تربة تحوي على حجم واحد تقريبا من الذرات فقط دون غيره مثل الرمل النظيف. وتكون مكونات التربة حاوية على نسبة كبيرة لحجم معين.

gap – graded soil

ب- تربة ناقصة التدرج

وهي التربة الحاوية على كل حجوم الذرات تقريبا ماعدا حجم واحد مفقود مما يسبب عدم استمرارية في منحني تدرج الذرات لتلك التربة. والشكل رقم (٣-٩) يبين منحني تدرج الذرات لكل من تربة جيدة التدرج وتربة منتظمة واخرى ناقصة التدرج.

ويعتمد على منحني تدرج الحبيبات في تصنيف التربة الى جيدة اوردئة التدرج. ويتم ذلك بحساب بعض المعاملات التي تحدد طبيعة تدرج التربة، وهذه المعاملات تشمل:



عجم الجبيج (ملم)

شكل (٣-٩) منحنى تدرج الحبيبات لربة ذات تدرجات مختلفة

coefficient of uniformity

١. معامل الانتظام

ويستخدم لقياس انتظام تدرج التربة ويتم حسابه كما يلي:
معامل الانتظام : $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$... (٣-٨)

حيث تكون التربة جيدة التدرج عندما يكون معامل الانتظام (C_u) اكبر من (٤) للحصى واكبر من (٦) للرمل. بينما تعتبر التربة منتظمة التدرج عندما يكون معامل الانتظام (C_u) اصغر من (٢).

coefficient of gradation

٢. معامل التدرج

ويحسب باستخدام المعادلة التالية:
معامل التدرج : $C_g = \frac{[D_{30}]^2}{D_{10} \times D_{60}}$... (٣-٩)

وتكون التربة جيدة التدرج اذا كان معامل تدرجها (C_g) بين (١) الى (٣).
وتعرف الرموز الواردة في المعادلتين (٣-٨) و (٣-٩) كما يلي وكذلك باستخدام الشكل رقم (٣-٩):
 D_{10} حجم حبيبة التربة المقابل لنسبة مارة تساوي ١٠٪.
 D_{30} حجم حبيبة التربة المقابل لنسبة مارة تساوي ٣٠٪.
 D_{60} حجم حبيبة التربة المقابل لنسبة مارة تساوي ٦٠٪.
وما سبق يتبين بان التربة تكون جيدة التدرج اذا تحقق الشرطان التاليان:

١. للحصى $C_u > 4$

لرمل $C_u > 6$

٢. $C_g > (3-1)$

وخلاف ذلك فان التربة رديئة التدرج.

الامتحان البعدي :-

س ١ - اكمل الفراغات التالية :-

- ١ - تقسم التربة اعتمادا على حجم الحبيبات الى — و —
 - ٢ - يتم فصل التربة الى حجوم مختلفة بأستخدام — و —
 - ٣ - يستخدم المكثاف لفصل الحبيبات — و المناخل —
 - ٤ - تقسم التربة اعتمادا على تدرجها الى تربة — وتربة —
 - ٥ - التربة الجيدة التدرج هي —
 - ٦ - تقسم التربة الرديئة التدرج الى — و —
 - ٧ - التربة الناقصة التدرج هي —
 - ٨ - القطر الفعال هو —
 - ٩ - التربة الناعمة تشمل — و التربة الخشنة تشمل و —
 - ١٠ - تمتاز التربة الجيدة التدرج بكثافة — و مسامية —
- س ٢ - ما الفرق بين التربة الجيدة التدرج والتربة الرديئة التدرج ؟

١- تم اجراء تحليل المناخل لتربة رملية ، تم الحصول على النتائج التالية. بين هل تكون التربة جيدة التدرج ، ام لا ، ولماذا؟

النسبة المارة (%)	حجم الحبيبة (ملم)
١٠	٠,١٠
٣٠	٠,٢٨
٥٠	٠,٤٨
٦٠	٠,٧٠
٩٠	٢,٠٠

الحل

لا حاجة لرسم منحنى تدرج الحبيبات لان القيم المطلوبة في الحسابات واضحة في الجدول. يكون الرمل جيد التدرج. يتحقق الشرطين التاليين:

١. معامل الانتظام C_u اكبر من ٦.
٢. معامل التدرج C_g من ١ الى ٣.

ولذلك نحسب كلا من C_u و C_g وكما يلي:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} : \text{معامل الانتظام}$$

$$C_u = \frac{\text{ملم } ٠,٧٠}{\text{ملم } ٠,١٠}$$

$$C_u = ٧$$

$$C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} : \text{معامل التدرج}$$

$$C_g = \frac{\text{ملم}^2 (٠,٢٨)^2}{(٠,١٠) (٠,٧٠)}$$

$$C_g = ١,١٢$$

ونلاحظ بان $C_u = ٧$ وهي اكبر من ٦ ، وان $C_g = ١,١٢$ والرقم يقع بين ١ و ٣. التربة جيدة التدرج.

- ٢- تربة معينة اجري عليها فحص المناخل حيث استخدمت عينة ذات وزن ٢٠٠ غم . كانت النتائج كما يلي والمطلوب :
- رسم منحني تدرج الذرات.
 - حساب نسب مكونات التربة باعتماد تصنيف منظمة التربة الامريكية.
 - حساب معامل الانتظام والتدرج.
 - تعيين تدرج التربة.

رقم المنخل	حجم فتحة المنخل (ملم)	وزن التربة المتبقية (غم)
رقم ٤	٤,٧٦	صفر
١٠	٢,٠٠	٢,٨٤
٢٠	٠,٨٤	٥,٦٦
٤٠	,٤٢	٤٦,٠٤
٦٠	٠,٢٥	٤٤,٠٠
١٠٠	٠,١٤٩	٢٣,٦٤
١٤٠	٠,١٠٥	١١,٢٦
٢٠٠	٠,٠٧٤	٦٣,١٦
الصحن	—	٣,٤٠

الحل
يكمل جدول الحسابات الخاصة بالتحليل لحساب النسبة المارة:

حجم فتحة المنخل (ملم)	وزن التربة المتبقية (غم)	النسبة المتبقية (%)	النسبة المتجمعة (%)	النسبة المارة (%)
٤,٧٦	صفر	صفر	صفر	١٠٠
٢,٠٠	٢,٨٤	١,٤٢	١,٤٢	٩٨,٥٨
٠,٨٤	٥,٦٦	٢,٨٣	٤,٢٥	٩٥,٧٥
٠,٤٢	٤٦,٠٤	٢٣,٠٢	٢٧,٢٧	٧٢,٧٣
٠,٢٥	٤٤,٠٠	٢٢,٠٠	٤٩,٢٧	٥٠,٧٣
٠,١٤٩	٢٣,٦٤	١١,٨٢	٦١,٠٩	٣٨,٩١
٠,١٠٥	١١,٢٦	٥,٦٣	٦٦,٧٢	٣٣,٢٨
٠,٠٧٤	٦٣,١٦	٣١,٥٨	٩٨,٣٠	١,٧٠
الصحن -	٣,٤٠	١,٧٠	١٠٠,٠٠	صفر

ب. من شكل رقم (٣-١٤) نحسب نسب المكونات وكما يلي :

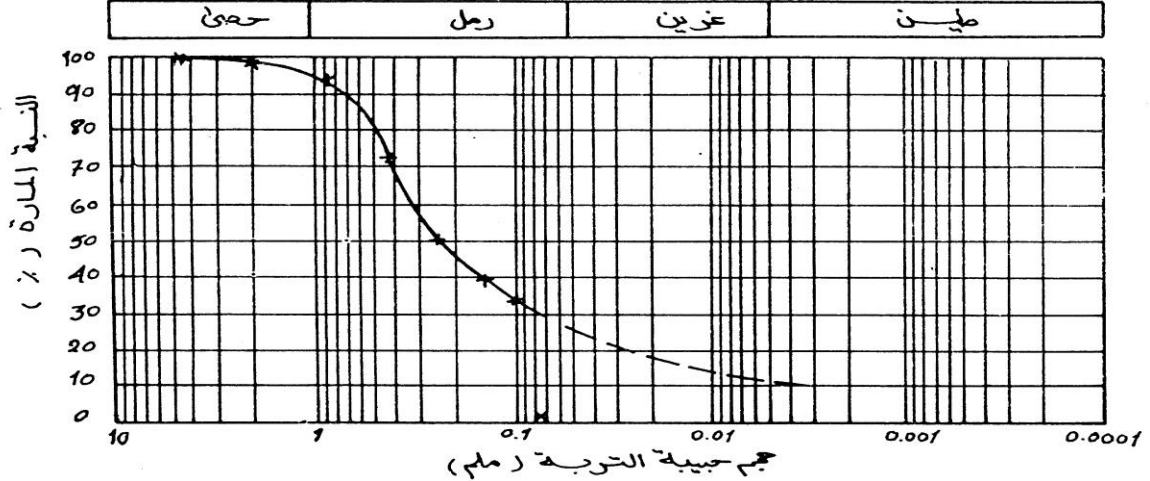
$$\text{الحصى} = \frac{95 - 100}{100} = 5\%$$

$$\text{الرمل} = \frac{26 - 95}{100} = 69\%$$

$$\text{الغرين والطين} = \frac{26 - 26}{100} = 26\%$$

$$\text{المجموع} = 100\%$$

تصنيف منظمة التربة الأمريكية



وعما ان الرمل له اعلى نسبة فتكون التربة رملية.

ج. لحساب معامل الانتظام والتدرج نحسب كلاً من :

$$D_{10} = 0.003 \text{ ملم}$$

$$D_{30} = 0.072 \text{ ملم}$$

$$D_{60} = 0.33 \text{ ملم}$$

من شكل (٣-١٣)

$$\text{معامل الانتظام : } Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.33}{0.003} = 110$$

$$\text{معامل التدرج : } C_u = \frac{[D_{30}]^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{(0.072)^2}{0.33 \times 0.003} = 5.24$$

د. لكي يكون الرمل جيد التدرج يجب ان يكون :

C_u اكبر من ٦.

C_u بين ١ و ٣.

ونلاحظ ان الشرط الاول متوفر لكن الثاني غير متوفر، وعليه فالتربة رديئة

التدرج.

المحاضرة الثانية عشر

الماء والخاصية الشعرية للتربة

وجود الماء في التربة

تتكون كتلة التربة من حبيبات صلبة solid grains وفراغات هوائية air voids وماء يشغل قسماً من الفراغات أو كلها. وتكون التربة في حالة جافة dry اذا كانت الفراغات مملوءة بالهواء فقط بينما تكون في حالة رطبة اذا كان الماء يشغل قسماً من فراغاتها، ويطلق على التربة أسم مشبعة saturated اذا كان الماء يحتل كل الفراغات الهوائية الموجودة.

أن وجود الماء في التربة له علاقة بالكثير من خواصها الهندسية مثل المتفذية وتصميم المرشحات والأنضمام، كما أن تلامس التربة مع الماء يؤثر كثيراً على استقرار المنشآت الترابية مثل السدود والتعليات والمنحدرات. أن تنافذ الماء خلال طبقات الطرق بسبب الأمطار وغيرها يؤدي الى انهيار أو تصدع أجزاء من الطريق، كما أن وجود الماء داخل التربة يساعد في أتمام عملية الرص لغرض الحصول على كثافة عالية للتربة وبالتالي ضمان وجود تربة ذات خواص هندسية جيدة.

Water capillarity

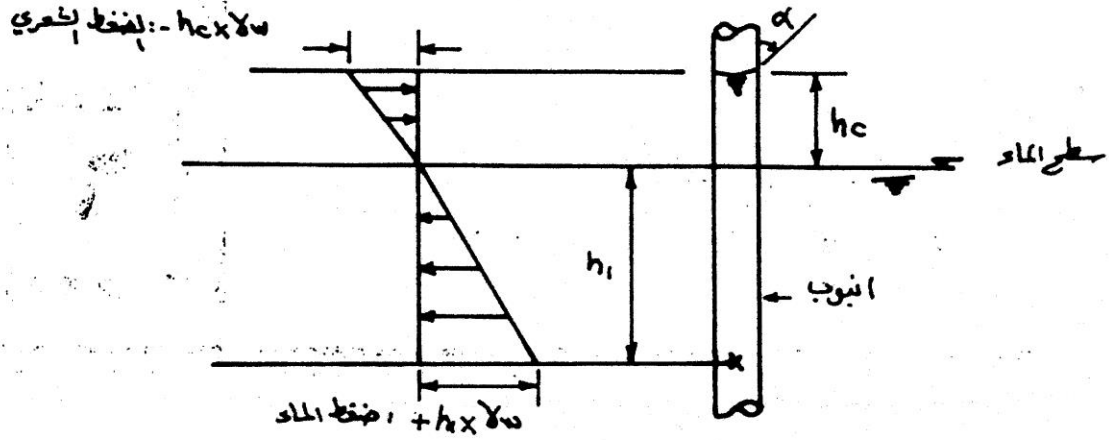
٦ - ٢ - الخاصية الشعرية

من المعلوم أن التربة فوق سطح الماء الجوفي تكون مشبعة بالماء ولأرتفاع إضافي معين، ويكون هذا الأرتفاع ناجماً عن التأثير الشعري. أن الماء الشعري لا تقتصر فائدته للنبات فقط وإنما له تأثير على حالة الأجهاد داخل التربة.

عندما تجف التربة يقل حجمها بسبب ضغط الماء السالب الذي يعمل على سحب الجزيئات نحو بعضها عند تبخره، وتسمى هذه الظاهرة بالتجفيف desiccation. وتسبب هذه الظاهرة حدوث أنضمام للتربة وبالتالي زيادة مقاومتها للقص.

تحدث الخاصية الشعرية في التربة الناعمة خصوصاً والتي يتراوح حجم ذراتها من ٠.٠١ ملم الى ٠.١٠ ملم حيث يصل الأرتفاع الشعري capillary rise في هذه الحالة الى ٥٠٠ ملم ولحد ١٠٠٠ ملم خلال فترة ٢٤ ساعة. ويتم توضيح الخاصية الشعرية في الأنابيب لفهمها في التربة بالشكل رقم (٦-١) حيث يكون الماء في الأنبوب تحت ضغط أوطأ من الضغط الجوي مما يسبب ضغطاً سالباً فيه، وتكتب معادلة الأرتفاع الشعري بالشكل التالي:

$$h_c = \frac{2 T_s \times \cos \alpha}{r \times \gamma_w} \quad \dots (٦ - ١)$$



شكل (١-٦) الارتفاع الشعري في الأنابيب

حيث:

h_c الارتفاع الشعري (ملم).

T_s الشد السطحي للماء (نيوتن / ملم).

r نصف قطر الأنبوب (ملم)

γ_w كثافة الماء (نيوتن / ملم^٣) وتساوي ٩٨١,٠٠٠

α زاوية التماس بين سطح الماء في الأنبوب وجدار الأنبوب (درجة) ، ولأنبوب من الزجاج نظيف كيميائياً والماء فإن $\alpha = 0^\circ$.

ويتم اشتقاق المعادلة (١-٦) من موازنة عمود الماء في الأنبوب مع المركبة العمودية للشد السطحي وكما يلي:

$$\pi \times r^2 \times h_c \times \gamma_w = 2 \pi \times r \times T_s \times \cos \alpha \quad \dots (١ - ٦)$$

$$\therefore h_c = \frac{2 T_s \times \cos \alpha}{r \times \gamma_w}$$

كما يمكن كتابة معادلة الارتفاع الشعري للتربة كما يلي:

$$h_c = \frac{c}{e \times D_{10}} \quad \dots (٢ - ٦)$$

حيث:

c ثابت ذوقية (١٠ - ٥٠) ملم^٢ ويعتمد على شكل الحبيبات

e نسبة الفراغات للتربة

D_{10} القطر الفعال للتربة (ملم).

أن التربة ذات المنفذ الواطنة مثل الطين لا يرتفع فيها الماء بسهولة بل يستغرق ذلك وقتاً طويلاً لذلك تستخدم تلك التربة في المناطق المتجمدة ، بينما لايفضل استخدام التربة ذات المنفذ العالية مثل الرمل والغرين هنا لأن ذوبان الماء عند ارتفاع درجات الحرارة ويجعلها في حالة رخوة وسائلة liquid state مما يقلل من مقاومتها للانتقال.

Effective & Total stress in soil

٦ - ٣ - الضغط المؤثر والكلّي في التربة

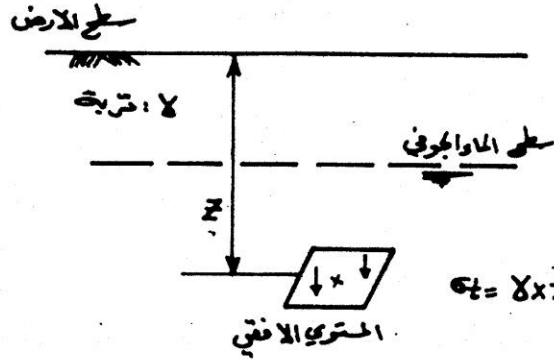
أن القوى المؤثرة على التربة عند مستوى أفقي تساوي وزن التربة على ذلك المستوي وكما في الشكل رقم (٦ - ٣) :

$$\sigma_t = \gamma \times Z \quad \dots (٦ - ٣) \quad \therefore \text{الأجهاد الكلّي}$$

حيث :

γ كثافة التربة

Z العمق تحت سطح الأرض



شكل (٦-٣) الضغط الكلّي على التربة

وتمثل كثافة التربة γ وزن كل من حبيبات التربة والماء على وحدة المساحة عند المستوي ، ويمكن تمثيل ضغط ماء المسام بالمعادلة التالية :

$$u = \gamma_w \times Z \quad \dots (٦ - ٤)$$

وبذلك يكون الأجهاد المؤثر

$$\sigma' = \sigma_t - u \quad \dots (٦ - ٥)$$

وتكون التربة في حالات مختلفة وكما يلي :

Dry

أ. حالة جافة

وتستخدم هنا الكثافة الجافة (γ_d) ويكون ضغط ماء المسام هنا يساوي صفراً.

Partially saturated

ب. حالة رطبة أو كلية

وتستخدم هنا الكثافة الكلية للتربة (γ_m)

Saturated

ج. حالة مشبعة

وتستخدم هنا الكثافة المشبعة للتربة (γ_{sat})

Submerged

د. حالة مغمورة

وتكون التربة هنا تحت سطح الماء الجوفي وتكون كثافتها مغمورة (γ_b)

مع العلم أن:

$$\text{الكثافة الرطبة} \quad \gamma_m = \frac{G_s (1 + \omega_c) \times \gamma_w}{(1 + e)}$$

$$\text{الكثافة الجافة} \quad \gamma_d = \frac{G_s}{(1 + e)} \times \gamma_w$$

$$\text{الكثافة المشبعة} \quad \gamma_{sat.} = \frac{(G_s + e)}{(1 + e)} \times \gamma_w \quad \dots (6-6)$$

$$\text{الكثافة المغمورة} \quad \gamma_b = \gamma_{sat.} - \gamma_w$$

مع العلم أن هذه المعادلات ذكرت في فصل سابق وتعرف رموزها كما يلي:

G_s الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة

ω_c محتوى الرطوبة

e نسبة الفراغات

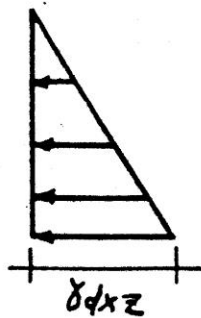
ويتم حساب كل من الأجهاد الكلي الأجهاد المؤثر وضغط ماء المسام للتربة وكما يلي:

أ. الحالة الجافة

Dry

الأجهاد المؤثر

σ'



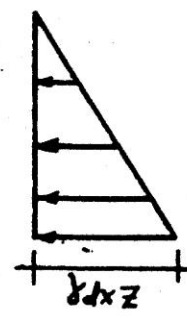
ضغط ماء المسام

u

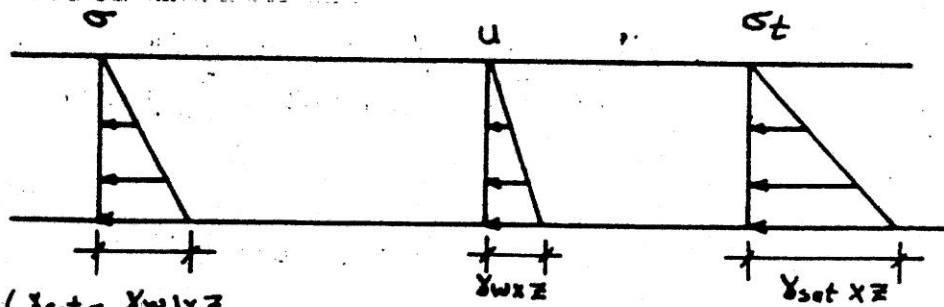
$u = 0$

الأجهاد الكلي

σ_z



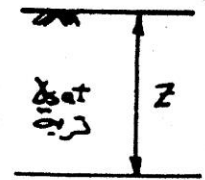
Saturated



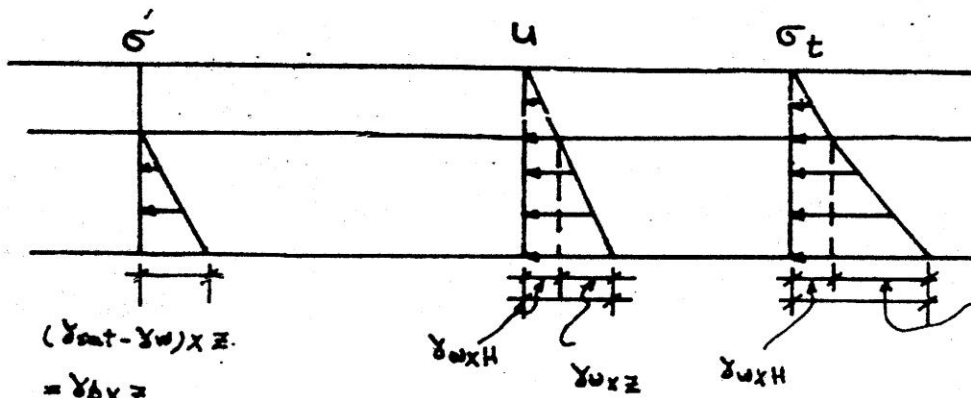
$$(\gamma_{sat} - \gamma_w) \times Z$$

$$= \gamma_b \times Z$$

ب. الحالة المشبعة



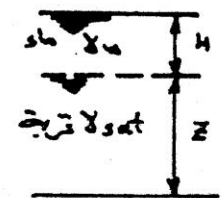
Under water



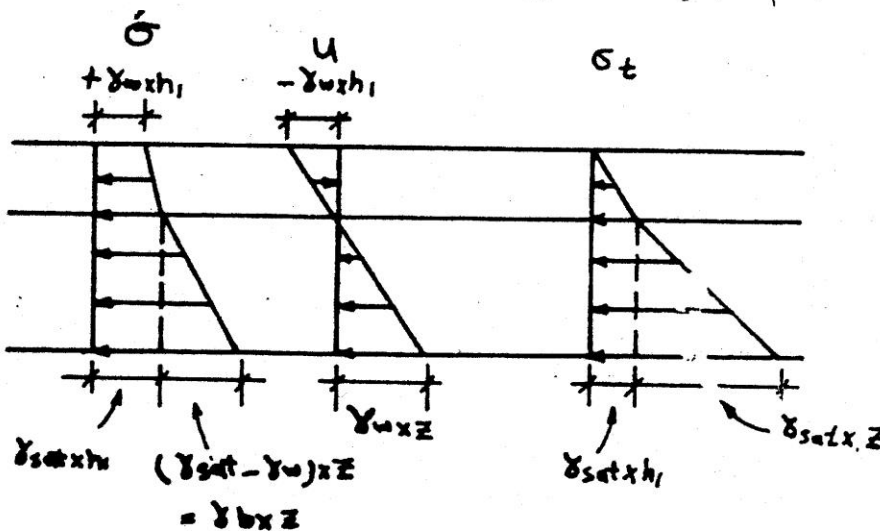
$$(\gamma_{sat} - \gamma_w) \times Z$$

$$= \gamma_b \times Z$$

ج. تحت سطح الماء



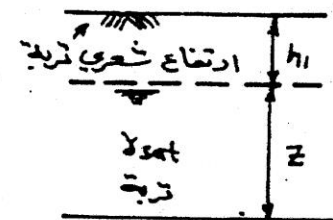
Full capillarity



رستاني أهمية وتفصيل ذلك في الفصل التاسع (مقاومة القص) وضمن فقرة ضغط ماء المسام (٩-٧).

د. الخاصة الشعرية التامة

يجب ملاحظة كون ضغط ماء المسام سالباً في الحالة الشعرية.



المحاضرة الخامسة عشر

Sand Filters

٧-٩-١ - المرشحات الرملية

تستخدم المرشحات في المنشآت الهندسية المختلفة المتضمنة تسرب الماء خلال التربة مثل السدود الترابية وإنابيب بزل واستصلاح التربة وبذلك لترشيح الماء المتسرب خلال التربة. ويمكن تعريف المرشح على أنه طبقة من التربة ذات حبيبات أكبر حجماً من التربة الأصلية المطلوب لترشيح الماء منها، ولها منفذية أعلى أيضاً. ويتم تصميم المرشحات بحيث تكون حبيباتها:

- أ. ناعمة ومتدرجة كي لا تسمح بخروج حبيبات التربة الأصلية الناعمة مع الماء.
 - ب. خشنة كي تسمح للماء بالمرور خلالها.
- وقد وضع العالم ترزاكي Terzaghi مواصفات خاصة لتكون جيدة الترشيح وتشمل مايلي:

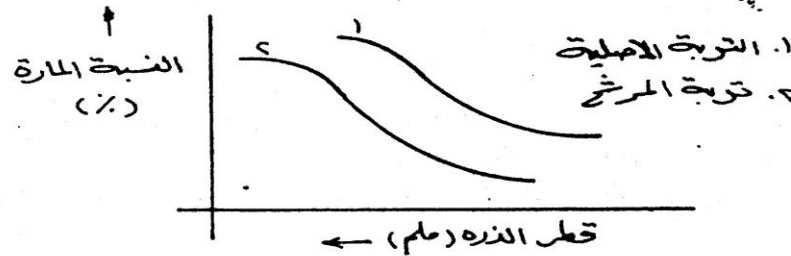
$$\frac{D_{15} \text{ لتربة المرشح}}{D_{15} \text{ للتربة الأصلية}} \text{ أكبر من } 4 \text{ وأقل من } 20$$

ب. ان تكون :

$$\frac{D_{15} \text{ لتربة المرشح}}{D_{85} \text{ للتربة الأصلية}} \text{ أقل من } 5$$

$$\text{ج - ان تكون : } \frac{D_{50} \text{ لتربة المرشح}}{D_{50} \text{ للتربة الأصلية}} \text{ أقل من } 25$$

- د. أعظم حجم للمجموع maximum aggregate size لتربة المرشح يساوي ٧٥ ملم.
- هـ. ان يكون منحنى توزيع الحبيبات لتربة المرشح موازياً لمنحنى التربة الأصلية وكما في الشكل رقم (٧-١٢).



quick sand condition

٧-٩-٢ - حالة وعساء التربة

عند جريان الماء خلال التربة فإنه يولد ضغطاً على حبيباتها، وإذا كان الجريان من الأسفل إلى الأعلى وكما في الشكل رقم (٧-١٣) فإن ضغط الماء تقاومه التربة بوزنها وكما يلي :

$$\text{ضغط الماء على التربة للأعلى} = (h + L) \times \gamma_w \times A$$

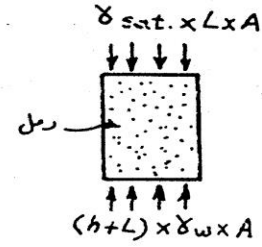
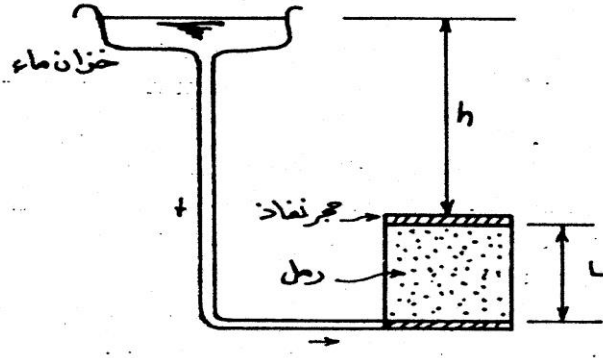
$$\text{وزن التربة المشبعة للأسفل} = \gamma_{sat.} \times L \times A$$

ولتوازن الحالة تكون :

$$(h + L) \times \gamma_w \times A = \gamma_{sat.} \times L \times A$$

$$\gamma_{sat.} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{(1 + e)}$$

لكن :



شكل (٧-١٣) حالة وعاء التربة Quick sand condition

فتكون الحالة :

$$\frac{h}{L} = \frac{G_s + e}{1 + e} - 1$$

$$\frac{h}{L} = \left[\gamma_w \times \frac{G_s + e}{1 + e} - \gamma_w \right] / \gamma_w$$

$$\frac{h}{L} = \left[\gamma_{sat} - \gamma_w \right] / \gamma_w$$

$$\frac{h}{L} = \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_w}$$

$$i_c = \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_w} \quad (\text{الانحدار المائي الحرج})$$

(٧-١٩)

ان الانحدار المائي (i) هو النسبة بين ارتفاع شحنة الماء (ضغط الماء) وطول المسار الذي يتخلله الماء عند مروره خلال التربة. وعندما يكون المسار كبيراً فإن قيمة (i) تكون منخفضة حيث ينشأ ضغط الماء خلال التربة ولكنه يكون ذا قيمة عالية وبمحدود وحدة واحدة عندما يكون مسار الماء قصيراً مما يولد ضغطاً كبيراً على التربة في مؤخرة السدود ويولد حالات عدم استقرار هناك لذلك تكون قيمة الانحدار المائي حرجية (i_c) عند هذه الحالة. وتعالج هذه الحالة بوضع قطع كبيرة من الصخور rip - rap على مؤخرة السد downstream لمقاومة ضغط الماء العالي ولتجنب انهيار السد وتكون قيمة i تساوي 1 تقريباً.

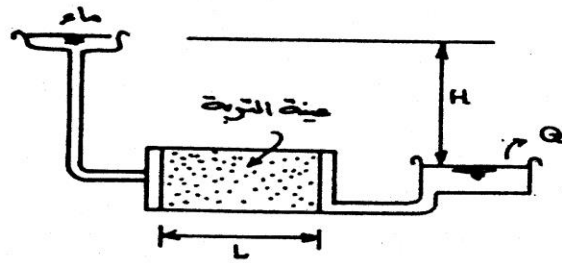
المحاضرة الرابعة عشر

Darcy's law

٧ - ٢ - قانون دارسي

نظم العالم دارسي علاقة تربط بين كمية الماء (Q) الساري خلال حبيبات التربة مع معامل المنفذية (K) والانحدار المائي (i) ومقطع المساحة الكلية لعينة التربة (A) العمودي على اتجاه سريان الماء في وقت معين (t) وبالضيفة التالية وأعتاداً على الشكل رقم (٧-٤) :

تناسب سرعة الماء النافذ مع الانحدار المائي :
 $v \propto i \dots (١-٧)$



شكل (٧-٤) تنافذ الماء خلال التربة

لكن الانحدار المائي يساوي :

$$i = \frac{H}{L} \dots (٢-٧)$$

حيث يمثل H الفقدان في ارتفاع شحنة الماء الكلية و L طول مسار الماء .
 ومن حل المعادلتين (١-٧) و (٢-٧) تصبح المعادلة كالآتي :

$$V = K \times i \dots (٣-٧)$$

حيث تمثل K معامل المنفذية أو ما يسمى بمعامل دارسي وتقاس بوحدات ملم / ثانية أو م / ثانية . لكن التصريف يساوي :

$$Q = A \times V \dots (٤-٧)$$

حيث تمثل A مساحة مقطع التربة المار من خلاله الماء :

وبحل المعادلة (٣-٧) والمعادلة (٤-٧) تصبح معادلة المنفذية كالآتي :

$$Q = A \times (K \times i)$$

$$Q = A \times K \times \frac{H}{L}$$

وبذلك يكون معامل المنفذية :

$$K = \frac{Q \times L}{A \times H} \dots (٥-٧)$$

كما يمكن التعبير عن التصريف بالشكل التالي :

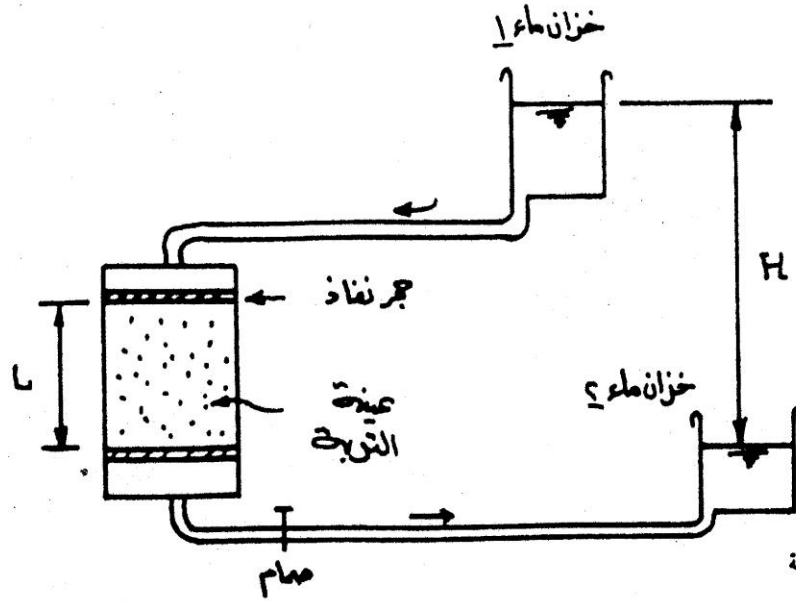
$$\text{التصريف (Q)} = \frac{\text{حجم الماء النافذ (ملم}^3\text{)}}{\text{الزمن (ثانية)}} \dots (٦-٧)$$

٧ - ٤ - قياس المنفذية في المختبر

يتم قياس منفذية التربة في المختبر بطرق بسيطة وسريعة حيث تختلف تلك الطرق اعتماداً على حجم حبيبات التربة. تستخدم طريقة شحنة الماء الثابتة لقياس منفذية التربة ذات الحبيبات الخشنة مثل الرمل والحصى بينما تستخدم طريقة شحنة الماء المتغيرة في حالة التربة ناعمة الحبيبات مثل الطين والغرين. ويجب أن تكون العينة في الحالتين مشبعة تماماً بالماء fully saturated قبل بدء الفحص لتجنب تأثير وجود الفقاعات الهوائية على التنافذ. وفيما يلي تفصيل كل طريقة، مع ملاحظة أن يكون قطر العينة أكبر من (١٥-٢٠) مرة من قطر أكبر حبيبة في التربة.

٧-٤-١ - طريقة شحنة الماء الثابتة constant head test

تستخدم تلك الطريقة لقياس منفذية التربة ذات الحبيبة الخشنة مثل الحصى والرمل حيث تستخدم هنا عينة اسطوانية الشكل ذات قطر يساوي ٤٢,٥ ملم وطول (ارتفاع) يساوي ١٤١,٥ ملم. وتوضع العينة في قالب الفحص الذي يتصل بخزان للماء وكما في الشكل (٧-٥)، حيث يتم قياس الماء النافذ خلال العينة عند فترة زمنية معينة ويتم حساب المنفذية كالآتي:



شكل (٧-٥) تجربة شحنة الماء الثابتة

ومن ملاحظة المعادلتين (٦-٧) و (٥-٧):

$$\text{التصريف (Q)} = \frac{\text{حجم الماء النافذ (ملم}^3\text{)}}{\text{الزمن (ثانية)}} \dots\dots (٦-٧)$$

$$K = \frac{Q \times L}{A \times H \times t} \dots\dots (٩-٧)$$

حيث

K منفذية التربة (ملم / ثا)

Q كمية الماء الجارية خلال فترة زمنية معينة وتسوي t (ملم^٣)

L طول مسار الماء العينة (ملم)

A مساحة مقطع العينة العمودي على اتجاه الجريان (ملم^٢)

H شحنة الماء (ملم)

t الزمن الذي يستغرقه الماء ليتنافذ بالمقدار (Q) ، (ثانية).

falling head test

٧-٤-٢- طريقة شحنة الماء المتغيرة

تستخدم تلك الطريقة لقياس منفذية التربة ذات الذرات الناعمة وهي الطين والغرين، ويستغرق الماء وقتا طويلا كي يتنافذ من خلال عينة التربة. يسمح للماء بالمرور خلال العينة ويقاس الوقت اللازم لهبوط شحنة الماء (ارتفاع عمود الماء) بمقدار معين. ويوضح الشكل رقم (٦-٧) طريقة الفحص، ويتم حساب منفذية التربة من المعادلة التالية:

$$K = \frac{2.3 a L}{A t_1} \log_{10} \left(\frac{h_0}{h_1} \right) \dots\dots (١٠-٧)$$

حيث:

a مساحة مقطع الانبوب (ملم^٢)

L طول العينة (ملم)

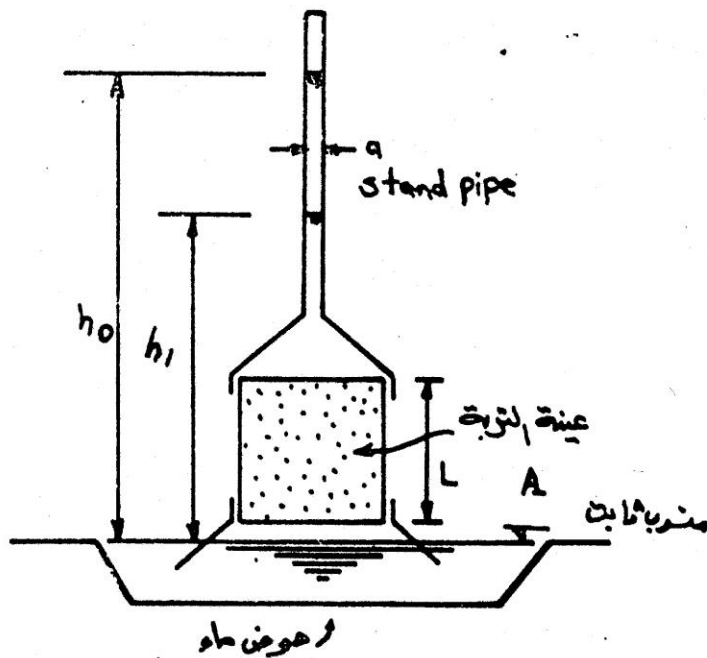
h₀ شحنة الماء عند بداية التجربة (ملم)

h₁ شحنة الماء عند نهاية التجربة (ملم)

A مساحة مقطع العينة (ملم^٢)

t₁ الوقت اللازم لهبوط شحنة الماء

من h₀ الى h₁ (ثانية).



شكل (٦-٧) تجربة شحنة الماء المتغيرة

ويمكن اشتقاق المعادلة (٧-١٠) بالشكل التالي:
عند زمن وسطي (t) يكون منسوب الماء في العمود المتغير فنثلا بالرمز (h) ومعدل تغيره $(-\frac{dh}{dt})$ وعند هذا الزمن (t) فإن الفرق في الشحنة الكلية بين قمة العينة يساوي (h) ، وعند تطبيق قانون دارسي:

$$-a \frac{dh}{dt} = AK \frac{h}{L}$$

$$-a \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{h} = \frac{AK}{L} \int_0^{t_1} dt$$

$$-a [\ln h]_{h_0}^{h_1} = \frac{AK}{L} [t]_0^{t_1}$$

$$-a [\ln (h_1) - \ln (h_0)] = \frac{AK}{L} [t_1 - 0]$$

$$\therefore a [\ln (h_0) - \ln (h_1)] = \frac{AK t_1}{L}$$

$$a \ln \left(\frac{h_0}{h_1} \right) = \frac{AK t_1}{L}$$

$$\therefore K = \frac{a L}{A t_1} \ln \left(\frac{h_0}{h_1} \right)$$

$$\therefore K = \frac{2.3 a L}{A t_1} \log_{10} \left(\frac{h_0}{h_1} \right)$$

تتغير منفذية التربة بتغير درجة حرارة الماء وذلك لاختلاف كثافته ولزوجته ، واعتمادا على التجارب التي اجراها العالم دارسي فان معادلته لحساب المنفذية كانت تستند على كون درجة حرارة الماء تساوي (٢٠ م). اما اذا كانت مغايرة لذلك اثناء الفحص فيجب ان يتم تصحيح قيمة المنفذية باستخدام المعادلة التالية:

$$K_{20} = K_T \times w \quad \dots (٧-١١)$$

حيث:

K_{20} منفذية التربة عند درجة حرارة ٢٠ م

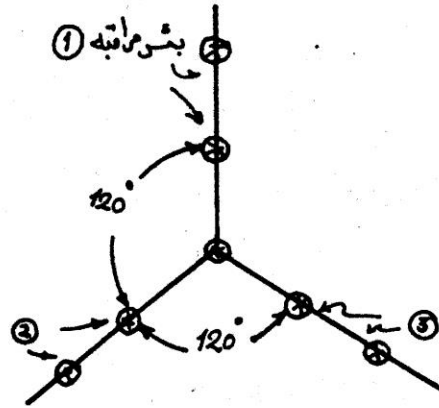
K_T منفذية التربة عند الفحص بدرجة حرارة الماء تساوي (T) م

w معامل التصحيح وتؤخذ قيمته من الشكل رقم (٧-٧).

٧-٦- قياس المنفذية في الموقع

يتم قياس المنفذية للتربة موقعياً بواسطة ضخ الماء من بئر مركزي يحفر لعمق يصل الى نهاية الطبقة المطلوب قياس منفذيتها.

ويتم الضخ من البئر المركزي بمعدل ثابت ومحدد ويلاحظ انخفاض سطح الماء الجوفي في هذا البئر وفي ثلاثة آبار أخرى تحفر حول البئر المركزي للمراقبة observation wells حيث تكون على جوانب البئر المركزي وتصنع مع بعضها زاوية مقدارها (١٢٠) درجة على سطح الارض وكما في الشكل رقم (٧-٨).
وهناك حالتان للآبار (المكانن المائية aquifers) اعتماداً على طبقة التربة التي يتطلب إيجاد منفذيتها وهي :



شكل (٧-٨) طريقة حفر الآبار لقياس منفذية التربة موقعياً.

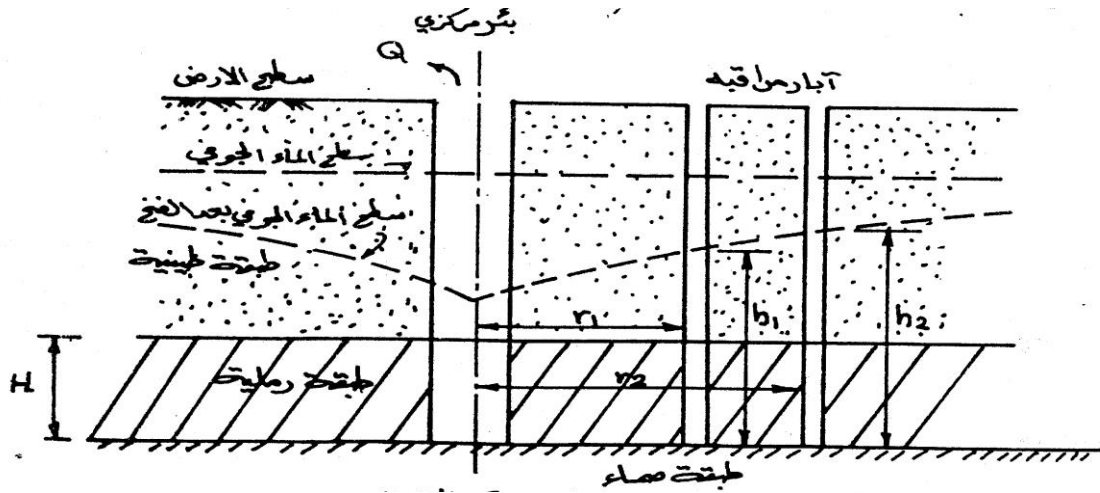
Confined aquifer

٧-٦-١- المكنن المائي المحصور

وتمثل هذه الحالة طبقة تربة رملية مغطاة بطبقة طينية غير منفذة ، وكما في الشكل رقم (٧-٩). حيث يتم حساب المنفذية باستخدام المعادلة التالية :

$$K = \frac{2.3 Q \times \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{2 \pi \times H \times (h_2 - h_1)} \quad \dots (٧-١٢) \quad \text{حيث :}$$

- Q كمية الماء التي تضخ من البئر المركزي (ملم^٣/ثا).
- r₂ المسافة الافقية من البئر المركزي الى البئر الثاني للمراقبة (ملم).
- r₁ المسافة الافقية من البئر المركزي الى البئر الاول للمراقبة (ملم).
- H سمك الطبقة الرملية المطلوب قياس منفذيتها (ملم).
- h₂ ارتفاع سطح الماء الجوفي في بئر المراقبة الثاني (ملم).
- h₁ ارتفاع سطح الماء الجوفي في بئر المراقبة الاول (ملم).
- k منفذية التربة الرملية (ملم/ثا).



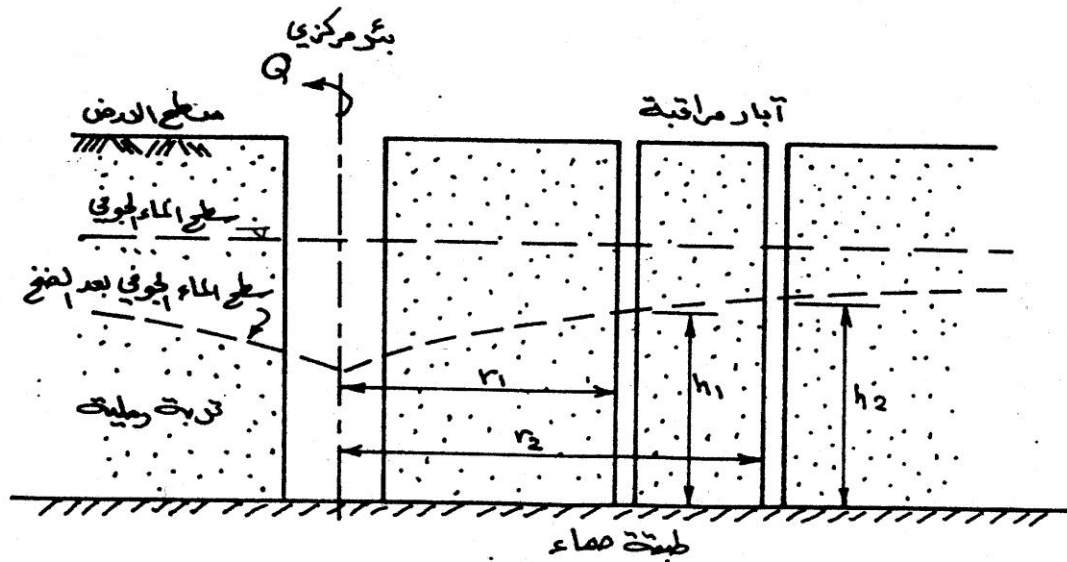
Unconfined aquifer

٧-٦-٢- المكن المائي غير المحصور

حيث تمثل تلك الحالة طبقة تربة رملية متجانسة موجودة تحت السطح مباشرة وتحسب المنفذية كما يلي وكما يوضحه

الشكل رقم (٧-١٠):

$$K = \frac{2.3 Q \times \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{\pi (h_2^2 - h_1^2)} \quad \dots\dots\dots (٧-١٣)$$



المحاضرة السادسة والسابعة

الامتحان القبلي :-

- ١- ماهي العوامل التي تؤثر على خواص التربة ؟
- ٢- ما تأثير حجم حبيبات التربة على خصائص التربة ؟
- ٣- كيف يتم تحديد حجم حبيبات التربة ؟

تحليل الحبيبات والبناء التركيبي للتربة

١- تركيب التربة وبنائها

توجد التربة بثلاثة انواع من ناحية البناء اعتماداً على حجم الحبيبات ودرجة التقارب بين الحبيبات وبيئة الترسب وكذلك على طبيعة القوى الرابطة بين الحبيبات ، وتشمل :

single grain structure

١- التربة الخشنة ذات البناء المفرد

وتشمل كلا من الحصى والرمل ، ويكون التقارب بين حبيبات التربة غالباً بتأثير قوى الجذب اي وزن الحبيبات . وتكون الحبيبات منفصلة عن بعضها البعض وفي تماس فقط ، ويتغير هذا البناء من كثيف جداً very dense الى مفكك جداً very loose اعتماداً على طريقة وضع التربة والشكل رقم (١-٣) يوضح هذا النوع من البناء .



ج- بناء كثيف



٦- بناء مفكك

شكل (١-٣) بناء حبيبات التربة الخشنة

fine grain structure

٢- التربة الناعمة

وتشمل كلا من الغرين والطين وتتغير من قوي جداً very stiff الى ضعيف جداً very soft . وهناك شحنات كهربائية مسؤولة عن تقارب وتباعد الحبيبات اعتماداً على كون الشحنات مختلفة او متشابهة ، وتشمل الانواع التالية :

oriented

آ- بناء مرتب

وينتج هذا البناء عن تنافر بين حبيبات التربة وذلك لتشابه الشحنات الكهربائية الموجودة على سطوحها . وتشمل ترسبات المياه العذبة كالبحيرات العذبة ، والشكل رقم (٣-٢-آ) يوضح هذا النوع من البناء .

flocculent

ب - بناء ملبد

عندما تترسب التربة في المياه المالحة مثل البحار فإنه يحدث تجاذب الحبيبات لوجود شحنات كهربائية مختلفة على سطوحها، عندئذ ينتج بناء حبيبات ملبد. وإذا حدث أن سلطت أمواج على تلك التربة بالانضام أو الرص فإنه بالإمكان تحول البناء الملبد إلى مرتب.

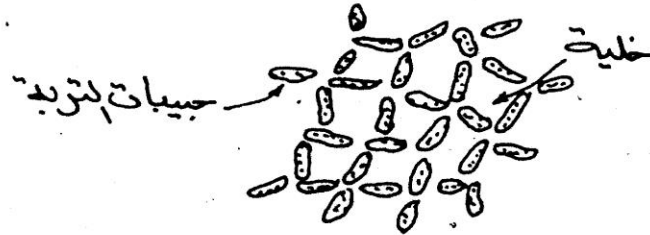
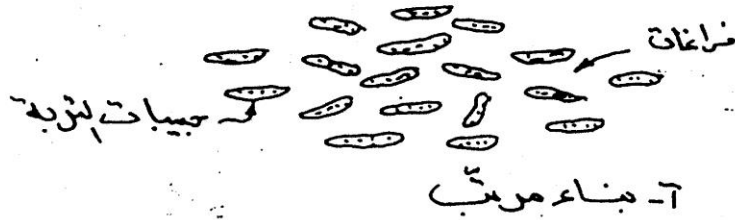
البناء الملبد موضح في الشكل رقم (٣ - ٢ - ب).

cellular

ج - بناء خلوي

تكون قوى التجاذب بين حبيبات التربة عالية جداً وتنتج من أنواع معينة من ترسبات التربة المالحة. ويكون هذا البناء مستقراً وحجم الفراغات كبيراً، وكما يظهر في الشكل رقم (٣ - ٢ - ج).

ينهار البناء الخلوي بسرعة كبيرة في حالة تعرضه للاجهادات. ويصبح هذا البناء مستقراً في حالة واحدة فقط عندما تكون هنالك مواد سميت رابطة في نقاط الاتصال cementing material لاتتأثر بالماء كموايد الجبس.



شكل (٣ - ٢) بناء حبيبات التربة الناعمة

٣-٢- حجم الحبيبات والتدرج الحبيبي للتربة

تقسم التربة اعتماداً على حجم الحبيبات المكونة لها الى مايلي :-

coarse – grained

١- تربة خشنة

وهي تربة غير متماسكة وتشمل كلاً من الحصى الذي تكون حبيباته ذات حجم اكبر من ٢ ملم ، والرمل الذي يتراوح حجم حبيباته من ٠,٠٦ الى ٢ ملم.

Fine – grained

٢- تربة ناعمة الحبيبات

وهي ذات حبيبات بحجم أقل من ٠,٠٦ ملم حسب التصنيف العراقي والبريطاني وال M.I.T. الخ. وهي تربة متماسكة وتشمل كلاً من الغرين والطين.

يتم فصل التربة الى حجوم مختلفة اعتماداً على حجم الحبيبات المكونة لها وذلك باستخدام عينة من تلك التربة ذات وزن معين ثم حساب تدرج الحبيبات لها ، ويتم تلك العملية باستخدام طريقتين هما :

١. تحليل المناخل Sieve analysis

٢. تحليل المكثاف hydrometer analysis

وفما يلي عرض للطريقتين.

تحليل المناخل

ان معرفة تدرج حبيبات التربة له أهمية كبيرة في المشاريع الهندسية كافة مثل السدود الترابية والطرق وخطوط السكك الحديدية وغيرها ، اذ ان خواص التربة المهمة وسلوكها الهندسي تعتمد على حجم حبيباتها وسنأتي الى ذلك في نهاية الفصل. تستخدم في هذا التحليل مناخل ذات فتحات قياسية معلومة وحسب نظام معين حيث تندرج تلك المناخل في الحجم.

تستخدم هنا عينة من التربة ذات وزن معلوم حيث تنخل على مجموعة المناخل وتسجل أوزان التربة المتبقية على كل منخل بعد انتهاء عملية النخل ، والجدول رقم (٣-١) يحصي المناخل القياسية المستخدمة مع قطر الفتحة الخاصة بكل منها. ويتم العمل حسب الخطوات التالية :

١. توزن المناخل فارغة ونظيفة .

٢. تنخل التربة ويسجل وزن التربة المتبقية على كل منخل .

٣. تحسب نسبة التربة المتبقية على كل منخل كما يلي :

$$\text{النسبة المتبقية (\%)} = \frac{\text{وزن التربة المتبقية (غم)}}{\text{وزن العينة الكلية (غم)}} \times 100\%$$

٤. تحسب النسبة المتبقية والمتجمعة على كل منخل ، وذلك بجمع النسب المتبقية على كل المناخل التي قطر فتحاتها اكبر من المنخل المطلوب ، مثلاً :

رقم المنخل	النسبة المتبقية (%)	النسبة المتجمعة (%)
٤	٠,٠٠	٠,٠٠
١٠	٣,٢٠	٣,٢٠
٢٠	٥,٧٠	٨,٩٠
٥٠	٤٠,٥٠	٤٩,٤٠

٥. تحسب نسبة التربة المارة من كل منخل كما يلي :

التربة المارة (%) = [١٠٠٪ - التربة المتجمعة (%)]

جدول (٣ - ١) المناخل القياسية حسب المواصفات الأمريكية والمواصفات البريطانية
(BS - 410) و (ASTM E - 11 - 70/41)

المواصفات البريطانية		المواصفات الأمريكية	
No.	opening (mm)	sieve or opening No.	(mm)
		100.0	
		75.0	
		63.0	
		50.0	
		45.0	
		37.5	
		31.5	
		25.0	
		19.0	
		16.0	
		12.5	
		9.5	
		8.0	
		6.3	

تابع جدول (١-٣)

4	4.75		
5	4.00		
		5	3.353
6	3.35		
7	2.80	6	2.812
		7	2.411
8	2.36		
10	2.00	8	2.057
12	1.70	10	1.676
14	1.40	12	1.405
		14	1.204
16	1.18		
18	1.00	16	1.003
20	0.850	18	0.853
25	0.710	22	0.699
30	0.600	25	0.599
35	0.500	30	0.500
40	0.425	36	0.422
45	0.355	44	0.353
50	0.300	52	0.295
60	0.250	60	0.251
70	0.212	72	0.211
80	0.180	85	0.178
100	0.150	100	0.152
120	0.125	120	0.124
140	0.106	150	0.104
170	0.090	170	0.089
200	0.075	200	0.076
230	0.063	240	0.066
270	0.053	300	0.053
325	0.045	—	—
400	0.038	—	—

٦. يجب ملاحظة مايلي عند اجراء التحليل بالمناخل :

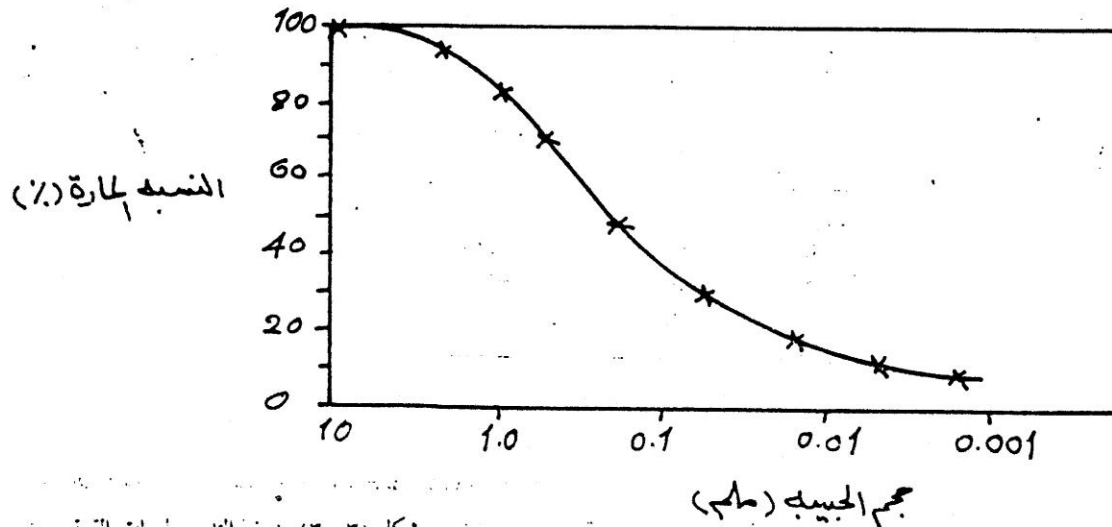
- أ- اذا كانت النسبة المارة من منخل رقم ٢٠٠ لعينة التربة اكبر من ١٠٪ بعد اجراء التحليل فانه يتم غسل التربة washing على منخل رقم ٢٠٠ لحساب النسبة المارة منه بصورة مضبوطة.

ب- يجب ان يكون مجموع النسب المتبقية على المناخل المستعملة في التحليل مساوياً الى وزن العينة الاصلية وبفرق لا يزيد عن ٢٪ والا يعاد التحليل.

٧. ينظم جدول القراءات والبيانات الخاص بالتحليل والنتائج المحسوبة كما يلي :-

حجم اوراق المنخل	حجم فتحة المنخل (ملم)	وزن المنخل (غم)	وزن المنخل + وزن التربة المتبقية (غم)	النسبة المتبقية (%)	النسبة المتجمعة (%)	النسبة المارة (%)
١ عقدة	٢٥,٤					
٣ / ٤ عقدة	١٩,١					
١ / ٢ عقدة	١٢,٧					
رقم ٤	٤,٧٦					
رقم ١٠	٢,٠٠					
رقم ٣٠	٠,٥٩					
رقم ٥٠	٠,٢٩٧					
↓	↓					
رقم ٢٠٠	٠,٠٧٤					
الصحن (pan)						

٨. يرسم منحنى التدرج الحبيبي للتربة وذلك بتعيين حجم الحبيبات (يمثله قطر فتحة المنخل) على المحور الافقي للرسم (قياس لوغاريتمي). ثم ترسم النسبة المارة من كل منخل على المحور العمودي (قياس اعتيادي) وتثبت النقاط ثم يمرر بها منحنى يمثل تدرج التربة وبذلك فان الرسم يكون بقياس نصف لوغاريتمي وكما موضح في الشكل (٣-٣).



شكل (٣-٣) منحنى التدرج لحبيبات التربة.

تصنيف التربة

٥ - ١ - تصنيف التربة وحجم الحبيبات

ان تصنيف التربة يعني تسميتها واطلاق صفة لها وذلك بالاعتماد على خواصها الهندسية. ويتم ذلك بوضع حدود اختيارية يقترحها نوع التصنيف ، فنقول مثلاً ان التربة رملية اذا كانت تحوي على نسبة عالية من الرمل ولها صفاته وخواصه. وهناك طرق عديدة ومختلفة لتصنيف التربة ، وبصورة عامة فانه يمكن تصنيف التربة بطريقتين هما: -

١. الطريقة الاولى تعتمد على حجم حبيبات التربة فقط ، وتستخدم لتصنيف التربة الحبيبات المفردة (التربة الخشنة) ذاتها والتي لا تمتلك قوى تلاحق وتماسك بين ذراتها وتسمى بالتربة غير المتماسكة cohesionless soil وتشمل الحصى والرمل.

٢. الطريقة الثانية عامة وتستخدم لتصنيف كل انواع التربة. الخشنة والناعمة ، حيث يعتمد التصنيف هنا على حجم الحبيبات اضافة الى الخواص الدالة الاخرى للتربة مثل حدود اتربيرغ Atterberg's limits. ولتصنيف التربة اهمية كبيرة في ميكانيك التربة وهندسة الاسس حيث يشمل التصنيف وينفع في :-

١. تسمية التربة

٢. معرفة خواصها الهندسية

٣. معرفة ملائمتها للاعمال الهندسية المختلفة.

M.I.T classification

٥ - ٢ - طريقة معهد ماساشويتس للتكنولوجيا

(يعتمد هذا التصنيف على حجم الحبيبات المكونة للتربة فقط ، وبذلك فان منحني تدرج الحبيبات يكون مطلوباً في هذا التصنيف) ويمكن تلخيص هذا التصنيف بالجدول رقم (٥ - ١) حيث يفصل بين انواع التربة اعتماداً على حجم الحبيبات

جدول (٥ - ١) تصنيف معهد ماساشووتس للتكنولوجيا

تصنيف التربة	حجم الحبيبة (ملم)
- رمل خشن الحبيبات	٠,٦ - ٢
متوسط الحبيبات	٠,٢ - ٠,٦
ناعم الحبيبات	٠,٠٦ - ٠,٢
- غرين خشن الحبيبات	٠,٠٢ - ٠,٠٦
متوسط الحبيبات	٠,٠٠٦ - ٠,٠٢
ناعم الحبيبات	٠,٠٠٢ - ٠,٠٠٦
- طين	أقل من ٠,٠٠٢

وهناك طريقة أخرى تعتمد أيضاً على حجم الحبيبات وتسمى بطريقة منظمة التربة الأمريكية U.S.Bureau of Soil classification ويمكن تلخيصها بالجدول رقم (٥ - ٢)

جدول (٥ - ٢) تصنيف منظمة التربة الأمريكية

تصنيف التربة	حجم (ملم)
- حصي ناعم الحبيبات	١ - ٢
- رمل خشن الحبيبات	٠,٥٠ - ١
متوسط الحبيبات	٠,٢٥ - ٠,٥٠
ناعم الحبيبات	٠,١٠ - ٠,٢٥
ناعم جداً	٠,٠٥ - ٠,١٠
- غرين	٠,٠٠٥ - ٠,٠٥
- طين	أقل من ٠,٠٠٥

ويتم التصنيف بوضع تلك الحدود حسب نوع التصنيف المستخدم على منحنى تدرج الحبيبات للتربة ومن ثم حساب نسب المكونات المختلفة وعلى هذا الأساس يحدد نوع التربة وكما يلي مع استخدام المنحنى في الشكل رقم (٥ - ١):

نسبة الحصى = $\% (98 - 100) = 2\%$

نسبة الرمل = $\% (12 - 98) = 86\%$

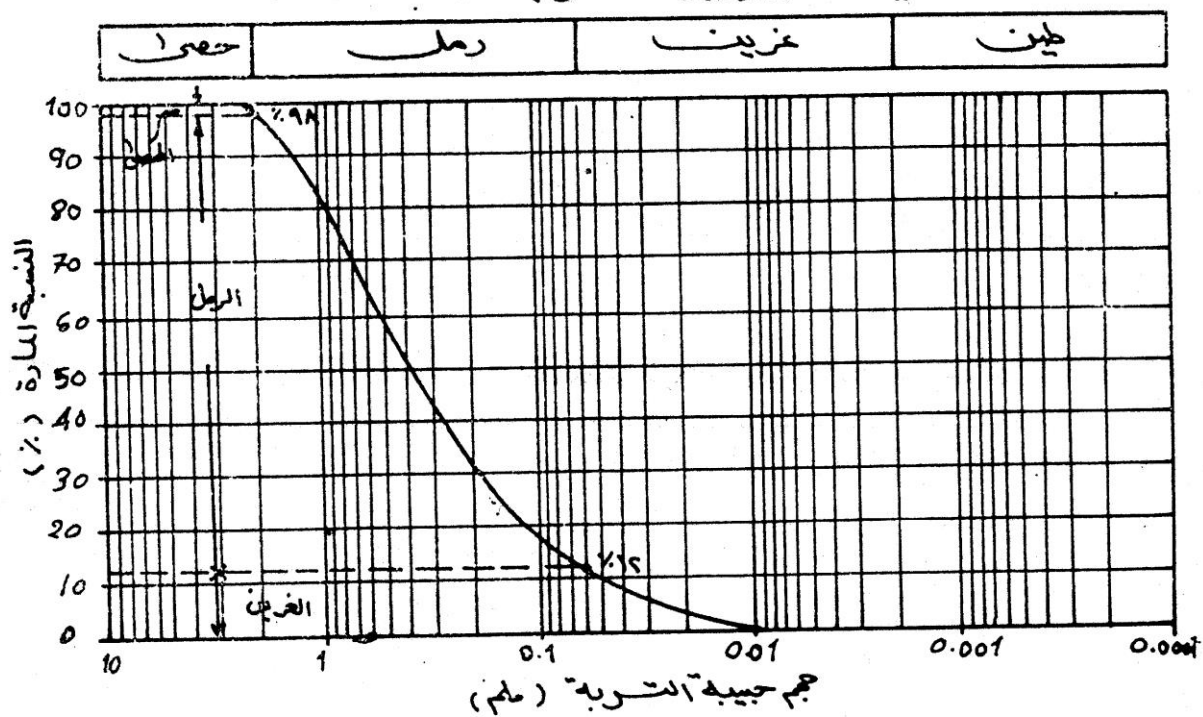
نسبة الغرين = $\% (0 - 12) = 12\%$ (صفر)

نسبة الطين = صفر %

المجموع = 100%

وبما ان نسبة الرمل هي الغالبة فتصنف التربة حسب نظام (M.I.T) على انها تربة رملية.

تصنيف M.I.T للتربة



شكل (١-٥) توزيع حجم حبات التربة

٥-٣ - طريقة منظمة الطرق الامريكية

(AASHTO classification)

يستخدم هذا التصنيف غالباً في اعمال الطرق والمدارج ويتم فيه تقسيم التربة الى مجاميع يرمز لكل منها بالحرف (A) ، وتكون من (A₁) الى (A₇) ، كما ان هناك مجاميع فرعية مثل (A₂₋₃). اذا كانت التربة تحتوي على نسبة معينة من المواد الناعمة (المارة من منخل رقم ٢٠٠) فانه يتم حساب مايسمى بـ : معامل المجموعة Group Index وحسب المعادلة التالية :

$$G.I = (F - 35) \times [0.2 + 0.005 (L.L - 40)] + 0.01 (F - 15) \times (P.I - 10) \dots (٥ - ١)$$

حيث :

F النسبة المئوية المارة من منخل رقم ٢٠٠

L.L حد السيولة (%)

P.I معامل اللدونة (%)

وعند استخدام المعادلة (٥ - ١) فإن قيمة معامل المجموعة المحسوبة تقرب الى اقرب اكبر عدد صحيح ، أما إذا كانت القيمة سالبة فنعدّها تساوي صفراً.

ويلاحظ بانه كلما زادت قيمة معامل المجموعة فإن التربة تصبح غير ملائمة للاعمال الهندسية. إن هذا التصنيف يستخدم لكل أنواع التربة ويعتمد على الجدول رقم (٥ - ٣) ، حيث تكتب التربة بعد التصنيف بالرمز وكما في المثال التالي :

تصنيف التربة = A₇₋₆(22)

فإن ذلك يعني إن التربة من الصنف (A₇₋₆) ولها معامل مجموعة يساوي قيمة (٢٢).

تصنيف منظمة الطرق الامريكية												
جدول رقم (٥ - ٣)												
التصنيف العام	التربة الخشنة - (حصى - رمل) (اكثر من ٣٥ ٪ متبقية على منخل رقم ٢٠٠)							التربة الغرينية - الطينية (اكثر من ٣٥ ٪ مارة من منخل رقم ٢٠٠)				
تصنيف المجاميع	A ₁		A ₃	A ₂				A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	
	A ₁ - a	A ₁ - b		A ₂ - 4	A ₂ - 5	A ₂ - 6	A ₂ - 7				A ₇ - 5	A ₇ - 6
تحليل المناخل : النسبة المارة من منخل : رقم ١٠ (٢ ملم) رقم ٤٠ (٤٢٠ ر. ملم) رقم ٢٠٠ (٧٤٠ ر. ملم)	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
خواص المادة الناعمة المارة من منخل رقم ٤٠ : حد السيولة (L.L.) معامل اللدونة (P.I.)	-	-	-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
	6 max	6 max	NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
اسم التربة	تقطع من الصخور حصى ورمل		رمل ناعم	رمل غريني - حصى طيني حصى غريني				تربة غرينية			تربة طينية	
مؤشر المجموعة (G.I.)	0	0	0	0	0	4 max	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max	20 max
ملائمة التربة كطبقة طبيعية للطرق	-	-	ممتازة جيدة				-	-	مقبولة - غير صالحة			

١- اعتماداً على اعتمادات المختبرية يتم التصنيف ويبدأ من اليسار نحو اليمين .

٢- يتم الفصل في التربة A₇ الى A₅-5 اذا كان : (P.I ≤ LL - 30) ، الى A₇ - 6 اذا كان : (P.I > LL - 30) .

٣- كلما كان مؤشر المجموعة اقل من قيمة (نحو اليسار) فان التربة ملائمة اكثر للاعمال الهندسية .

٤- التربة A₃ غير لدنة NP وهذا يعني ان المحتوى المائي للتربة = حد اللدونة .

Unified Classification

٥ - ٤ - طريقة التصنيف الموحد

يستخدم هذا التصنيف لكل انواع التربة وهو الاكثر استخداماً في ميكانيك التربة حيث يعتمد على حجم الحبيبات وحدود اتريبرغ للتربة. ويسمى هذا التصنيف ايضاً بتصنيف كاسكراندي Cassagrande Classification ويستخدم الرموز التالية للتربة كما في الجدول رقم (٥ - ٤) :

الرمز حسب التصنيف	اسم التربة
G	gravel حصى
S	Sand رمل
M	silt غرين
c	clay طين
o	organic عضوية
Pt	peat تربة عضوية

الرمز حسب التصنيف

اسم التربة

التدرج للتربة الخشنة :

W well-graded جيدة التدرج

P Poorly-graded رديئة التدرج

حد السيولة للتربة الناعمة :

H high L.L شد سيولة عالي

L low L.L حد سيولة منخفض

وعند التصنيف يجب حساب كل من معامل الانتظام ومعامل التدرج للتربة وذلك من منحني تدرج الذرات :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \dots (2-5) \quad \text{معامل الانتظام}$$

$$C_g = \frac{[D_{30}]^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad \dots (3-5) \quad \text{معامل التدرج}$$

وتكون التربة جيدة التدرج عندما يكون :

$$C_u > 4 \quad \text{للحصى}$$

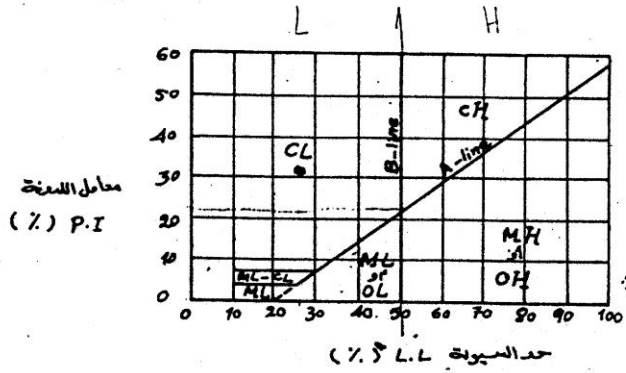
$$C_u > 6 \quad \text{للرمل}$$

$$C_g = (3-1)$$

وعند عدم توفر احد الشرطين اعلاه او كليهما فان التربة رديئة التدرج.

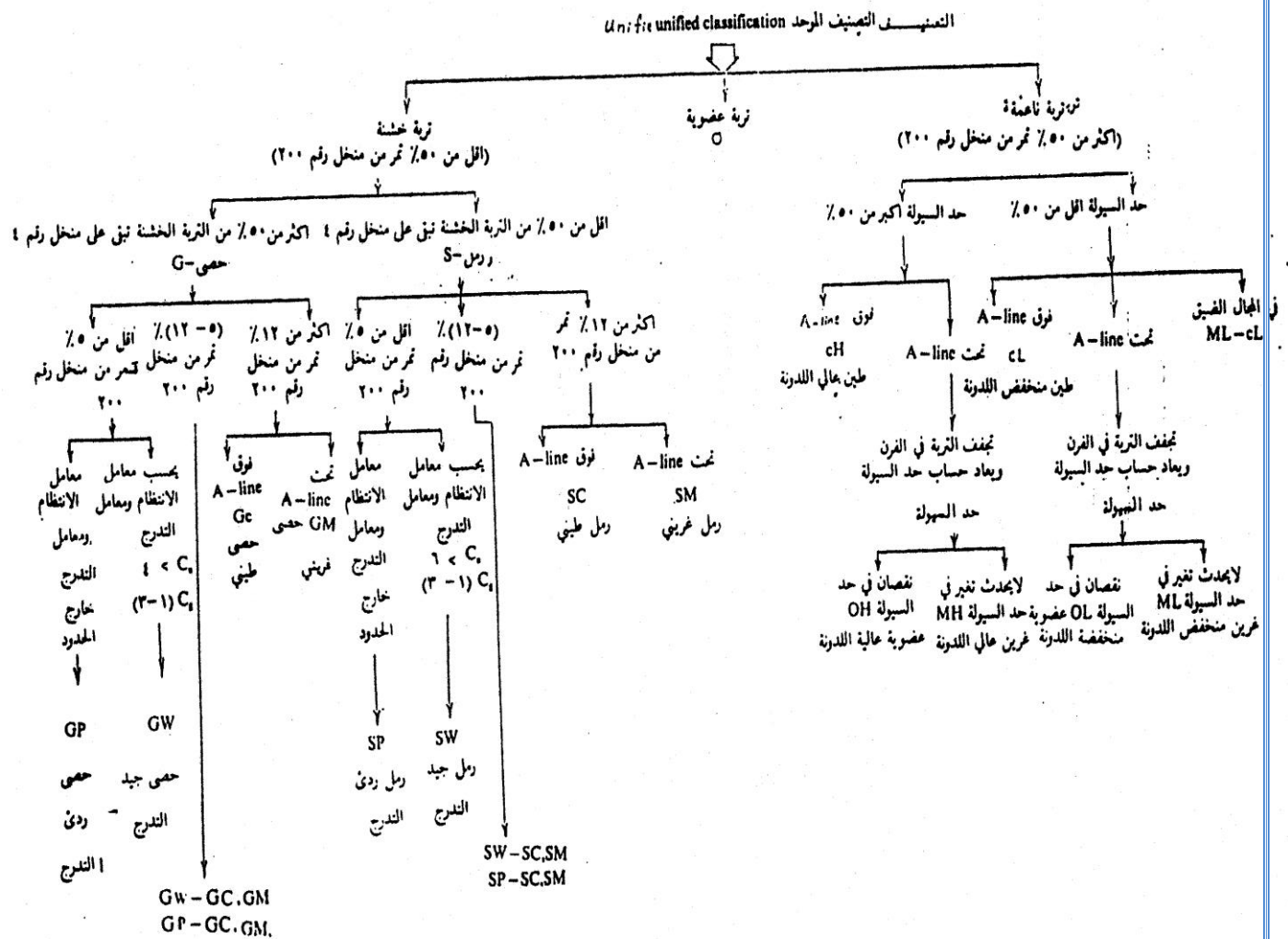
عند تصنيف التربة الناعمة فان حدود اتريغ تكون مطلوبة وهي حد السيولة وحد اللدونة ، ويستخدم هنا منحنى اللدونة (الشكل رقم (٥-٢) plasticity chart لتحديد موقع التربة مع ملاحظة ماييلي:

١. التربة فوق A-line تربة طينية C
٢. التربة تحت A-line تربة غرينية M
٣. التربة يمين B-line لها لدونة عالية H
٤. التربة يسار B-line لها لدونة منخفضة L



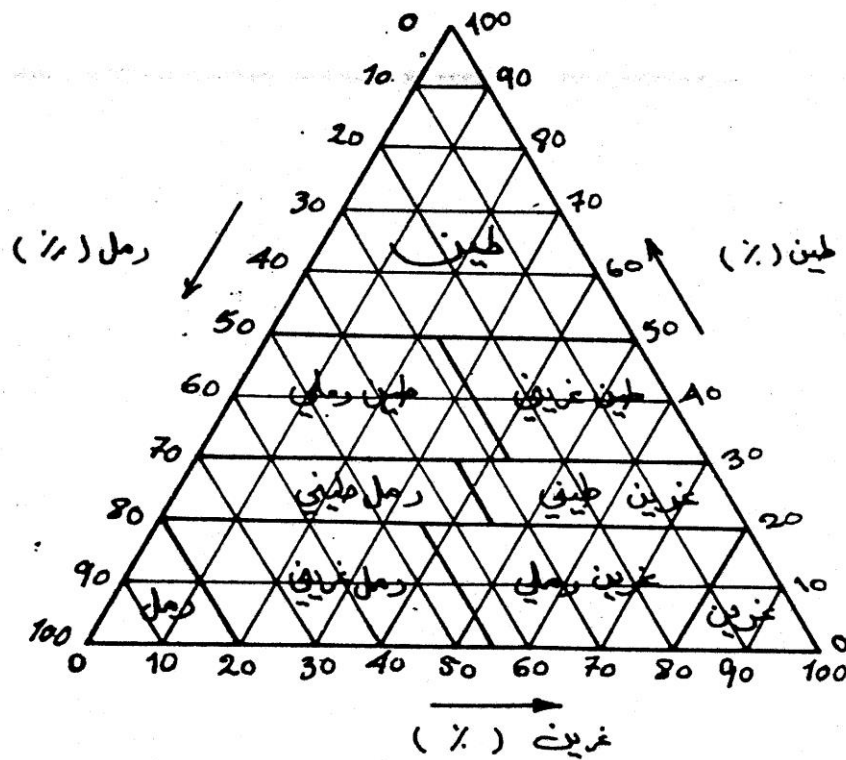
شكل (٥-٢) منحنى اللدونة (A-line) التصنيف الموحد

ويتم التصنيف باستخدام الجدول (٥-٤).



جدول (٥-١) التصنيف الموحد للنزعة (unified classification)

يعتمد هذا التصنيف على حجم حبيبات التربة فقط وكان يستخدم للأغراض الزراعية ويستخدم حالياً في هندسة الأساس. يشمل هذا التصنيف التربة التي تحتوي على رمل وغرين وطين فقط بحيث يكون مجموع نسب المكونات الثلاثة الداخلة في التصنيف مساوياً إلى (١٠٠)٪، أي أن مجموع نسب كل من: الرمل + الغرين + الطين = ١٠٠٪، وبذلك يجب أن تكون التربة خالية من الحجوم أكبر من حجم ذرات الرمل (٢ ملم). أما إذا كانت التربة المطلوب تصنيفها حاوية على الحصى إضافة إلى المكونات الثلاثة المذكورة أعلاه فإن نسبة الحصى تطرح خارجاً ثم يتم التصنيف. يستخدم في هذا التصنيف المثلث الموضح في الشكل رقم (٥-٣) حيث يمثل كل ضلع من المثلث نسبة أحد المكونات الثلاثة الداخلة في التصنيف ويتم التصنيف من أي ضلع كبداية ويرسم خطان موازيان للضلعين الآخرين فتقاطع في نقطة تحدد موقع التربة في مجال معين.



شكل (٥-٣) التصنيف الثلاثي Textural classification



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني / الموصل



الحقية التعليمية

القسم العلمي: تقنيات البيئة والموارد المائية

اسم المقرر: اساسيات ميكانيك التربة

المرحلة / المستوى: الثاني

الفصل الدراسي: الاول

السنة الدراسية: 2024 - 2025



معلومات عامة

اساسيات ميكانيك التربة	اسم المقرر:
تقنيات البيئة والموارد المائية	القسم:
المعهد التقني الموصل	الكلية:
الثاني	المرحلة / المستوى
الاول	الفصل الدراسي:
نظري 1 عملي 2	عدد الساعات الاسبوعية:
3	عدد الوحدات الدراسية:
WRTI249	الرمز:
نظري عملي كلهما ✓	نوع المادة
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	
	اسم المقرر النظير
	القسم
	رمز المقرر النظير
معلومات تدريسي المادة	
د. محمد اكرم سعدي	اسم مدرس (مدرسي) المقرر:
استاذ مساعد	اللقب العلمي:
2023	سنة الحصول على اللقب
دكتوراه	الشهادة :
2017	سنة الحصول على الشهادة
20	عدد سنوات الخبرة (تدريس)

الوصف العام للمقرر

تهدف المادة بصورة عامة الى تعريف الطالب بالتربة من الناحية الهندسية ومعرفة بعض الفحوصات المختبرية والحقلية لايجاد خواصها الهندسية وترصين خبرة الطالب التطبيقية في اعمال تثبيت ورص التربة والمكائن المستخدمة في ذلك

الاهداف العامة

1. أهداف تعلم مقرر دراسي في ميكانيك التربة يمكن أن تشمل مجموعة من الأهداف العامة التي تهدف إلى تأهيل الطلاب لفهم وتحليل سلوك التربة وتطبيق مبادئ ميكانيكا التربة في تصميم وبناء الأساسات والمشاريع الإنشائية. يمكن تلخيص هذه الأهداف كما يلي:
 - ان يحدد ويشرح الطالب الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة، بما في ذلك الخصائص الحبيبية، التماسك، والملمس.
2. تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:
 - ان يحلل الطالب استجابة التربة للأحمال المختلفة وتحديد كيفية توزيعها وانتقالها إلى الأساسات والهياكل.
3. تطبيق مبادئ ميكانيكا التربة في التصميم:
 - ان يطبق الطالب المبادئ الأساسية لميكانيكا التربة في تصميم الأساسات وتقييم استقرار المنشآت.
4. استخدام تقنيات اختبار التربة:
 - ان يطبق الطالب تقنيات وطرق اختبار التربة (مثل اختبار القص، اختبار الانضغاط، واختبارات أخرى) لتحليل خصائصها وسلوكها.
5. فهم تفاعلات التربة مع المنشآت:
 - ان يقيم الطالب كيفية تفاعل التربة مع المنشآت المختلفة، بما في ذلك الأساسات، الجدران الاستنادية، ومنشآت الحفر.

الأهداف الخاصة

1. الأهداف الخاصة لمقرر دراسي في ميكانيك التربة تعنى بتحديد ما يتوقع أن يتقنه الطلاب بنهاية المقرر. يمكن تلخيص هذه الأهداف الخاصة كما يلي:
 - فهم خصائص التربة الأساسية:
 - ان يحدد الطالب ويشرح الخصائص الفيزيائية للتربة، مثل الحجم، الكثافة، والملمس، وكيفية تأثيرها على سلوك التربة.
2. إجراء اختبارات التربة:
 - ان يجري الطالب اختبارات مختبرية وميدانية لتحديد الخصائص الميكانيكية للتربة مثل قوة القص، معامل الانضغاط، ومعامل التمدد.
3. تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:

- ان يحلل الطالب استجابة التربة للأحمال المختلفة، مثل الأحمال الحية والميتة، وتقدير تأثيرها على استقرار الأساسات.
- 4. تصميم الأساسات:
 - ان يصمم الطالب أنواع مختلفة من الأساسات (مثل الأساسات السطحية والعميقة) بناءً على خصائص التربة والأحمال المؤثرة.
- 5. تقييم استقرار التربة:
 - ان يقيم الطالب استقرار التربة وتحليل المخاطر المتعلقة بالانزلاقات الأرضية والهبوط التأسيسي.
- 6. تطبيق مبادئ ميكانيكا التربة:
 - ان يطبق الطالب مبادئ ميكانيكا التربة في حل مشكلات تصميم الأساسات والإنشاءات، مثل تحديد القدرة التحملية للتربة وتوزيع الأحمال.
- 7. تقدير تأثير الرطوبة:
 - ان يقدر الطالب تأثير محتوى الرطوبة في التربة على سلوكها وخصائصها، وكيفية التعامل مع التغيرات في الرطوبة.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- إدارة مشكلات التربة:
- ان يشخص الطالب ويعالج المشكلات المتعلقة بالتربة مثل الهبوط، التورم، والانزلاقات الأرضية.
- تطبيق معايير الجودة والسلامة:
- ان يفهم الطالب وتطبيق معايير الجودة والسلامة المتعلقة بتصميم وتنفيذ الأساسات ومشاريع التربة.
- استخدام البرمجيات الهندسية:
- ان يوظف الطالب البرمجيات الهندسية المتخصصة في تحليل وتصميم التربة والأساسات، مثل برامج النمذجة والمحاكاة.
- التفكير النقدي والتحليلي:
- ان يطور الطالب مهارات التفكير النقدي والتحليلي لتحليل بيانات التربة وتقييم نتائج الاختبارات والتصميمات.
- التواصل الفعال:
- ان يعد الطالب تقارير فنية توضح نتائج الاختبارات وتحليل التربة، والتواصل بفعالية مع الفرق الهندسية والعملاء.
- مواكبة التطورات الحديثة:
- ان يتابع الطالب أحدث التطورات في مجال ميكانيكا التربة والتقنيات الجديدة لتحسين تصميم وبناء الأساسات.
-

المتطلبات السابقة

• يجب على الطالب ان يكون على معرفة بالعمليات الحسابية وحل المعادلات

الاهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية	الاية التقييم
ت	فهم خصائص التربة الأساسية:
1	تحديد وشرح الخصائص الفيزيائية للتربة، مثل الحجم، الكثافة، والملمس، وكيفية تأثيرها على سلوك التربة.
2	إجراء اختبارات التربة:
3	إجراء اختبارات مختبرية وميدانية لتحديد الخصائص الميكانيكية للتربة مثل قوة القص، معامل الانضغاط، ومعامل التمدد.
4	تحليل سلوك التربة تحت الأحمال:

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
المقرر نظري وعملي	1. المحاضرات النظرية والعملية
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.

المحتوى العلمي

تقنيات الموارد المائية

م	ع	ن	عدد الساعات الأسبوعية	النظام مقررات	القسم والفرع العلمي تقنيات البيئة والموارد المائية
3	2	1			
Soil mechanics				المستوى الثاني	مفردات مادة اساسيات ميكانيك تربة
هدف المادة العام .: تهدف المادة بصورة عامة تعرف الطالب بالتربة من الناحية الهندسية ومعرفة بعض الفحوصات المختبرية والحقلية لايجاد خواصها الهندسية وترصين خبرة الطالب التطبيقية في اعمال تثبيت ورص التربة والمكانن المستخدمة في ذلك .					

الأسبوع	المفردات النظرية
2 – 1	تعريف التربة , اصلها وتكوينها وتصنيفها حسب وجودها في الطبيعة (رسوبية , متبقية , دفن) وتمثيل التربة هندسياً .
4 – 3	العلاقات الفيزيائية لمكونات التربة : - العلاقات الحجمية (المسامية , نسبة الفجوات , درجة الاشباع ونسبة الهواء) العلاقات الوزنية (الكثافة الكتلية , الكثافة المشبعة , الكثافة الغاطسة , الكثافة الجافة , الكثافة النسبية) .
5	الوزن النوعي للتربة تعريف الوزن النوعي للتربة , اهميته وعلاقته الفيزيائية مع مكونات التربة .
7 - 6	التحليل الحجمي لدقائق التربة : - (التحليل الخشن باستخدام طريقة المناخل والتحليل الناعم باستخدام طيقة المكثاف) .
8	الربط بين التحليل الخشن والتحليل الناعم (امثلة رياضية محلولة لنماذج تربة) .
9	حدود اتبرك للتربة : - (حد السيولة , حد اللدونه , حد التقلص او الانكماش) .
11 – 10	تصنيف التربة (طريقة النظام الموحد , نظام الطرق الامريكية ASH TTO نظام معهد ماسوشيش , نظام التربة الثلاثي)
12	حركة الماء داخل التربة ونفاذية التربة
14 – 13 15	قانون دارسي , العوامل المؤثرة على النفاذية في التربة , طرق قياس معامل النفاذية مختبرياً (طريقة عمود الماء الثابت والمتغير)

قياس معامل النفاذية موقعياً وعمل مشبك حركة الماء داخل التربة (FLOW NET) رص التربة : فحص بروكتر القياسي , فحص بروكتر المعدل وخطوط نسب الهواء .	
---	--

المصادر :-

الفحوصات الحقلية والمختبرية في ميكانيك التربة والاعمال الترابية 1966 / أعداد مكرم انور الشيخ .
هندسة التربة / حامد السعيدى .
ميكانيك التربة / د . ممتاز حبابة .

"Engineering properties of soils and measurement " , Bowles .J .E; 2nd
edition . 1982

المفردات العملية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
1	الاطلاع على مختبر ميكانيك التربة , التعرف على الاجهزة وتعلم كيفية كتابة التقرير .
2	فحص المحتوى المائي للتربة .
3	فحص كمية المواد العضوية للتربة .
4	ايجاد الوزن النوعي للتربة .
5 - 6	تطبيقات رياضية حول العلاقات الفيزيائية للتربة .
7	فحص التدرج الحبيبي للتربة (التحليل الخشن بأستخدام طريقة المناخل) .
8	فحص التدرج الحبيبي للتربة (التحليل الناعم بأستخدام طريقة المكثاف) .
9	تطبيقات رياضية حول ربط التحليل الخشن والناعم .
10	ايجاد حدود أتربرك (فحص حد السيولة , حد اللدونة وحد الانكماش) .
11	تطبيقات رياضية حول حدود اتربرك وكيفية استخدامها تطبيقات التربة .
12	فحص نفاذية التربة بأستخدام طريقة عمود الماء الثابت .
13	فحص نفاذية التربة بأستخدام طريقة عمود الماء المتغير .
14	فحص بروكتر القياسي .
15	فحص بروكتر المعدل .