وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني العمارة
قسم التقنيات المدنية

الحقيبة التدريسية لمادة

ميكانيك التربة

المرحلة الثانية

تدريسي المادة
سارة طالب كتاب

الفصل الدراسي الاول

جدول مفردات مادة ميكانيك التربة

الاسبوع	المفردات
١	تعريف التربة ، مقدمة جيولوجية لأنواع الصخور ، كيفية تكون التربة من الصخور .
٢	مكونات التربة ، الخصائص الفيزيائية للتربة (المحتوى الرطوبي ، المسامية ،نسبة الفراغات ، الكثافة الرطبة والجافة ، الكثافة المشبعة و المغمورة ، الوزن النوعي) .
٣ - ٤	التحليل الحبيبي للتربة (طريقة المناخل وطريقة المكثاف) .
٥	خصائص اللدونة في التربة (حد السيولة ، حد اللدونة ، حد الانكماش) .
٦ - ٧	تصنيف التربة ، استخدام طريقة التصنيف الموحدة (Unified Classification System) .
٨ - ٩	نفاذية التربة (Permeability) ، نفاذية الترب الخشنة ، نفاذية الترب الناعمة ، طرق قياسها حقليا ومختبريا .

١٠	أنواع الاجهادات في التربة ، الاجهاد الكلي (Total Stress) والاجهاد الفعال (Effective Stress) .
١١	الضغط الجانبي للتربة (Lateral Earth Pressure) مع شرح انواع المرشحات (Filters) .
١٢	تحسين خواص التربة (Soil Stabilization) ، الطريقة الميكانيكية (الرص Compaction)
١٣	انواع فحوصات الرص المختبرية ، طرق الرص الحقلية .
١٤ - ١٥	الطرق الاخرى لتحسين خواص التربة وتثبيتها (التثبيت بالسمنت ، التثبيت بالأسفلت ، التثبيت بالنورة) .

الهدف من دراسة مادة ميكانيك التربة (الهدف العام) : الهدف الرئيسي من دراسة مادة ميكانيك التربة هو فهم سلوك التربة تحت تأثير الأحمال المختلفة، وتطبيقات ذلك في تصميم المنشآت الهندسية المختلفة مثل المباني والجسور والسدود. يهدف ذلك إلى ضمان استقرار هذه المنشآت وسلامتها على المدى الطويل، مع الأخذ في الاعتبار الجوانب الاقتصادية للتصميم.

تهدف دراسة مادة ميكانيك التربة للمرحلة الثانية الى:

١- فهم خصائص التربة الفيزيائية والميكانيكية مثل القوة، والنفاذية، والتماسك، وقابلية الانضغاط، وغيرها.
٢- تحليل سلوك التربة تحت الأحمال وذلك لتحديد مدى قدرة التربة على تحمل الأحمال الواقعة عليها من المنشآت.
٣- تصميم أساسات آمنة واقتصادية بناءً على تحليل سلوك التربة، يتم تصميم الأساسات التي تنقل الأحمال من المنشآت إلى التربة بأمان واقتصادية.
٤- فهم تأثير الماء على التربة دراسة حركة الماء في التربة وتأثيرها على استقرار التربة والمنشآت.
٥- تطبيقات ميكانيك التربة في مشاريع البناء المختلفة مثل تصميم السدود، والأنفاق، والطرق.

الفئة المستهدفة:

طلبة المرحلة الثانية / قسم التقنيات المدنية

التقنيات التربوية المستخدمة:

١- سبورة واقلام
٢- السبورة التفاعلية
٣- عارض البيانات Data Show
٤- جهاز حاسوب محمول Laptop
٥- العروض التقديمية PowerPoint
٦- التعليم التكيفي
٧- الذكاء الاصطناعي

الاسبوع الأول

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من دراسة التربة والصخور هو فهم طبيعة القشرة الأرضية ومكوناتها وخصائصها وكيفية تفاعل هذه المكونات مع بعضها البعض ومع الكائنات الحية، بالإضافة إلى معرفة أهمية التربة والصخور في مختلف المجالات، مثل المنشآت والبناء.

١- فهم طبيعة التربة والصخور.
٢- تطبيق المعرفة المكتسبة حول التربة والصخور في مجالات مختلفة مثل البناء (تحسين اختيار التربة المناسبة للأساسات).
٣- فهم تأثير الصخور على التربة.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: (تعريف التربة ، مقدمة جيولوجية لأنواع الصخور ، كيفية تكون التربة من الصخور)

التربة (Soil):

هي خليط معقد لنواتج التجوية يوجد عادة فوق الصخور، مكون من حبيبات معدنية قد تكون سائبة أو على درجات مختلفة من التماسك، مع كمية مختلفة من المواد العضوية تكون عادة الطبقة العليا للتربة. يوجد بين حبيبات التربة فراغات أو مسامات تحوي على الهواء أو الماء أو كلاهما.

تتعرض الصخور في الطبيعة لعوامل التعرية والتجوية المختلفة مما يؤدي إلى تفتت و تحلل مكوناتها مكونة التربة. قد تبقى نواتج التجوية في محلها فوق الصخور الأم وتعرف حينها بالترب المتبقية (soils Residual)، أو تقوم عوامل النقل المتمثلة بالجاذبية والرياح والمياه والجليد بنقل النواتج وترسيبها في مناطق أخرى لتعرف عندها بالترب المنقولة (soils Transported) مثل الترب الريحية (Aeolian soils) والترب المائية (Aqueous soils) والترب الجليدية (Glacial soils) وغيرها.

تمتاز الترب المتبقية بما يأتي:

أ- وجود قطاع متدرج للتربة.

ب- معادن التربة المتبقية لها علاقة مباشرة بالصخرة الأم.

ج- تكون حبيبات التربة حادة غالبا.

د- تحوي التربة فتات الصخر الأصلي ويكثر بالطبقات السفلى منها.

هـ- يعتمد سمكها على عمق التجوية والمناخ وطبيعة الصخر والزمن وغيرها.

التركيب المعدني للتربة (soil of Mineralogy)

لأنواع المعادن أهمية في تحديد خواص الترب الهندسية. في الرمل (Sand) تكون المعادن ذات مقاومة عالية لعوامل التجوية الميكانيكية مثل الكوارتز. في الطين (Clay) يكون التركيب المعدني أكثر تعقيدا وتأثيرا في الخواص الهندسية. تتكون المعادن الطينية بفعل التجوية الكيميائية للصخور، وهي سلكيات الألمنيوم المائية تتمثل بعدد من المعادن منها الكاؤولينايت والمونتمورلينايت والايلايت.

خصائص ترب العراق

تختلف ترب العراق باختلاف المناطق والأعماق. توجد في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية تربا صلبة جدا مثل الطين المتحجر والمارل مخلوط جزء منها بالجبس. في وسط العراق وجنوبه، تكون الترب السطحية متماسكة من الطين والغرين بنسب مختلفة تليها في العمق تربا غير متماسكة رملية وحصوية.

كذلك في مناطق أقصى جنوب العراق مثل البصرة والفاو فان الترب المتماسكة تمتد من سطح الأرض لعمق 24م ، تمثل الرواسب النهرية الحديثة وتكوين الحمار تليها الترب الرملية والرملية الغرينية التي تمثل سطح تكوين الدبدبة

تعد ترب السهل الرسوبي تربا منقولة من تجوية الصخور في شمال العراق، حيث نقلت مياه الأنهار تلك المفتتات ورسبتها فيه، وهي تتصف بارتفاع نسب الطين والغرين وقلة نسبة الرمل، وهي ترب حديثة التكوين تغطيها في السابق مياه البحر، وبسبب عمليات التبخير والترسيب اللاحقة فقد تراكمت فيها أنواعا مختلفة من الأملاح تتمثل بالكبريتات والكربونات والكلوريد آت، كما تحوي هذه الترب المواد العضوية بنسب متغايرة.

الصخور:

تشكيلات تحتوي على مجموعة من المعادن تتواجد في الطبيعة، وتكون جزءا أساسيا في تركيب القشرة الأرضية، وعلى هذا يكون الصخر ذو خاصية مميزة تفرقه عن صخر آخر وتجعله وحدة قائمة بذاتها. ويعتبر الصخر الوحدة الأساسية في بناء الأرض، أما المعدن فهو وحدة الصخر نفسه. وتختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها وعلاقة هذه المعادن ببعضها البعض في الصخر الواحد.

الصخور، أو الأحجار، تتكون عبر عمليات جيولوجية طويلة ومعقدة، وتشمل ثلاثة أنواع رئيسية: الصخور النارية، الرسوبية، والمتحولة. كل نوع يتشكل بطريقة مختلفة نتيجة لتأثيرات طبيعية مختلفة على مر الزمن

تصنف الصخور من حيث التكوين الجيولوجي الى: -

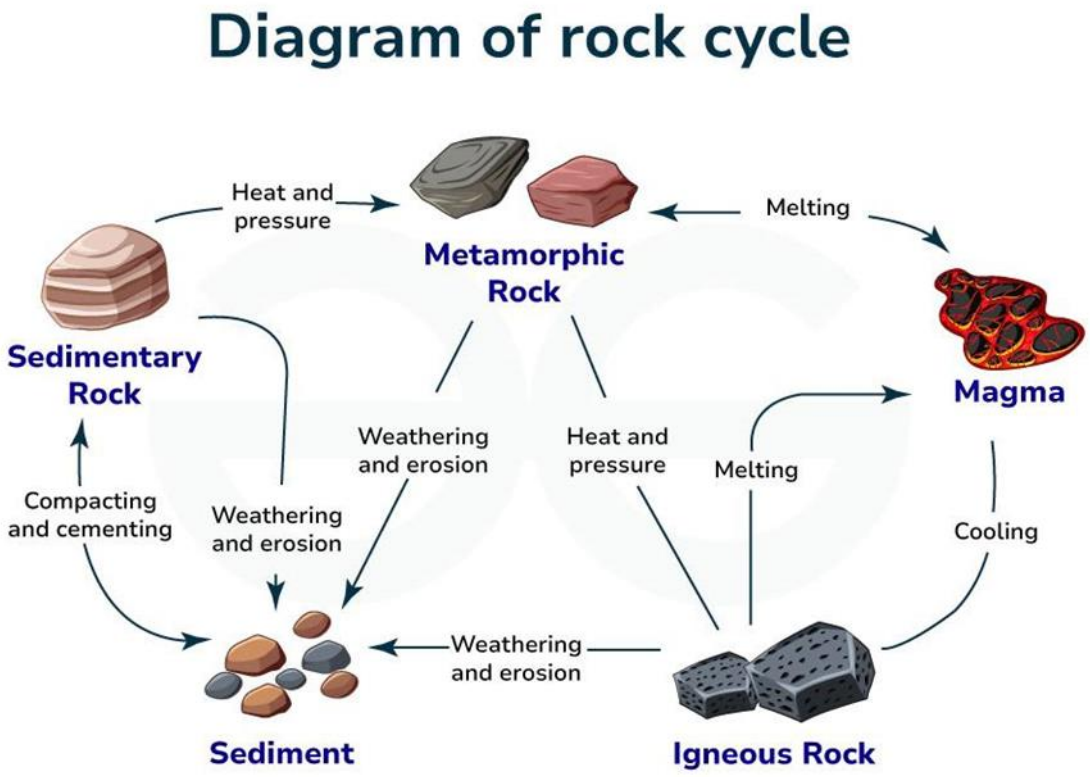
١. الصخور النارية: تتشكل من تبريد وتصلب الصهارة (الصخر المنصهر) الموجودة في باطن الأرض أو على سطحها. عندما تبرد الصهارة ببطء تحت الأرض، تتشكل بلورات كبيرة، مثل الجرانيت، بينما تبرد الحمم البركانية بسرعة على السطح، مشكلة بلورات صغيرة أو زجاج بركاني، مثل الأوبسيديان.

٢. الصخور الرسوبية: تتشكل من تراكم وترسب فتات الصخور القديمة، والمعادن، ومواد عضوية (مثل بقايا النباتات والحيوانات). هذه الرواسب تتراكم في طبقات عبر فترات زمنية طويلة، ثم تتصلب بفعل الضغط والترابط الكيميائي، لتشكل الصخور الرسوبية مثل الحجر الرملي والحجر الجيري.

٣. الصخور المتحولة: تتشكل من تحول الصخور النارية أو الرسوبية الموجودة بفعل الحرارة والضغط الشديدين في أعماق الأرض. هذا التحول يغير تركيب الصخر الأصلي، ويشكل صخورًا جديدة ذات خصائص مختلفة، مثل الرخام الذي يتشكل من الحجر الجيري.

وبشكل عام، فإن عملية تكوين الصخور هي عملية مستمرة على سطح الأرض، حيث تتغير الصخور باستمرار وتتحول من نوع إلى آخر عبر هذه العمليات الجيولوجية المختلفة.

يوضح الشكل دورة الصخور في الطبيعة



كيفية تكون التربة من الصخور

تنشأ التربة من تكوينات صخرية عن طريق عمليات التجوية الميكانيكية والتجوية الكيميائية التي تسهم في تفكك الصخور و تحطمها وتهشمها وتفتتها إلى مادة أولية تسبق نشأة التربة و تكوينها.
تتكون التربة من خلال عملية تفتت الصخور وتحللها بفعل عوامل التجوية والتعرية، ثم إضافة المواد العضوية إليها. هذه العملية بطيئة وتستغرق فترات طويلة من الزمن، قد تصل إلى ملايين السنين. و تكوينها.
وتتطور التربة وتنمو بعد نشأتها متأثرة بعوامل متعددة مثل نوع الصخر الأم الذي اشتقت منه التربة والمواد الأولية والمناخ والطبوغرافيا والكائنات الحية و الزمن.
و تستغرق نشأة التربة عشرات السنين حيث تتعرض خصائصها الطبيعية والكيميائية إلى التغير مع مرور الزمن .

الاسبوع الثاني

الهدف التعليمي: الهدف التعليمي من دراسة مكونات التربة هو تمكين الطلاب من فهم تركيب التربة ووظائفها و مكوناتها الاساسية ، التعرف على الخصائص الفيزيائية للتربة ، التعرف على انواع الكثافات

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة أختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة : (مكونات التربة ، الخصائص الفيزيائية للتربة (المحتوى الرطوبي ، المسامية ،نسبة الفراغات ، الكثافة الرطبة والجافة ، الكثافة المشبعة و المغمورة ، الوزن النوعي).

مكونات التربة:
تتكون التربة من أربع مكونات رئيسية: المواد المعدنية، والمادة العضوية، والماء، والهواء. المواد المعدنية هي شظايا الصخور والمعادن المكسورة، وتشكل الجزء الأكبر من التربة. المادة العضوية هي بقايا النباتات والحيوانات المتحللة، وتلعب دورًا حيويًا في خصوبة التربة. الماء ضروري لنمو النباتات وعمليات التربة، بينما يوفر الهواء المساحة اللازمة لتهوية التربة.

تتكون التربة بشكل عام من أربعة مكونات رئيسية بنسب تقريبية هي: ٤٥% مواد معدنية، ٥% مواد عضوية، ٢٠-٣٠% ماء، و٢٠-٣٠% هواء. هذه النسب هي مجرد متوسطات، وقد تختلف قليلاً حسب نوع التربة والظروف المحيطة بها.

١- المواد المعدنية: تتكون من حبيبات ذات أحجام مختلفة، مثل الرمل والطمي والطين، وتلعب دورًا في تحديد خصائص التربة الفيزيائية.
٢- المادة العضوية: تتكون من بقايا النباتات والحيوانات المتحللة، وتسمى أيضًا الدبال، وهي مصدر رئيسي للعناصر الغذائية للنباتات وتساهم في تحسين هيكل التربة.
٣- ماء التربة: يتواجد في مسام التربة، وهو ضروري لامتصاص النباتات للعناصر الغذائية، وتنظيم درجة حرارة التربة، ويدعم الحياة الميكروبية.
٤- هواء التربة: يوجد في المسامات بين حبيبات التربة، وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية في التربة، بما في ذلك جذور النباتات.

إن التربة يمكن وصفها بأنها نظام يتكون من ثلاث حالات الصلبة والسائلة والغازية . وأن الجزء الصلب منها يكون هيكلها ويحدد صفاتها الفيزيائية والميكانيكية وهذا الجزء يتكون من دقائق معدنية و عضوية تختلف إحجامها اختلافا كبيرا جدا ونتيجة لهذا الاختلاف بين حبيباتها فأن التربة سوف تختلف في صفاتها تبعا لنسبة مكوناتها المئوية من الدقائق ، أي تبعا لنسجتها .
أن دقائق التربة الأولية (الرمل والغرين والطين) المتواجد بصورة مفرده في الأحوال الاعتيادية وإنما تتجمع مع بعضها مكونة ما يدعى بالمجمعات التجمعات أو الحبيبات (Aggregates) وهذه التجمعات تكون مرتبطة مع بعضها بعوامل تسمى عوامل ربط (agents Cementing) وأن الهيئة التي تتجمع بها دقائق التربة مع بعضها تسمى بناء التربة (structure Soil) . إن نسجه التربة وبنائها يحددان صفات التربة الفيزيائية أي هما اللذان يحددان قابلية التربة على تهيئة الظروف الفيزيائية اللازمة لها.

الخواص الأساسية (الخصائص الفيزيائية للتربة) :

ذكرنا سابقا إن التربة تتكون من ثلاثة مكونات أساسية هي الحبيبات الصلبة (Solid particles) والفراغات بين هذه الحبيبات (Voids) والماء أو الهواء أو كلاهما داخل هذه الفراغات . تكون التربة جافة (Dry) إذا كانت فراغاتها مليئة بالهواء وحده، ومشبعة جزئياً بالماء (Partially saturated) إذا تقاسم الهواء والماء فراغاتها، ومشبعة تماماً بالماء (Fully saturated) إذا ملأ الماء كل فراغاتها.

العلاقات الوزنية – الحجمية للتربة (Weight – volume relationships):

١- محتوى الرطوبة (Water or moisture content): هو النسبة بين وزن الماء في فراغات التربة ووزن الحبيبات الصلبة معبراً عنه بنسبة مئوية:

$$W=\frac{M_w}{M_s}x100\%$$

يقاس محتوى الرطوبة عن طريق تجفيف عينة من التربة في فرن التجفيف الخاص (Drying oven) على درجة حرارة قياسية تترا وح مابين ١٠٠- ١٠٥° م، ومقارنة وزنها قبل وبعد عملية التجفيف كما تحدد المواصفات المتعلقة بإجراء هذا الفحص.

٢- درجة التشبع بالماء (Degree of) saturation): هي النسبة بين حجم الماء في فراغات التربة إلى الحجم الكلي للفراغات:

$$S_r = \frac{v_w}{v_v}x100\%$$

تكون درجة التشبع صفراً للعينات الجافة Sr =0 و ١٠٠ % للعينات المشبعة تماماً بالماء

٣- نسبة الفراغات (Voids ratio) : وهي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى حجم الجزء الصلب (الحبيبات الصلبة).

$$e=\frac{v_v}{v_s}$$

٤- المسامية (Porosity): هي النسبة بين حجم الفراغات الموجودة في التربة إلى الحجم الكلي للتربة:

$$n=\frac{v_v}{v}$$

ترتبط المسامية (n) بنسبة الفراغات (e) بالعلاقة الآتية:

$$n=\frac{e}{1+e} \qquad \text{او} \qquad e=\frac{n}{1-n}$$

٥- محتوى الهواء :وهو النسبة بين حجم الهواء الموجود في فراغات التربة إلى الحجم الكلي للتربة:

$$A=\frac{v_A}{v}$$

٦- الكثافة (Bulk density): هي النسبة بين الكتلة الكلية للتربة إلى حجمها الكلي:

$$P=\frac{M}{V}$$

تقاس الكثافة بوحدات كيلوغرام/ متر مكعب (Kg/m^3) أو غرام/ سنتمتر مكعب (g/cm^3) أو طن/ متر مكعب .(t/m^3) أما كثافة الماء فيرمز لها بـ (p^w) وقيمتها تساوي ١غم/ سم٣ أو ١٠٠٠ كغم/ م.٣

٧- الكثافة الوزنية (Unit weight): هي النسبة بين الوزن الكلي إلى الحجم الكلي للتربة:

$$\gamma=\frac{W}{V}=\frac{M.g}{V} \quad ,\gamma=P.g$$

٨- الوزن النوعي للحبيبات الصلبة (Specific gravity): ويعرف بأنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى وزن كمية من الماء تشغل نفس الحجم:

$$G_S=\frac{M_S}{V_S P_S}$$

يمكننا أيضا اشتقاق المعادلات الآتية:

درجة التشبع بالماء

$$S_r = \frac{W.G_S}{e}$$

وعندما تكون Sr = ١، أي عندما تكون التربة مشبعة تماماً بالماء، فان نسبة الفراغات تساوي:

$$e = W.G_s$$

والكثافة الكتلية تساوي

$$p = \frac{G_s(1+w)}{1+e} p^w$$

$$p = \frac{(G_s + s_r.e)}{1+e} p^w$$

وعندما تكون Sr = ١، فان الكثافة الكتلية المشبعة تساوي:

$$p_{sat} == \frac{(G_s + .e)}{1+e} p^w$$

وعندما تكون Sr = ٠، فان الكثافة الكتلية الجافة تساوي:

$$p_d == \frac{G_s}{1+e} p^w$$

وبطريقة مماثلة، نستنتج أن الكثافة الوزنية تساوي:

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

أمثلة محلولة:
مثـال (١) عينة من التربة تزن بحالتها الطبيعية ٢٢٩٠ غراماً وحجمها ٠,٠٠١١٥ م.٣ بعد تجفيف العينة في الفرن أصبح وزنها ٢٠٣٥ غراماً. أحسب الكثافة (P)، الكثافة الوزنية (p^w)، محتوى الرطوبة (W)، نسبة الفراغات (e)، المسامية (n)، درجة التشبع بالماء (Sr) ومحتوى الهواء (A) إذا علمت أن الوزن النوعي للحبيبات الصلبة (2.68) = (Gs)

الحـل :

P=$\frac{m}{w}$=$\frac{2.290}{1.15x10^{-3}}$=1990 kg/m³ = 1.99 g/cm³

γ=$\frac{m}{v}$g= 1990 x 9.8 = 19500 N/m³ = 19.5 KN/ m³

w=$\frac{m_s}{m_v}$=$\frac{2290-2035}{2035}$= 0.125 or 12.5 %.

p=$\frac{G_s(1+W)}{1+e}p^w$ نسبة الفراغات من المعادلة

نعوض،

1990=$\frac{2.68(1+0.125)}{1+e}$

e=(2.68 1.25x$\frac{1000}{1990}$)_1=0.52

n=$\frac{e}{1+e}$=$\frac{0.52}{1+0.52}$=0.34=34%

S_r=$\frac{wG_S}{e}$-=$\frac{0.125x2.68}{0.52}$=0.645=64.5%

A=n(1_S_r)= 0.34(1_0.645)= 0.121= 12.1%

الأسبوع الثالث و الرابع

الهدف التعليمي (الاساسي): الهدف التعليمي من دراسة التحليل الحبيبي للتربة هو تمكين الطلاب من فهم توزيع أحجام الحبيبات المختلفة في التربة وتحديد خصائصها الفيزيائية والهندسية. يتيح لهم ذلك تحديد مدى ملاءمة التربة للاستخدامات الهندسية المختلفة مثل إنشاء الطرق والسدود والمباني.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: التحليل الحبيبي للتربة (طريقة المناخل وطريقة المكثاف) .

التحليل الحبيبي للتربة:

هو عملية معملية تهدف إلى تحديد توزيع أحجام الحبيبات المختلفة الموجودة في عينة التربة. يتم ذلك عن طريق فصل الحبيبات حسب أحجامها باستخدام مناخل ذات أحجام فتحات مختلفة، ثم يتم وزن الكميات المتبقية على كل منخل لإنشاء منحنى التوزيع الحبيبي. هذا المنحنى يعطي معلومات قيمة حول خصائص التربة مثل نفاذيتها، وقابليتها للانضغاط، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء، مما يساعد في تقييم مدى ملاءمتها للاستخدامات الهندسية المختلفة.

خطوات التحليل الحبيبي للتربة:

١- أخذ عينة: يتم أخذ عينة ممثلة من التربة المراد تحليلها.
٢- التجفيف: يتم تجفيف العينة للتخلص من الرطوبة.
٣- المنخل: يتم استخدام مجموعة من المناخل ذات أحجام فتحات مختلفة.
٤- الغربلة: توضع العينة في المنخل العلوي ثم يتم هز المناخل لفصل الحبيبات حسب حجمها.
٥- الوزن: يتم وزن كمية الحبيبات المتبقية على كل منخل.
٦- التحليل: يتم رسم منحنى التوزيع الحبيبي بناءً على نتائج الوزن.

اهمية التحليل الحبيبي للتربة:

١- تقييم خصائص التربة: يساعد في فهم سلوك التربة وتحديد مدى ملاءمتها لمشاريع البناء والهندسة.
٢- تحديد نوع التربة: يساهم في تصنيف التربة إلى رملية، طينية، أو مزيج من الاثنين.
٣- تحديد مدى تماسك التربة: يساعد في تحديد مدى تماسك التربة وقدرتها على مقاومة التغيرات.
٤- تحديد تأثير المياه: يوضح تأثير وجود المياه وحركتها داخل التربة.

أنواع التحليل الحبيبي:

اولا: التحليل بالمناخل: يستخدم للتربة التي تحتوي على حبيبات كبيرة نسبيًا (رمل وحصى).

ثانيا: اختبار الهيدروميتر(طريقة المكثاف): يستخدم للتربة ذات الحبيبات الدقيقة (طين وغرين) حيث يتم تحديد أحجام الحبيبات من خلال سرعة ترسيبها في سائل.

الهدف من التحليل الحبيبي تحديد نسبة كل حجم حبيبي في التربة.

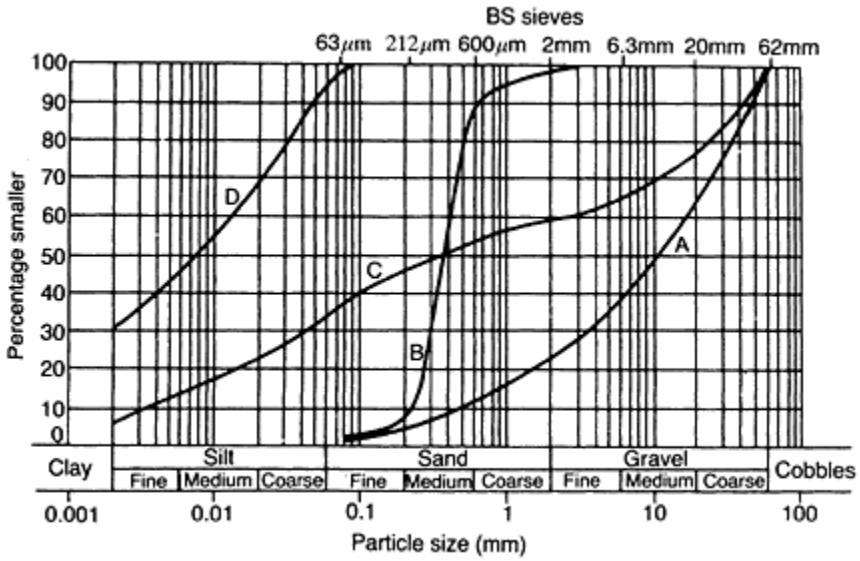
١- فهم توزيع الحبيبات: يهدف التحليل الحبيبي إلى تحديد نسب الحبيبات المختلفة في التربة حسب أحجامها (مثل الرمل، الغرين، الطين).
٢- تحديد الخصائص الفيزيائية والهندسية: من خلال التحليل الحبيبي، يمكن تحديد خصائص التربة مثل النفاذية، القابلية للانضغاط، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.
٣- تصنيف التربة: يساعد التحليل الحبيبي في تصنيف التربة إلى أنواع مختلفة (مثل جيدة التدرج، سيئة التدرج) بناءً على توزيع الحبيبات.
٤- تقييم ملاءمة التربة: بناءً على خصائص التربة التي يتم تحديدها من خلال التحليل الحبيبي، يمكن تقييم مدى ملاءمتها للاستخدامات الهندسية المختلفة.
٥- تطبيق المعرفة في المشاريع الهندسية: يُمكّن فهم التحليل الحبيبي الطلاب من تطبيق هذه المعرفة في تصميم وتنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة.
٦- فهم تأثير حجم الحبيبات: يتعلم الطلاب كيف يؤثر حجم الحبيبات على سلوك التربة في ظروف مختلفة (مثل وجود الماء).

الخصائص الدالة (Index properties):

يمكن تقسيم الخصائص الدالة للتربة إلى قسمين رئيسين هما:

اولا: الخصائص الحبيبية (Grain properties): وتتعلق بخصائص الحبيبات التي تتشكل منها التربة وتدرس عادة من خلال فحص التدرج الحبيبي (Particle size distribution) باستعمال مناخل قياسية (Standard sieves) لتصنيف حبيبات الحصى (Gravel) والرمل (Sand) الخشنة أو بالتحليل الحجمي بالهيدروميتر (Hydrometer analysis) للحبيبات ذات القياسات الناعمة من الغرين (Silt) والطين (Clay).

وهما الطريقتان الأكثر شيوعاً لهذا الغرض. يتم تمثيل نتائج التدرج الحبيبي على منحنيات خاصة شبه لوغارتمية تسمى منحنيات التدرج الحبيبي (Particle size distribution curves) يكون قياس الحبيبات على المحور السيني لهذه المنحنيات، والنسبة المئوية للمار من كل غربال على المحور الصادي.



منحني التدرج الحبيبي للتربة

ثانيا: خصائص القوام (proprties Consistency): وتعبرعنها حدود أتربرغ (Atterberg limits) نسبة إلى العالم السويدي أتربرغ الذي كان أول من أشار إليها سنة ١٩١١ . تعتمد الفكرة على أساس أن الترب الحبيبية الدقيقة يمكن أن تتواجد في أربع حالات نسبة إلى محتواها المائي وهي الصلبة، وشبه الصلبة، واللدنة والسائلة. تؤدي إضافة الماء إلى تقليل الترابط بين الحبيبات واضعاف التربة. تعرف الحدود بين هذه الحالات كما يأتي:

١- حد السيولة (Liquid Limit): هو محتوى الرطوبة الذي تتحول عنده التربة من حالة اللدونة إلى حالة السيولة ويرمز له (LL).

٢- حد اللدونة (Plastic Limit): هو محتوى الرطوبة الذي تفقد عنده التربة خاصية اللدونة وتكون بحالة جافة نسبياً لا تسمح بتشكيلها إلى خيوط و يرمز له (PL) .

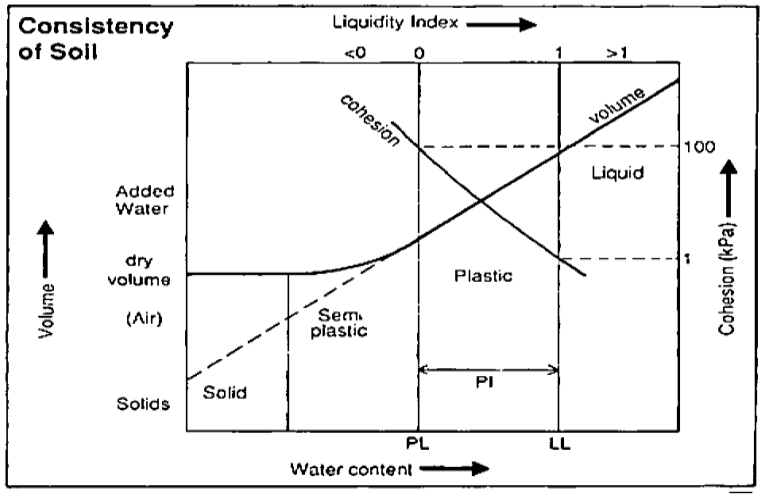
٣- حد الانكماش (Shrinkage Limit): هو محتوى الرطوبة الذي تنتقل عنده التربة من الحالة شبه الصلبة (Semi-solid state) إلى الحالة الصلبة (Solid state) ويرمز له (SL)

٤- دليل اللدونة ((Plasticity Index) (PI)): وهو الفرق العددي بين قيمتي حدي السيولة واللدونة للتربة:

$$PI = LL - PL$$

٥- دليل السيولة ((Liquidity Index) (LI)): ويبين مدى قابلية التربة لمقاومة التغير في شكلها، ويمكن إيجاده من العلاقة:

٦- دليل القوام ((Consistency Index) (Ic)): وتعبر عنه المعادلة:



تكمن الضرورة العملية لمعرفة التدرج الحبيبي للتربة في:

أ- أن التدرج الحبيبي للتربة هو المفتاح الأول لتصنيف التربة للأغراض الإنشائية، إذ تقسم التربة إلى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحتويها (حصى ورمل وغرين وطين). يساعد منحنى التدرج الحبيبي للتربة في تحديد كون التربة منتظمة التركيب (Uniform) أي تتكون من حبيبات متشابهة القياس أو جيدة التدرج (Well-graded) تتوزع فيها مقاسات الحبيبات من الصغير إلى الوسط إلى الكبيرأو سيئة التدرج (Poorly- graded) لا تحتوي على قياسات وسطية، أي أنها تتكون من حبيبات كبيرة وصغيرة دون ما هو بينهما.
ب- تُساعد معرفة التدرج الحبيبي للتربة في تقرير فاعلية تحسين خصائصها بواسطة الحدل.
ج- اختيار مواد الردميات أو المواد المالئة (Fill material).
د- اختيار مواد الطبقات الترابية لأعمال الطرق، مثل طبقة ما تحت الأساس والأساس وغيرها.
ه- اختيار المواد المناسبة للعمل كمرشحات (Filters) .
و- اختيار المواد المناسبة للاستعمال في الخلطات الخرسانية كالرمل والركام.
ز- اختيار الطريقة الأنسب لأعمال التقوية والحقن الكيمائي للتربة (Chemical injection).

الأسبوع السادس والسابع

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من دراسة تصنيف التربة هو تمكين الطلاب من تنظيم المعرفة حول خصائص التربة المختلفة، وفهم العلاقات بينها، وتسهيل عملية استرجاع هذه المعلومات عند الحاجة. كما يهدف إلى تزويدهم بالمهارات اللازمة لتصنيف التربة وتحديد أنواعها المختلفة بناءً على خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مما يساعد في اتخاذ القرارات المناسبة في مجالات البناء والهندسة والمنشآت.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين و العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة أختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات.
٥- أنشطة تقييمية علمية.

عنوان المحاضرة: تصنيف التربة ، استخدام طريقة التصنيف الموحدة (Unified Classification System) .

أنظمة تصنيف التربة الرئيسية:

١- نظام التصنيف الموحد للتربة (USCS): يعتمد هذا النظام على حجم الجسيمات ونسبها، بالإضافة إلى خصائص التربة الأخرى مثل اللدونة والتدرج.

٢- نظام AASHTO: يستخدم هذا النظام بشكل رئيسي في تصميم الطرق والأساسات، حيث يتم تصنيف التربة بناءً على أدائها في الاختبارات المعملية.

النظام الموحد لتصنيف التربة (USCS -Unified Soil Classification System) : يعتبر النظام الموحد لتصنيف التربة واحداً من أكثر النظم انتشا راً في أوساط المهندسين الذين يتعاملون مع التربة .وقد تم اعتماده من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM) كنظام لتصنيف التربة للأغرا ض الإنشائية.

اولا: تصنيف التربة الخشنة : وتقسم بموجب هذا النظام إلى المجموعتين:

تصنيف التربة في الهندسة المدنية يعتمد على عدة أنظمة، أبرزها نظام التصنيف الموحد للتربة (USCS) ونظام AASHTO. يهدف التصنيف إلى فهم خصائص التربة المختلفة لتحديد استخدامها في المشاريع الهندسية المختلفة. يشمل التصنيف تقسيم التربة إلى مجموعات رئيسية مثل التربة الحبيبية (الرمل والحصى) والتربة الدقيقة (الطمي والطين) بالإضافة إلى التربة العضوية.

أ- حصى وترب حصوية (Gravel and gravelly soils) ويرمز لها بالحرف (G).

ب- رمل وترب رملية (Sand and sandy soils) ويرمز لها بالحرف (S) .

ويقسم كل من الحصى والرمل إلى أربع مجموعات:

١- مواد جيدة التدرج (Well-graded) ويرمز لها بالحرف (W)

٢- مواد جيدة التدرج مع رابط طيني ممتاز (Excellent clay binder) ويرمز لها بالحرف (C) .

٣- مواد سيئة التدرج (Poorly-graded) ويرمز لها بالحرف (P).

٤- مواد خشنة (Coarse materials) تحتوي على مواد ناعمة (Fines) ويرمز لها بالحرف (M).

ثانيا: تصنيف التربة الناعمة : وتقسم الترب بموجب هذا النظام إلى ثلاث مجموعات:

أ- التربة الغرينية والرملية الناعمة جد اً Silty and very fine sandy soils ويرمز لها بالحرف M

ب- التربة الطينية غير العضوية (Inorganic clays) ويرمز لها بالحرف (C).

ت- الغرين والطين العضويين (Organic silts and clay) ويرمز لها بالحرف (O).

مجموعات التربة الرئيسية:

التربة الحبيبية: تشمل كل من ١- حصى: (Gravel) تتكون من حبيبات كبيرة نسبيًا.
٢-رمل: (Sand) تتكون من حبيبات متوسطة الحجم.

التربة الدقيقة: تشمل كل من ١- طمي: (Silt) تتكون من حبيبات صغيرة جدًا.
٢-طين: (Clay) تتكون من حبيبات مجهرية.

التربة العضوية: (Organic soils) تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية.

رموز التصنيف في نظام USCS:

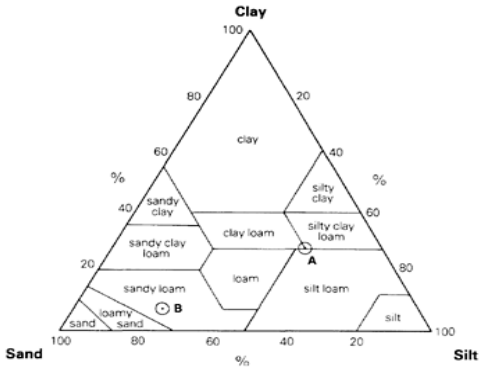
W: يشير إلى تدرج جيد للتربة.
P: يشير إلى تدرج ضعيف للتربة.
H: يشير إلى اللدونة العالية.
L: يشير إلى اللدونة المنخفضة.

أمثلة على تصنيف التربة:

SW: رمل جيد التدرج.
CL: طين لدونة منخفضة.
SP: رمل ضعيف التدرج.
OL: تربة عضوية لدونة منخفضة.

أهمية تصنيف التربة:

١- تحديد مدى ملاءمة التربة للاستخدامات الهندسية المختلفة (مثل الأساسات، الطرق، السدود).
٢- تحديد خصائص التربة الميكانيكية (مثل مقاومة القص، الانضغاطية).
٣- تقدير سلوك التربة تحت الأحمال المختلفة.
٤- تحديد أفضل طرق المعالجة للتربة لتحسين خصائصها.



احدى مثلثات تصنيف التربة

Unified Soil Classification System
(ASTM designation D-2487)

Major Division			Group Symbols	Typical Names	Classification Criteria	
Coarse-grained soils More than 50% retained on 75 μm (No. 200) sieve	Gravels 50%or more of coarse fraction retained on 4.75 mm (No. 4) sieve	Clean Gravels	GW	(Well-graded) gravels and gravels-sand mixtures, litter or no fines	Classification on basis of percentage of fines Less than 5% pass 75 μm sieve GW, GP, SW, SP More than 12% pass 75 μm sieve M, GC, SM, SC 5% to 12% pass 75 μm sieve Borderline classification	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Greater than 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$
			GP	(Poorly graded) gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines		Not meeting both criteria for GW
			GM	Slity gravels, gravel-sand-silt mixtures		Atterberg limits plot below "A" line or plasticity index less than 4
			GC	Clayey gravels, gravel-sand-clsy mixtures		Atterberg limits plot above "A" Line and plasticity index greater than 7
	Sands More than 50% of coarse Fraction passes 4.75 mm (No. 4) sieve	Gravels with fines	SW	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines		$C_u = D_{60}/D_{10}$ Greater than 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$
			SP	Poorly graded sands and gravelly sands, little or no fines		Not meeting both criteria for SW
		Sands With fines	SM	Silty sands, sand-silt mixtures		Atterberg limits plot below "A" line or plasticity index less than 4
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures		Atterberg limits plot above "A" Line and plasticity index greater than 7

الاسبوع الثامن والتاسع

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من دراسة نفاذية التربة هو فهم كيفية تدفق المياه أو السوائل عبر التربة، وهو أمر حيوي لتصميم المنشآت الهندسية بشكل صحيح. معرفة نفاذية التربة تساعد في تحديد مدى استقرار السدود والمنشآت الترابية، وتجنب مشاكل التسرب والترسبات، وتصميم الأسس بشكل فعال، والتعامل مع مشاكل المياه الجوفية

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: نفاذية التربة (Permeability) ، نفاذية الترب الخشنة ، نفاذية الترب الناعمة ، طرق قياسها حقليا ومختبريا .

نفاذية التربة (Permeability Soil): يقصد بنفاذية التربة مقدرتها على توصيل املاء أو سهولة حركته في فراغاتها . وتعتمد هذه النفاذية على المسامية وحجم الفراغ الواحد ومدى اتصال الفراغات بعضها ببعض والانحدار الهيدروليكي. فإذا كانت الفراغات في التربة غير متصلة بعضها ببعض فإن النفاذية تكون منخفضة حتى لو كانت المسامية عالية وحجم الفراغ الواحد كبيرا. كما و أن الترب الأعلى مسامية ليست دائما هي الأعلى نفاذية لأنه يجب ان يتلازم ازدياد المسامية واتساع حجم الفراغ الواحد مع كمية الفراغات المتصلة، ولذلك فأن التربة الطينية الأعلى مسامية من الترب الرملية تكون أقل منها نفاذية لأن حجم الفراغ الواحد في الطين صغير جدا مما يجعل الاحتكاك يستنفد جزء كبير من الطاقة ويحد من سرعة حركة الماء

ويمكن ان تعرف النفاذية على أنها مقياس كمي للتعبير عن مدى سرعة انتقال المياه خلال مسامات الترب والصخور بفعل الجاذبية الأرضية والانحدار الهيدروليكي (ميل مستوى المياه الجوفية)، ولذلك يطلق على معامل النفاذية بالتوصيلية الهيدروليكية (Hydraulics Conductivity) والتي تعني قدرة الوسط المسامي على نقل المياه، حيث ان قيم النفاذية تتباين في الوسط المسامي إذ تزداد قيم النفاذية من ٠,٠٣ سم/ساعة في الترب الطينية إلى ١١,٧٨سم/ساعة في الترب الرملية، إن النفاذية تقسم إلى سبع درجات على وفق سرعة تسرب المياه خلال المسامات المتواجدة بين حبيبات الترب والصخور المكونة للقشرة الأرضية، إذ تتدرج سرعة النفاذية من بطيئة جداً عندما تنخفض السرعة عن ٠,٢١٥ سم/ساعة إلى سريعة جداً عندما تتجاوز سرعة نفاذ المياه حدود ٢٥ سم/ساعة.

اما العوامل المؤثرة في النفاذية Factors Effecting Permeability

أن نفاذ المياه في الوسط المسامي وسرعة تحركها يتوقف على العديد من العوامل والتي من أبرزها ما يأتي:

أ- حجم الحبيبات : إن زيادة خشونة الحبيبات يؤدي إلى زيادة حيز الفراغات التي تشغلها المسامات المتواجدة بين الحبيبات مما يؤدي إلى زيادة النفاذية.

ب- تجانس الحبيبات: إن تباين أحجام الحبيبات يؤدي إلى انخفاض النفاذية حتى وإن كان الوسط المسامي يضم حبيبات كبيرة الحجم وذلك بسبب امتلاء الفراغات الفاصلة بين الحبيبات الخشنة بالحبيبات الناعمة. ج- العمق: إن زيادة العمق يؤدي إلى زيادة تراص الحبيبات وتماسكها بسبب زيادة ثقل الطبقات العليا المسلط على الحبيبات في الطبقات السفلى مما يؤدي إلى انخفاض المسامية الفاعلة والنفاذية.

د- المواد العضوية : إن زيادة المواد العضوية في الترب الرملية يعمل على زيادة تماسك حبيباته وقد يشغل بعض مساماتها مما يسهم في انخفاض المسامية الفاعلة ويقلل من نفاذية المياه، في حين يسهم الدبال في زيادة نفاذية التربة الطينية لكونه عبارة عن مادة رابطة تعمل على تجميع والتصاق حبيبات الطين الناعمة بعضها مما مع يسهم في زيادة خشونة نسيج هذه التربة ومن ثم تزداد نفاذيتها.

تعتبر النفاذية خاصية مهمة في الهندسة المدنية، خاصةً في دراسة حركة المياه في التربة والصخور. هناك عدة طرق لقياس النفاذية، منها الطرق المختبرية المباشرة التي تستخدم أجهزة قياس النفاذية، والطرق غير المباشرة التي تستخدم معادلات رياضية بناءً على خصائص أخرى للتربة.

الطرق المختبرية المباشرة:

١- اختبار النفاذية ذو الرأس الثابت (Constant Head Test): يستخدم هذا الاختبار لتقدير نفاذية التربة ذات النفاذية العالية. يتم فيه الحفاظ على مستوى ثابت للمياه فوق عينة التربة، ويتم قياس معدل تدفق المياه خلالها.
٢- اختبار النفاذية ذو الرأس المتساقط (Falling Head Test): يستخدم هذا الاختبار لتقدير نفاذية التربة ذات النفاذية المنخفضة. يتم فيه ملاحظة انخفاض مستوى المياه في أنبوب متصل بعينة التربة مع مرور الوقت.
٣- جهاز قياس النفاذية (Permeameter): هو جهاز يستخدم لقياس النفاذية مباشرةً. يتم وضع عينة التربة في الجهاز، ويتم التحكم في ظروف التدفق، ويتم قياس معدل التدفق أو انخفاض الضغط لتحديد النفاذية.
٤- الطرق غير المباشرة:
أ- معادلة هازن (Hazen's Formula): تستخدم هذه المعادلة لتحديد نفاذية التربة الرملية بناءً على حجم الحبيبات الفعال (D10).
ب- معادلة تيرزاكي (Terzaghi's Formula): تستخدم هذه المعادلة لتقدير نفاذية التربة بناءً على خصائص التربة المختلفة.
ت- طرق أخرى: هناك العديد من الطرق الأخرى التي تعتمد على خصائص التربة المختلفة مثل المسامية والضغط الشعري لتحديد النفاذية.

أهمية قياس النفاذية:

١- إدارة المياه الجوفية: يساعد قياس النفاذية في فهم حركة المياه الجوفية وتقييم مدى تسرب المياه في التربة.
٢- استقرار المنشآت: يؤثر معامل النفاذية على استقرار المنشآت المقامة على التربة، حيث يمكن أن يسبب تسرب المياه إلى ضعف الأساسات.
٣- تلوث التربة: يساعد قياس النفاذية في تحديد مدى انتشار التلوث في التربة بسبب تسرب المواد الملوثة.
٤- تصميم السدود والخنادق: يتم استخدام قياس النفاذية في تصميم السدود والخنادق للتأكد من عدم تسرب المياه أو لضمان تصريف المياه بشكل فعال.

الاسبوع العاشر

الهدف التعليمي : يتعرف الطلبة على مفهوم الإجهاد في التربة هو مفهوم أساسي يصف القوى الداخلية التي تتشكل داخل المواد نتيجة للأحمال الخارجية، ويساعد في تصميم الهياكل والمباني الآمنة والمستقرة. يلعب تحليل الإجهاد دوراً محورياً في ضمان سلامة واستدامة الهياكل الهندسية من خلال تحديد نقاط الضعف والقوة في المواد والتصاميم.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة : أنواع الاجهادات في التربة ، الاجهاد الكلي (Total Stress) والاجهاد الفعال (Effective Stress) .

الإجهاد: يعرف الاجهاد على انه مقياس للقوة الداخلية التي تؤثر على وحدة المساحة داخل جسم ما، نتيجة لتأثير قوى خارجية. يُحسب الإجهاد بقسمة القوة المؤثرة على مساحة المقطع العرضي للجسم الذي تتعرض له هذه القوة. والقوة الخارجية (هي القوة التي تؤثر على الجسم من الخارج، مثل وزن مبنى على عمود، أو قوة الرياح على جدار، أو وزن السيارة على الطريق). أما مساحة المقطع العرضي (هي المساحة التي تتعرض للقوة، وتختلف باختلاف شكل الجسم. على سبيل المثال، في العمود، تكون مساحة المقطع العرضي هي مساحة الدائرة أو المربع الذي يمثل مقطع العمود).

عندما تتعرض التربة الى زيادة في الأحمال فأنها تبدأ بمقاومتها عن طريق حبيباتها الصلبة والماء الموجود في الفراغات ومع زيادة الأحمال فان الماء يبدا بالتسرب من الفراغات حتى تصبح مقاومة الأحمال عن طريق حبيبات التربة فقط. وهذه الحالة تعرف بالإجهاد الراسي المؤثر وبمعرفة الإجهاد الرأسي الكلي وضغط الماء المسامي يمكن حساب الإجهاد المؤثر الرأسي. وبالتالي فان تغير منسوب المياه داخل التربة يؤدي الى تغيير في قيمة الإجهاد المؤثر.

الإجهاد في التربة ينقسم إلى نوعين رئيسيين هما ١- الإجهاد الكلي ٢- والإجهاد الفعال.

الإجهاد الكلي(Total Stress) : هو مجموع القوى المؤثرة على وحدة المساحة في التربة، بينما الإجهاد الفعال هو جزء الإجهاد الكلي الذي تتحمله حبيبات التربة نفسها بعد طرح تأثير ضغط الماء في المسام. او يعرف بأنه يعرف بأنه القوة الكلية المؤثرة على وحدة المساحة في التربة، ويشمل تأثير وزن التربة ووزن الماء الموجود في مساماتها.
ويمكن حسابه من العلاقة:
الإجهاد الكلي (σ) = الإجهاد الفعال (σ') + ضغط الماء في المسام (u).

الإجهاد الفعال (Effective Stress): هو الجزء من الإجهاد الكلي الذي تتحمله حبيبات التربة نفسها (الصلبة) ويؤثر على سلوك التربة الميكانيكي (مثل القص والانضغاط).
يمكن حسابه من العلاقة:
الإجهاد الفعال (σ') = الإجهاد الكلي (σ) - ضغط الماء في المسام (u).

أهمية الإجهاد الكلي و الفعال (Total Stress):

١- يستخدم في حسابات الاستقرار العام للتربة، ولكنه لا يعكس بدقة سلوك التربة في العديد من الحالات الهندسية.
٢- يعتبر العامل الحاسم في تحديد سلوك التربة وقدرتها على التحمل ومقاومة القص.
٣- يُستخدم الإجهاد لتصميم العناصر الإنشائية (مثل الأعمدة، والكمرات، والجدران، والأساسات) بحيث تكون قادرة على تحمل الأحمال المتوقعة عليها دون أن تتشوه أو تتلف بشكل كبير.
٤- تصميم الهياكل الآمنة يساعد تحليل الإجهاد المهندسين على تحديد الأحمال التي يمكن أن تتحملها المواد المختلفة والمقاطع الهندسية، مما يضمن تصميم هياكل قادرة على تحمل الأحمال المتوقعة دون حدوث فشل أو انهيار.
٥- تحسين كفاءة المواد من خلال تحليل الإجهاد، يمكن للمهندسين اختيار المواد المناسبة وتصميم المقاطع الهندسية بكفاءة، مما يقلل من استهلاك المواد ويوفر في التكاليف.
٦- التحكم في التشوهات يتيح تحليل الإجهاد للمهندسين التحكم في التشوهات التي قد تحدث في الهياكل نتيجة للأحمال، مما يضمن استقرارها ووظيفتها.
٧- تحديد نقاط الضعف يساعد تحليل الإجهاد على تحديد المناطق التي تتعرض لإجهادات عالية داخل الهيكل، مما يمكن المهندسين من تعزيز هذه المناطق لزيادة قوة الهيكل واستدامته.
٨- يشمل تحليل الإجهاد تصميم الجسور، والمباني، والسدود، والأنفاق، والعديد من التطبيقات الأخرى في الهندسة المدنية.

مثال توضيحي:
تخيل أن لديك طبقة من التربة مغمورة بالماء. الإجهاد الكلي هو مجموع وزن التربة ووزن الماء فوق نقطة معينة. أما الإجهاد الفعال فهو الجزء من هذا الوزن الذي تتحمله حبيبات التربة نفسها، أي الجزء الذي لا يدفعه الماء في المسام.
أهمية التمييز بينهما:
التغيرات في مستوى المياه الجوفية:
عند حدوث تغيرات في مستوى المياه الجوفية، يتغير ضغط الماء في المسام، مما يؤثر على الإجهاد الفعال وبالتالي على سلوك التربة.
التحميل والتفريغ:
أثناء التحميل (مثل بناء منشأة) أو التفريغ (مثل الحفر)، يتغير الإجهاد الفعال، مما يؤثر على استقرار التربة وقدرتها على التحمل.
تحليل مقاومة القص:
مقاومة القص في التربة تعتمد بشكل أساسي على الإجهاد الفعال.
باختصار، الإجهاد الكلي هو القوة الكلية المؤثرة، بينما الإجهاد الفعال هو الجزء من هذه القوة الذي تتحمله حبيبات التربة ويؤثر على سلوكها الميكانيكي

الاسبوع الحادي عشر

الهدف التعليمي : ١- فهم وتحديد ضغط التربة الجانبي

٢-فهم القوى التي تؤدي الى عدم استقرار الجدران الاستناديه

٣-تحديد الاستقرار لجدار كتلي و بيتوني.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: الضغط الجانبي للتربة (Lateral Earth Pressure) مع شرح انواع المرشحات (Filters).

الضغط الجانبي للتربة: هو الضغط الذي تمارسه التربة في الاتجاه الأفقي على المنشآت أو الجدران الإسنادية. ينقسم الضغط الجانبي للتربة إلى ثلاثة أنواع رئيسية: الضغط النشط (Active Earth Pressure)، والضغط السلبي (Passive Earth Pressure)، والضغط الساكن (At-Rest Earth Pressure).

انواع الضغط الجانبي للتربة:

١-الضغط الجانبي النشط (Active Earth Pressure): يحدث عندما يتحرك الجدار الاستنادي بعيدًا عن التربة، مما يؤدي إلى انخفاض في الضغط الجانبي على الجدار. يتم حساب هذا الضغط باستخدام معامل الضغط النشط (Ka) الذي يعتمد على خصائص التربة (مثل زاوية الاحتكاك الداخلي).

٢-الضغط الجانبي السلبي (Passive Earth Pressure): يحدث عندما يتحرك الجدار الاستنادي باتجاه التربة، مما يؤدي إلى زيادة في الضغط الجانبي على الجدار. يتم حساب هذا الضغط باستخدام معامل الضغط السلبي (Kp) والذي يعتمد أيضًا على خصائص التربة.

٣-الضغط الجانبي الساكن (At-Rest Earth Pressure): يحدث عندما لا يوجد حركة للجدار الاستنادي، ويكون الضغط الجانبي في هذه الحالة بين الضغط النشط والضغط السلبي. يتم حساب هذا الضغط باستخدام معامل الضغط الساكن (K0).

المرشحات (Filters): فهي مواد تستخدم في الهندسة الجيوتقنية لمنع حركة التربة أو المواد الأخرى بينما تسمح بمرور المياه.

انواع المرشحات:

المرشحات هي مواد تستخدم في الهندسة الجيوتقنية لمنع حركة التربة أو المواد الأخرى، مع السماح بمرور المياه. تستخدم المرشحات في العديد من التطبيقات، مثل:

١-المرشحات الميكانيكية (Mechanical Filters): تعتمد على حجم حبيبات التربة أو المواد الأخرى، وتستخدم لتصفية المياه من خلال السماح بمرور المياه مع الاحتفاظ بالمواد الصلبة.

٢-مرشحات المنسوجات (Geotextiles):هي مواد صناعية تستخدم لمنع حركة التربة أو المواد الأخرى، وتسمح بمرور المياه. تتوفر المنسوجات في أنواع مختلفة، ولكل منها خصائصه الخاصة.

٣-مرشحات الحصى (Gravel Filters):تتكون من طبقات من الحصى ذات أحجام مختلفة، وتستخدم لتصفية المياه مع منع حركة التربة.

أهمية الضغط الجانبي للتربة والمرشحات:

١- تصميم المنشآت: فهم الضغط الجانبي للتربة أمر بالغ الأهمية في تصميم الجدران الإسنادية والأنفاق والأساسات العميقة وغيرها من المنشآت الهندسية، لضمان استقرارها ومتانتها.

٢- التحكم في المياه الجوفية: يمكن استخدام المرشحات للتحكم في حركة المياه الجوفية ومنع تدهور التربة.

٣- تحسين أداء التربة: يمكن استخدام المرشحات لتحسين أداء التربة في المشاريع الهندسية.

الاسبوع الثاني عشر والثالث عشر

الهدف التعليمي : الهدف الاساسي من دراسة تحسين التربة يشمل

١- فهم سلوك التربة: تعلم كيفية تحليل وتقدير سلوك التربة تحت الأحمال المختلفة، بما في ذلك تأثيرات الرطوبة والضغط.
٢- التعرف على طرق تحسين خواص التربة: اكتساب المعرفة حول مختلف التقنيات المستخدمة لتحسين خواص التربة، مثل التثبيت بالمواد الكيميائية، والضغط، واستخدام المواد المضافة.
٣- تعلم كيفية تطبيق هذه التقنيات في مشاريع البناء المختلفة، مثل الطرق، والسدود، والمنشآت السكنية، لضمان سلامتها واستقرارها.
٤- فهم كيفية استخدام تحسين خواص التربة لتقليل المخاطر المرتبطة بالتربة، مثل الهبوط، والانهيارات الأرضية، وتلف المنشآت.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: تحسين خواص التربة (Soil Stabilization) ، الطريقة الميكانيكية (الرص Compaction) انواع فحوصات الرص المختبرية ، طرق الرص الحقلية .

تحسين التربـة (Soil improvement) :

تكون الترب في بعض المواقع المراد إقامة المنشآت الهندسية عليها ذات مواصفات جيوتكنيكية غير ملائمة للبناء مثل الترب الجبسية والمنتفخة(Swelling soils) والطرية (soils Soft) والعضوية مما يضطر مهندسي التربة إلى اللجوء لواحد من الخيارات الآتية:

أ- تحاشي هذه التربة باختيار موقع آخر للبناء.
ب- استبدال الترب غير الملائمة بأخرى ذات مواصفات مقبولة.
ج- تقبل المواد الجيولوجية بالموقع كما هي، ووضع تصاميم للأسس تتناسب مع ظروف هذه المواد مثل الاستعانة بالأسس العائمة (foundations Floating) أو الأسس العميقة لتحاشي الهبوط ومشاكل عدم الاستقرار التي تسببها الترب الضعيفة.
د. تحسين مواصفات التربة أو ما يعرف أيضا بتثبيت التربـة (stabilization Soil)، والذي يقصد به تغيير خواص التربة لتطوير أدائها الهندسي مثل زيادة المقاومة وتقليل الانضغاطية وتقليل النفاذية وتنظيم الهبوط التفاضلي وتقليل ضغوط التربة الجانبية وزيادة سعة التحميل وتحاشي التسييل (Liquefaction) وتسريع الانضمام وتحسين استقراريه المنحدرات.
تصنف طرائـق تحسين التربـة على ثلاثـة أنواع ميكانيكيـة و كيميائيـة وفيزيائيـة:

أولا: الطرائق الميكانيكيـة (Mechanical methods) :

تعمل المثبتات الميكانيكيـة علـى تحسين التربـة بأساليب ومواد لا تؤثر فـي نوع التربـة ولكنها تؤدي إلى زيـادة كثافتـها ومن ثم استقراريـتها وسعتهـا التحميليـة وكما يأتي:

أ- الحدل (Compaction): يستخدم الحدل الضحل لمعالجة سطوح الترب المتماسكة الطريـة أو غير المتماسكة المفككـة بواسطة حركة الحادلات المختلفة التي يمكن بواسطتها تحسين التربـة لعمق لا يتجاوز ٠,٥م. تحـدل أيضا أعماق تصل إلى ١٠م بواسطة ما يعـرف بالحدل الديناميكي أو الحدل العميـق بإسقاط وزن ثقيل يتراوح مـن ٢٠-٥ طن سقوطا حرا ولمرات متكررة (٦-٣) من ارتفاعات تتراوح ما بين ٣٠-٢ م بواسطة رافعات كبيرة علـى الأرض المراد حدلها.

ب-تثبيت التربة بالإسمنت (stabilization Cement): يضاف الإسمنت إلى التربة بنسب مختلفة لتحسين المواصفات الهندسية. تنجز المعالجة بحرث التربـة واضافة الإسمنت بنشره على سطح الترب الرخوة وخلطه معها وترطيبه بالماء ومـن ثم حدلـه مباشرة بالطرق الاعتيادية. عندما يتميأ الإسمنت، فان التربـة تصبح أقوى وأكثـر مقاومة للماء.

ج- حقن المثبتات (Grouting): تستدعي العديد مـن المشاكل الهندسية معالجة المواد بحقن مواد سائلـة تعمل على ملء الفراغات والتشققات وتحسين الخواص الجيوتكنيكية مما يسمح بالتصميم والبناء على مواقع أكثر ملائمة.

تعمل هذه المواد على زيادة المقاومة وتقليل المساميـة والنفاذية، كمـا تستخدم لتثبيت القابلوات والمسامير الصخريـة اللازمة لمنع تساقط الصخور. تتغلغل مواد الحقن بفعل الضغط عبر الفراغات والمناطق الضعيفة. توجد أنواع عديدة من مواد الحقن، ويعد محلول الإسمنت أكثرها شيوعاً تتحقق العملية بضخ سائل الحقن عبر أنبوب فولاذي أو بلاستيكي مثقب ينزل بالأرض إلى الأعماق المراد تحسينها عبر الجسات المحفورة لهذا الغرض.

د- التثبيت بالقير (stabilization Bituminous): استخدم القير منذ زمن بعيد لتحسين التربـة، وأدى خلط القير الساخن أو المخفف بالمذيبات مثل النفط والكاز أو المستحلب معها إلى زيادة التماسك في الترب الرملية والحصوية ووقايـة الترب من الماء مما يقلل مـن فقدان المقاومة فيهـا مـع زيادة المحتوى الرطوبي. يؤدي غلق المسامات بالقير إلى منع الماء مـن التوغل في كتلة التربة.

هـ- الإحلال الاهتزازي (Vibro-replacement): يمكن تقوية الترب المتماسكة الضعيفة والاملائيات غير المنضغطة بعمل عدد من الركائز الرمليـة أو الأعمدة الحجريـة موزعة علـى مسافات محددة ضمن المنطقة المراد تحسينها. تقوم أجهزة دق الركائز بدفـع أنابيب تغليف فولاذية وقتية يتراوح قطرها من ٥٠٠-٦٠٠ ملم وبطول يصل ٢٠م إلى داخل الأرض بواسطة المطرقة الساقطة. تزال التربـة من داخل الأنبوب وتنزل فيها شحنات من الأحجار أو الحصى والرمال تحدل بواسطة الحدل الاهتزازي بمعدل كل ١م لتنتج عموداً كثيفـاً من المواد الجيولوجيـة تدعمه الترب المحيطة. يؤدي الاختلاف في حجم الأعمدة والمسافـة بينها مـن ١,٢- ٣م إلى خلق نظام متكامل ذي انضغاطية قليلة وسعة تحميل عالية، كما تعمل هـذه الأعمدة كقنوات تصريف تسمح بتشتيت الضغوط الزائـدة للماء المسامي مما يؤدي إلى تسريـع الانضمام وتقليل التسييل.

و- مبازل المياه العمودية (Vertical drains) : يمكن تعجيل العمليات الطبيعيـة لانضمام الرواسب العميقة مـن الترب المتماسكة ذات النفاذية القليلة بتحسين ظروف البزل بالتربة وتقصير طول طريق التصريف الطويل مما يساعد على هجرة الماء للخارج وذلك بواسطة المبازل الرملية أو المبازل ذات الفتيلة. تعمل المبازل الرملية إما بواسطة أجهزة دق الركائز التي تدفع أنابيب التغليف إلى داخل التربة أو بحفر التربة بواسطة أنبوب فولاذي مجهز بحافة قطع حادة تدفع التربـة خارج الأنبوب ومن ثم تملأ بالرمل مع إزالة لأنابيب خارجاً. تربط رؤوس المبازل بطبقة من التربة النفاذة لتساعد فـي سحب المياه الصاعدة ودفعها بعيداً عن الموقع.

ح- الألياف :(Fibers) اتجهت المفاهيـم الحديثـة نحـو إدمـاج عناصـر تقويـة داخل كتلة التربة لتطويـر خواصها الجيوتكنيكية. أجريت العديد من التجارب في أنحاء العالم تضمنت إضافة أنواع مختلفـة من المواد كالألياف المنسوجة أو غيـر المنسوجـة بشكل صفحات أو شبكات لزيادة دعـم التراكيب وتقليـل التمـدد الحجمي وتثبيت وتقويـة المنحدرات وقواعـد الطـرق، كما استخـدم مطاط الإطارات المقطعـة في أعمال الدفن للحصول على مواد خفيفة عالية النفاذية، والأشرطة المعدنية كمواد تقوية بالترب الحبيبية. أدت إضافة هذه المواد إلى زيادة مقاومة القص في التربة وهي تحتاج للحدل لتحقيق هدف التقوية.

ط- الشبكات :(Meshes) يمكن استخدام شبكات بلاستيكية أو معدنية لتحسين مقاومة القص وتعزيز التماسك في الترب غير المتماسكة ويعتمد تأثير ذلك على معامل المرونة للشبكة.

ي- الأغشية والرغوات (Geofoams and Membranes)
وهي مواد اصطناعية إما بوليميرية أو زجاجية تعد وسيلة حديثة لحل المشاكل الجيوتكنيكية تستخدم لقطع حركة الماء تماماً في التربة والحصول على ترب جافة ذات مقاومة عالية.
استخدمت رغوة السليكا (Silica fume) في تطوير الخواص الكيمياوية للترب الحبيبية الدقيقة وتطوير مقاومة الانضغاط والقص.

ثانيا: الطرائق الكيميائية (Chemical methods)

يمكن تحسين مواصفات التربة بإضافة بعض المثبتات الكيميائية الصلبة أو السائلة، اللاعضوية أو العضوية التي يمكنها تغيير الخواص الفيزيائية للتربة، وكما يأتي:

أ-تثبيت التربة بالكلس (Stabilization Lime يخلط الكلس): الجاف أو العالق مع التربة لتحسين مواصفاتها. يستخدم الكلس لتثبيت الترب المتماسكة وخصوصاً الترب الطينية متوسطة وعالية اللدونة، ويكون ذا تأثير قليل على الترب عالية المحتوى العضوي أو ذات المحتوى الطيني القليل أو المعدوم.

ب-حامض الفوسفوريك والفوسفات (Phosphates & acid Phosphoric): استعملت هذه المواد في معالجة قواعد الطرق إذ تتفاعل مع معادن الكلورايت الطينية التي يصعب تفاعلها مع الكلس والإسمنت. يؤدي دخول ايون الفوسفات في تركيب المعادن الطينية إلى تكثيف التربة وزيادة مقاومتها.

ج-حامض الهيدروفلوريك (Hydrofluoric acid) يعد هذا الحامض مثبتاً سريعاً ومؤثراً في جميع الترب عدا الأطيان الغنية بالألمنيوم (الكاؤلينات والبوكسايت) إذ يهاجم مركبات السليكا في الرمل والطين لتكوين فلوريدات سليكية غير ذائبة ذات مقاومة عالية.

د- كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الصوديوم وسيليكات الصوديوم: استخدمت هذه الأملاح في تثبيت الترب المختلفة سواء الملحية أو ذات المحتوى العضوي العالي كمادة مساعدة في أعمال الحدل للحصول على كثافة أعلى.

هـ- الراتنجات (Resins) : تستخدم الراتنجات كعامل واق من الماء في الترب الحامضية ، كما إنها تزيد المقاومة من خلال زيادة التماسك. تمتاز بإمكانية دمج الألياف معها لتكوين حصيرة الألياف الراتنجية التي تدعم الخواص الميكانيكية للتربة.

و- اللكنين :(Lignin) هو بوليمر عضوي طبيعي يتكون داخل النباتات والأشجار ويعد من مخلفات صناعة الورق بعد عزل السليلوز عن الخشب. يستخدم في تثبيت الترب التماسكية، وهو مركب سائل ذو قابلية نفاذ عالية يتحول إلى هلام بعد فترة من خلطه بالتربة. يستخدم لمعالجة الترب البركانية والغنية بمعدن الكلورايت، ويعطي مقاومة جيدة للماء.

ز- البوليمرات :(Polymers) تستخدم العديد من البوليمرات كمثبتات للتربة تؤدى إلى زيـادة مقاومة القص. يكون استخدام هذا النوع لتحسين خواص التربـة على مساحات كبيرة محدود جـدا نظراً للكلفـة العالية وتقنيـة الخلط. أظهرت التجارب نجاح استخدام البوليمرات فـي تحسين خواص الترب لفترات محدودة من الزمن لأنها يمكن أن تزال من التربة ويزال تأثيرها.

ثالثا: الطرائق الفيزيائية (Physical methods)

أ- التثبيت الحراري (Thermal methods): تظهر الدراسات إن تسخين الترب الطينية لدرجة حرارة٤٠٠ م يجعل إعادة تميؤها مستحيلًا ويكسبها مقاومة ضد الماء والانضغاط. تستخدم مخلفات الوقود فـي التثبيت الحراري للترب الطينية متوسطـة الرطوبة.

ب- التصليد الكهربائي (Electro hardening): يسبب مرور التيار الكهربائي فـي الترب الطينية المشبعة حركـة المياه الجوفية والايونات المذابـة فيها والجزيئات الطينيـة مما يؤدي إلى تحسين خواص التربـة. تستخدم هذه الطريقة لتحسين الترب الطينية الغرينية الطريـة جدا بتقليل المحتوى الرطوبي فيها وزيادة مقاومة القص وتقليل الانضغاط والهبوط.

ج- التثبيت بالضغط (Pressure stabilization) تعتمد هذه الطريقة علـى اختلاف الحجوم بين الجير الحي الكلس(Quick lime) والجير المطفأ (Hydrated lime) وذلك بسبب التمدد الحجمي الكبير بفعل التميؤ. عندما ينحصر هذا التمدد فانه يولد ضغطاً عالياً ١٢كغم/ سم٢ على الترب المحيطة يؤدي إلى الانضمام الجانبي. تستخدم في تحسين مواصفات الترب الغرينية المشبعة.

أنواع الفحوصات المختبرية

Field Density Test Using Sand cone Method

تعتبر طريقة مخروط الرمل (Sand cone method)
من أفضل الطرق المستخدمة لتحديد كثافة التربة الطبيعية أو تحديد كثافة التربة بعد الدمك للتأكد من جودة الدمك

دمك التربة (Soil Compaction)

دمك التربة: هو عملية الهدف منها طرد الهواء الموجود بين حبيباتها باستخدام الطاقة الميكانيكية لزيادة كثافة التربة و لتحسين خواصها الهندسية كمقاومة القص (shear strength) والنفاذية

الهدف من عملية دمك التربة (The objects of soil compaction)

١- زيادة كثافة التربة وتقليل نسبة فراغاتها.
٢- زيادة قدرة تحمل التربة.
٣- الحد من هبوط التربة.
٤- التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
٥- خفض نفاذية التربة للمياه.
٦- زيادة معامل الأمان ضد الانزلاق لتربة الميول.

نظرية الدمك (Compaction theory)

عند دمك التربة بطاقة دمك معينة فان الكثافة الجافة للتربة تتغير لان دمك التربة بطاقة دمك يعمل على طرد الهواء الموجود في فراغات التربة حيث يترك ذلك امكانية لحبيبات التربة ان تنزلق الى تلك الفراغات وتأخذ الوضع الذي يؤدى إلى زيادة كثافة التربة بالإضافة الى وجود الماء بين الحبيبات وطالما ان هناك امكانية لطرد الهواء فان الكثافة الجافة تزيد بزياده المحتوى المائي للتربة حتى تصل الى اعلى قيمة لها بعد ذلك تبدأ الكثافة الجافة بالانخفاض تدريجيا نتيجة ان الماء يبدأ في الاحلال بدلا من الحبيبات الصلبة للتربة

نسبة المياه المثالية (Optimum water content)

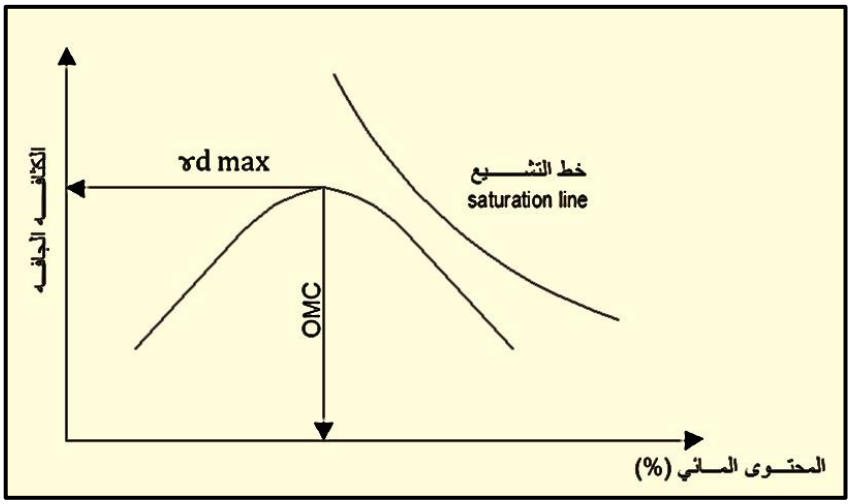
تعتبر نسبة المياه بالتربة حدا فاصلا كاللاتي:
• محتوى الرطوبة للتربة التي تحدث عند اقصى كثافة جافة
Optimum moisture content - OMC المثالي
• إذا كان المحتوى المائي للتربة اقل من هذا الحد ان التربة تكون خشنة وصعبة الدمك وذات فراغات كثيرة تؤدى إلى انخفاض كثافتها الجافة.
• إذا كان المحتوى المائي أعلى من هذا الحد يبدأ الماء في الاحلال بدلا من الحبيبات الصلبة للتربة مما يؤدى إلى انخفاض كثافتها الجافة.
اختبارات دمك التربة في المعمل
هناك عده اختبارات لتعيين قيمة أقصى كثافة جافة للتربة في المعمل وهى:

١- اختيار بروكتور القياسي (Standard Proctor Test)
٢- اختيار بروكتور المعدل (Modified Proctor Test)

وتهدف هذه الاختبارات إلى معرفة درجة الدمك القصوى الممكنة لها عن طريق:

- إيجاد محتوى الرطوبة المثالي للتربة Optimum moisture content – OMC
- تحديد الكثافة الجافة القصوى المناظرة MDD – density dry Maximum

وتكون نتيجة الاختبار الحصول على منحنى العلاقة بين محتوى الرطوبة للتربة وكثافتها الجافة ويمكن تحديد الكثافة الجافة للتربة بمعرفة كثافتها الرطبة ونسبة المحتوى المائي لها باستخدام العلاقة:



الاختبارات الحقلية للتربة

١- طريقة مخروط الرمل (Sand cone method)

٢- طريقة البالون المطاطي (Rubber balloon method)

فحص الكثافة الحقلية للتربة بطريقة إحلال الرمل

(Field Density Test Using Sand-Replacement Method)

(١) المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377
- ASTM D – 1556
- AASHTO T-191.

(٢) الأجهزة اللازمة (Equipment):

أ- جهاز مخروط الرمل ويسمونه مخروط الرمل (Sand cone) .

ب-ادوات مناسبة لعمل حُفرة في التربة (Digging tools) مثل الإزميل والمطرقة.

ت- صفيحة معدنية (Plate) في وسطها فتحة دائرية وفي زواياها فتحات لتثبيتها بالأرض بواسطة مسامير، وللصفيحة جدران جانبية ارتفاعها ١٣ ملمتراً.

ث- ميزان (Balance).

ج-وعاء معدني (Metal container) لجمع التربة الناتجة عن الحفر، ويمكن الاستعاضة عن الوعاء بكيس نايلون.

ح-أدوات لتحديد محتوى الرطوبة.

خ-رمل قياسي خاص، نظيف من الشوائب العضوية. وحسب المواصفات البريطانية، فإن قياس حبيبات الرمل يجب أن يحقق شرط المرور من المنخل (٦٠٠ ميكرون) والبقاء على المنخل (٣٠٠ ميكرون). وأما حسب المواصفات الأمريكية، فالرمل المستعمل يمر من المنخل رقم (٢٠)، ويتبقى على المنخل رقم (٣٠). ويمكن استعمال الرمل المار من المنخل رقم (٣٠) والمتبقي على المنخل رقم (٤٠)، أو المار من المنخل (٣٠) والمتبقي على المنخل (٥٠)، وذلك حسب المرجع /٨/. ويجب أن تكون كثافة الرمل معروفة، حيث يمكن إيجادها في المختبر باستعمال أوعية ذات أشكال منتظمة دقيقة الأبعاد. ويتم في العادة تحديد كثافة الرمل المستعمل في هذا الفحص عدة مرات، ويكون الرمل جيداً إذا لم تختلف أي كثافة عن المعدل بأكثر من واحد بالمئة (١%).

(٣) الطريقة (Procedure):

١-يتم ملء جهاز الرمل (الأسطوانة أو المخروط) بالرمل وتوزينه.

٢-يُسوى سطح التربة في منطقة الفحص جيداً، وتوضع عليه الصفيحة المعدنية ويتم تثبيتها بالمسامير، مع مراعاة أن تكون الفتحة الدائرية في وسط الصفيحة ملاصقة لسطح التربة.

٣- يتم وضع علامات تحدد مكان الصفيحة المعدنية للتأكد من بقائها ثابتة أثناء الفحص.

٤- يتم عمل حفرة في التربة داخل الفتحة الدائرية وسط الصفيحة المعدنية. وبخصوص حجم الحفرة، فإن الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM) ترى أن القياسات التالية ملائمة للحصول على نتائج مرضية:

الاسبوع الرابع عشر و الخامس عشر

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من تحسين خواص التربة وتثبيتها (التثبيت بالإسمنت، التثبيت بالأسفلت، التثبيت بالنورة) هو تمكين الطلاب من فهم وتطبيق التقنيات المختلفة لتحسين أداء التربة وزيادة استقرارها ومقاومتها للعوامل الجوية والتغيرات المحيطة. يهدف هذا إلى تحقيق عدة أهداف منها: تحسين قدرة التربة على تحمل الأحمال، والحد من تدهورها، وتجنب المشاكل الناتجة عن التغيرات في الرطوبة، وتوفير أساسات مستقرة للمنشآت.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة :الطرق الاخرى لتحسين خواص التربة وتثبيتها (التثبيت بالسمنت ، التثبيت بالأسفلت ، التثبيت بالنورة) .

تثبيت التربة Soil Stabilization

يختلف تعريف تثبيت التربة باختلاف الغرض من عملية التثبيت ففي هندسة الطرق يقصد بها تحسين الخواص الميكانيكية لتربة الردم أو الأساس الترابي للطريق بحيث يمكن التقليل من قابليتها للتأثر بالتغيرات الجوية مثل الرطوبة و الارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة و ما قد يترتب عليهما من تغيرات حجميه في التربة و كذلك حركة المرور . يمكن إن تتم عملية التثبيت بالمعالجة الميكانيكية أو الكيميائية سواء كان ذلك في الموقع أم أجريت على التربة قبل أو بعد عمليات الردم أو وضع الأساس الترابي للطريق .

ما الهدف الاساسي من التثبيت (تثبيت التربة):

١- زيادة قدرة تحمل التربة
٢- تقليل التكلفة بتجنب الاساسات العميقة
٣- تثبيت تربة الميول
٤- زيادة التشغيلية والمتانة للتربة
٥- تقليل اختراق الماء وتحسين الخصائص العازلة
٦- تقليل التغيرات الحجمية الناتجة عن تأثير الحرارة و محتوى الرطوبة
٧- منع تأكل التربة
٨- تقليل هبوط المنشآت

أنواع مواد تثبيت التربة:

١- الجير: يُستخدم الجير لتثبيت التربة الطينية اللدنة الثقيلة، حيث يحسن استقرارها ويقلل من انتفاخها وانكماشها.
٢- الإسمنت: يُضاف الإسمنت إلى التربة لزيادة قوتها وصلابتها، خاصة في التربة الرملية.
٣- البيتومين أو الاسفلت : يُستخدم البيتومين لتوفير العزل المائي لحبيبات التربة وزيادة تماسكها، خاصة في التربة الخشنة وغير المتماسكة.

١- التثبيت الميكانيكي Mechanical Stabilization :

من أكثر طرق التثبيت استعمالاً وتعتمد قوة الثبات التي يمكن التوصل إليها بهذه الطريقة على خواص التربة نفسها . و عندما لا يمكن الوصول إلى الثبات المطلوب بواسطة الدمك فقط تتم إضافة تربة أخرى أو مادة ركامية و خلطها مع التربة لتكوين خليط جديد تتوفر فيه خواص الثبات المطلوبة و يعتمد التثبيت الميكانيكي للتربة أساسا على تحديد نسبة المواد الناعمة إلى المواد الخشنة و على عملية الدمك. وعند الدمك يمكن أن تكون هناك ثلاث حالات للتربة الحالة الأولى توضح الوضع الذي تكون عليه التربة في حالة عدم وجود مواد ناعمة. حيث تكون التربة ذات نفاذية عالية نسبيا و صعبة الدمك.

الحالات النمطية لخلطة الركام مع التربة

و في الحالة الثانية عندما تكون الفراغات مملوءة بالتربة الناعمة مع بقاء التماس بين الحبيبات الخشنة ، يعمل على زيادة الثبات للتربة و التقليل من النفاذية. أما في الحالة الثالثة عندما تكون نسبة التربة الناعمة كبيرة مقارنة بالحالتين السابقتين فانه ينعدم التماس بين الحبيبات الخشنة و هذا بدوره يقلل من ثبات التربة وتماسكها وتعتبر التربة في هذه الحالة ضعيفة وغير مرغوبة كأسس ترابي للطريق.
وعادة يتم الدمك للتربة بإحدى الوسائل الميكانيكية المناسبة وتحدد أغراض دمك التربة في الآتي

أ- زيادة كثافة التربة و بالتالي مقاومتها للأحمال و ثباتها و استقرارها .

ب-تقليل نفاذية التربة و بالتالي ديمومتها و استقرارها تقليل التغيرات الحجمية للتربة الناتجة من تعرضها للظروف المناخية المتقلبة. هذا و تعتبر نسبة الرطوبة و طاقة الدمك و نوع التربة من العوامل المهمة التي تؤثر في عملية دمك التربة.

٢- التثبيت بالإسمنت Cement Stabilization :

يتم في هذه الطريقة خلط التربة بالإسمنت مما يسبب في تصلبها وتحولها إلى كتلة مدمجة . و التربة المثبتة بواسطة الإسمنت والمصممة بشكل جيد لا تتحلل في وجود الماء و تقاوم عوامل التفكك الناتجة عن التأثيرات والعوامل البيئية والتربة المثبتة بالإسمنت يمكن تقسيمها إلى تربة إسمنتية Soil cement وتربة معدلة بالإسمنت Cement modified soil. الأولى (التربة الإسمنتية) تربة مفككة يضاف اليها الإسمنت بكمية كافية مع الماء حتى تتصلب مما ينتج عنه زيادة كبيرة في قيم الثبات لها. أما الثانية (التربة المعدلة بالإسمنت) فهي في الأساس تربة غير ملائمة للتثبيت بالإسمنت وخاصة من الناحية الاقتصادية نظراً لكبر كمية الإسمنت المطلوبة و التي قد تصل إلى ٢٠% - ٣٠% . لذلك يكون من الأفضل جلب تربة من خارج الموقع تكون ملائمة لإنشاء طبقة الأساس والاكتفاء بإضافة كمية بسيطة من الإسمنت ٢ إلى ٣% تكفي لتعديل الخواص الطبيعية للتربة بحيث تكون صالحة كطبقة أساس إضافي ومن العوامل التي يجب مراعاتها في تصميم خلطات الإسمنت و التربة ما يلي:

أ- تركيب وتصنيف التربة .

ب- نسبة الإسمنت للتربة .

ج- المحتوى المائي.

د- طريقة الخلط و الدمك.

هـ - طريقة المعالجة و كيفية تطبيقها و الظروف البيئية المحيطة .

٣- التثبيت بالجير(النورة) Lime Stabilization :

في هذه الطريقة من طرق التثبيت يكون دور المادة المضافة (الجير) مزدوجاً وهي تحسن من خواص التربة و ذلك بتغيير تدرج الحبيبات كيميائياً و تعمل على تصلب التربة في كتلة مدمجة تمنحها خواص مشابه لتلك في حالة التثبيت بالإسمنت. هذا و يمكن تلخيص التأثيرات التي تتعرض لها التربة المثبتة جيرياً في الآتي :

١- تغير خصائص الليونة في التربة .

٢- زيادة مقاومة التربة للتحميل .

٣- تقليل التغيرات الحجمية وخاصة في التربة الطينية.

٤- تحسين التشغيل للتربة الطينية.

٥- تقليل الكثافة الجافة للتربة.

وعادة يتم إضافة نسبة من الجير تتراوح من ٥ إلى ١٠% حيث تعمل هذه النسبة على تحسين خواص التربة و هذا بدوره يعتمد على عدة عوامل أخرى مهمة مثل : نوع التربة ، المحتوى المائي ، طريقة الدمك المطبقة ، عملية الخلط ، والبيئة المحيطة بالإضافة إلى عملية المعالجة بالترطيب و مدتها.

٤- التثبيت بالبيتومين (الأسفلت) (Bituminous Stabilization) :

تخلط المواد البيتومينية مع التربة و ذلك لغرض توفير العزل المائي water proofing لحبيبات التربة وزيادة الالتصاق. وعادة يستعمل البيتومين السائل Cut-back bitumen والمستحلبات البيتومينية bitumen emulsions كذلك القطران TAR لأغراض التثبيت للتربة و خاصة في أنواع التربة الخشنة و غير المتماسكة .

وعادة يضاف البيتومين للتربة بنسب تتراوح من ٤ إلى ٨% الإضافة أما مباشرة في الموقع باستعمال معدات خلط متحركة أو في محطات الخلط المركزية. ويجب أن تكون التربة مرطبة عند إضافة البيتومين حتى يمكن الحصول على خلط جيد. عادة يتم الدمك باستعمال مدحرجات الحديد الملساء أو مدحرجات حوافر الغنم ويجب ألا تقل درجة الدمك عند التثبيت بالبيتومين عن ٩٥% .

جدول مفردات مادة ميكانيك التربة الكورس الثاني

الاسبوع	المفردات
١-٢	الطرق الحديثة في تثبيت التربة (تسليح التربة ،أنواع المواد المستخدمة فيها و طريقة استخدامها) (Reinforced Earth).
٣	نسبة التحمل الكاليفورني (CBR) و أهميتها في تنفيذ الطرق.
٤-٥	الانضمام في التربة (Consolidation) و علاقته بحدوث الهبوط (Settlement) .
٦	ظاهرة الانتفاخ (Swelling) و التداعي (Collapse) .
٧	تعريف مقاومة القص للتربة (Shear Strength) و اهميتها في احتساب مقدار تحمل التربة (Bearing Capacity)
٨	فحص القص اللامحصور (Unconfined Compression Test).

٩	فحص القص المباشر (Direct Shear Test).
١٠-١١	فحص القص ثلاثي المحاور (Triaxial shear Test).
١٢	فحوصات القص الحقلية (In Situe shear Test).
١٣	أنواع الأسس وعلاقتها بمقدار تحمل التربة.
١٤	الأسس الضحلة (Shallow Foundation) الاسس العميقة (Deep Foundation) الركائز (Piles) .
١٥	مقدمة بسيطة عن أعمال تحريات التربة (Soil Exploration) و انواع النماذج و طريقة أخذها و اعداد و أعماق الحفر الاختبارية الواجب تنفيذها موقعيا.

الاسبوع الأول و الثاني

الهدف التعليمي : الهدف الاساسي زيادة قوة تحمل التربة واستقرارها من خلال استخدام مواد تقوية مثل الألياف والشبكات الجيوتقنية (geogrids). من الناحية التطبيقية بناء الجدران الاستنادية، تحسين الأساسات، تعزيز الطرق والمنحدرات.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة:(الطرق الحديثة في تثبيت التربة (تسليح التربة ،أنواع المواد المستخدمة فيها و طريقة استخدامها) (Reinforced Earth).

ما هو تسليح التربة (Soil Reinforcement)

تعد تقنية تسليح التربة (Soil Reinforcement) أحد التقنيات الهندسية الحديثة التي تستخدم في تعزيز قوة التربة وتحسين قدرتها على تحمل الأحمال الثقيلة. وتتميز تقنية تسليح التربة بالقدرة على تحسين مقاومة التربة للشد والضغط والانحناء، وتستخدم على نطاق واسع في الهندسة المدنية والمعمارية.

١-تتمثل تقنية تسليح التربة في استخدام شبكات من الأسلاك المعدنية أو الألياف الزجاجية أو البوليميرية أو الكربونية داخل التربة، وتوصيلها بأساسات الهياكل أو الأرضيات أو الجدران. وتحسن هذه التقنية قدرة التربة على تحمل الأحمال الثقيلة وتقلل من التشوهات والانجرافات.

٢-يمكن استخدام تقنية تسليح التربة في العديد من التطبيقات الهندسية، مثل تعزيز الحوائط الترابية والأرصفة والجدران الداعمة والأساسات والطرق والجسور. ويمكن استخدام هذه التقنية في المواقع المختلفة، بما في ذلك المواقع الصناعية والتجارية والسكنية.

٣-من أمثلة استخدام تقنية تسليح التربة، يمكن الإشارة إلى مشروع جسر ميلواكي الذي تم تصميمه باستخدام تقنية تسليح التربة. ويتميز هذا الجسر بمقاومته العالية للأحمال الثقيلة والتشوهات، وتم تصميمه باستخدام شبكات من الأسلاك المعدنية داخل التربة لتحسين قدرتها على تحمل الأحمال الثقيلة.

٤-ويتطلب استخدام تقنية تسليح التربة تحليل متأنٍ لخواص التربة وتحديد الطريقة المناسبة لتطبيق التقنية. كما يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة للحفاظ على سلامة العاملين والمتضررين من الأعمال الجارية. وتعد تقنية تسليح التربة خيارًا مثاليًا لتحسين قدرة التربة على تحمل الأحمال الثقيلة وتعزيز الهياكل والمنشآت المختلفة.

مكونات نظام حوائط التربة المسلحة بالجيوجريد و تنفيذها

الجيوجريد :عبارة عن شبك من البولى ايثلين على هيئة رولات تفرش بين طبقات الاساس وتزيد من قوه تماسك التربة و يستخدم في عدة أغراض و من بينها الجدران الإسنادية، المنحدرات، التربة الناعمة، اعمال الطرق و في هذه التدوينة سنحاول التعرف على طريقة تنفيذ حوائط التربة المسلحة عبر استخدام الجيوجريد (Reinforcement-Retaing-Walls).

إلى وقت قريب كان استعمال الحوائط الساندة (Retaining walls) هو أفضل خيار قصد حمل الضغوط المائلة الواقعة من اختلاف مناسيب الأرض أو المياه سواءً الجوفية أو السطحية حيث يمكن اعتبارها سدود أرضية يبين تفاصيلها بهذا الحائط والقوى الرئيسية المؤثرة عليه؛ لكن مؤخرا اتجه أغلب المهندسين الى استخدام نظام التربة المسلحة بالجيوجريد كبديل للاستغناء عن الحوائط الساندة التقليدية للتربة بسبب ارتفاع تكلفتها. بل أصبح من أفضل البدائل الهندسية.

ما هي مكونات نظام حوائط التربة المسلحة بالجيوجريد

١-بلوكات خرسانية limestone block و التي يجب أن تتحمل أجهاد لا يقل عن ٢٥٠ كجم/سم٢ . يستلزم وجود تربة ردم تحقق شروط خاصة نوجزها فيما يلي يجب أن يكون التماسك فى تربة الردم يساوي صفرا، و زاوية مقاومة القص تساوي ٣٤درجة .
Backfilling angle of shearing resistance = 34 degree
Backfilling cohesion = 0 N/mm2

٢- يجب أن يتم الردم على طبقات يتراوح سمك الطبقة من ٢٠cm الى ٣٠cm بعد الدمك ويتم تحديد ذلك طبقا للمسافات بين شبك الجيوجريد بالتصميم .

٣-الدمك الجيد للتربة بحيث لا تقل الكثافة الجافة بالموقع عن ٩٥% من أقصى كثافة جافة معمليا.

٤-أقصى حجم حبيبي للتربة هو ١٠mm.

٥-نسبة المواد الناعمة المارة من منخل رقم٢٠٠ لا يزيد عن ١٠%.

٦- معامل اللدونة لا يزيد عن ٥%.

٧-شبك جيوجريد geogrid و الذي يجب أن يكون مصنع من البولي ايثلين عالي المقاومة HDPE؛ كما أنه يحقق الشبك Long term Design Strength طبقا للتصميم .

٨-لوازم ربط الشبك بحوائط البلوكات connector

مميزات نظام حوائط التربة المسلحة بالجيوجريد

١- سهولة التركيب .

٢- سرعة التركيب .

٣- يقاوم العوامل الجوية المختلفة .

٤- رخص الثمن مقارنة بحوائط الخرسانة المسلحة .

الاسبوع الثالث

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي الرئيسي من دراسة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) هو تحديد قوة تحمل التربة والطبقات الأساسية المستخدمة في إنشاء الطرق والمنشآت الأخرى، وذلك لضمان تصميمها بشكل سليم ومناسب لقدرتها على تحمل الأحمال المتوقعة.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة:(نسبة التحمل الكاليفورني (CBR) و أهميتها في تنفيذ الطرق).

اختبار نسبة تحميل كاليفورنيا (CBR) هو تجربة مخبرية لقياس الضغط اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة تحميل معينة في عينة من التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ومقارنتها مع نتائج اختبار تربة قياسية. وتهدف إلى تحديد قوة تحمل التربة الأساسية وطبقة أساس الطرق والمطارات وتستخدم التجربة خاصة من أجل الرصف المرن. يستخدم لفحص (base coarse) حيث يتم أخذ عينه عالأقل من كل مصدر اقترح هذه التجربة الأمريكي بورتر الذي كان يعمل في قسم الطرق بكاليفورنيا في عام ١٩٣٨ م ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا(CBR)
تقييم مقاومة تربة التأسيس و طبقات الأساس المختلفة في هندسة الطرق و المطارات و اماكن الانتظار.
طرق الاختبار
المواصفة الأمريكية ASTM D1883
مواصفة الأشتو AASHTO T193
ما هي أهمية اختبار ال CBR ؟
تم تطوير اختبار CBR في قسم الطرق بولاية كاليفورنيا سنة ١٩٢٧ و تم استخدام مقاومة الغرز لعينات طبقات اساس من كسر الاحجار المثالية من ولاية كاليفورنيا و ذلك بهدف مقارنة مقاومة الغرز لمادة أساس كاليفورينا مقابل باقي عينات التربة و طبقات الاساس الأخرى. تمتاز مادة الأساس كاليفورنيا بمقاومة غرز تساوي ١٠٠٠) psi رطل / البوصة المربعة) عند اختراق ٠,١ بوصة و ١٥٠٠ psiعند اختراق ٠,٢ بوصة
يتم استخدام نسبة تحمل كاليفورنيا كأحد أهم عوامل التصميم الأساسية في معظم اكواد تصميم الطرق و المطارات العالمية نظرا لاكتسابها موثوقية عالية في تقييم مقاومة تربة التأسيس و طبقات الاساس مما يساعد مهندسي التصميم في تحديد السمك التصميمي لطبقات التأسيس المختلفة .كما تم عمل علاقات عديدة بين نسبة تحمل كاليفورنيا و خواص التربة الأخرى مثل تصنيف التربة و حدود اللدونة و السيولة و البروكتور و اختراق المخروط الديناميكي
الأجهزة المطلوبة
ماكينة تحميل كاليفورنيا بسعة ٤٥ كيلو نيوتن
قوالب CBR ، قُطر ٦ بوصة و ارتفاع ١٧٧,٨ مم مزودة برقبة تطويل ٢ بوصة و قاعدة معدنية سُمك ١,٥ مم و مثقوب بفتحات قطرها ١,٥ مم موزعة بانتظام على محيط القاعدة
Spacer Discقرص معدني دائري قطر ٦ بوصة و بارتفاع ٦١,٤ مم
مطرقة اختبار البروكتور المعدل
Perforated palteقُطر ٦ بوصة و به على الاقل ٤٢ ثُقب ١,٥ مم موزعين بانتظام على مساحة القرص
Tripodيستخدم كحامل لعداد الانتفاش و يرتكز على حواف القالب
أقراص الأحمال : قرصين أحمال بقُطر ٦ بوصة و بوزن كلي ٤,٥٤ كجم و مشقوقين
عدادات هبوط : عدادي هبوط بدقة ٠,٠٠١ بوصة و بسعة حتى ٠,٢ بوصة على الاقل

موازين ، مسطرة تسوية ، حوض غمر ، فرن ، ورق ترشيح ، مناخل ¾ بوصة و رقم ٤ (٤,٧٥مم)

طريقة تحضير عينات الاختبار

يتم تحضير عينات الاختبار في قالب ال CBR بنفس طريقة اختبار البروكتور و لكن لكل اختبار يتم عمل ثلاث عينات بعدد ضربات مختلف (١٠ ، ٢٥ ، ٦٥) و هو ما يعادل مدى الكثافة الجافة المتوقعة لعينات التربة في الواقع و يتم استخدام Spacer disks , Surcharge weigts, Tripodsلقياس انتفاش قالب ال CBR

يتم تثبيت رقبة القالب مع القاعدة و القالب

يتم إدخال ال Spacer Disc & Filter Paper مع تشحيم القالب من الداخل لسهولة إخراج العينة في نهاية الاختبار

يتم وضع التربة على خمس طبقات مع دمكها بالمطرقة ٤,٨٩ كجم بعدد الضربات كما تم شرحه اعلاه

يتم إزالة رقبة القالب و تسوية سطح القالب باستخدامStright edge

في حالة حدوث فراغات صغيرة نتيجة ازالة حبيبات التربة الكبيرة نتيجة عملية التسوية ، يتم استعاضتها بمواد صغيرة لملأ هذه الفراغات

يتم تعيين وزن القالب و التربة المدموكة بداخله

يتم وضع Filter paper فوق العينة و وضع ال Perforated Plate على التربة المدموكة و يتم اضافة الأحمال (Annular weightsلتمثل وزن طبقات الرصف فوق تربة التأسيس)

يتم غمر العينات في حوض مياه لمدة ٩٦ ساعة مع تركيب ال Tripod الحامل لعداد الانتفاش على حواف القالب مع اخذ قراءة العداد الابتدائية

ملحوظة : الغرض من غمر قوالب ال CBR هو الأخذ في الاعتبار الظروف الموقعية مثل الأمطار أو غمر التربة

الاسبوع الرابع و الخامس

الهدف التعليمي : فهم سلوك التربة يهدف إلى فهم كيفية تفاعل هذه التربة مع تغيرات الرطوبة، وكيف تتأثر بالظروف الجوية المختلفة، وكيف تتغير خصائصها الميكانيكية، تحديد الخصائص الهندسية للتربة يتضمن ذلك تحديد معاملات الانتفاخ والانكماش، وقدرة تحمل التربة، ومقاومتها للقص، وخصائصها الأخرى ذات الصلة بالتصميم الهندسي.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة:(الانضمام في التربة (Consolidation) و علاقته بحدوث الهبوط (Settlement)).

الخصائص الميكانيكية للتربة (Mechanical properties of soil)

هي تلك الخصائص التي تعبر عن سلوك التربة تحت تأثير الأحمال المختلفة. فعندما تتعرض التربة لتأثير الأحمال الناتجة من وزن المبنى فوقها فإنها تنضغط وتتراص حبيباتها أكثر، على حساب الفراغات الموجودة فيها، وهي العملية التي تدعى بالانضغاط (Compression). بما أن حجم الفراغات الموجودة في تركيب التربة محدود ويتناقص مع زيادة الحمل الضاغط، فإن الذي يحدث عندما تتلاشى الفراغات مع ازدياد الحمل العمودي هو أن حبيبات التربة تبدأ بالانزلاق الواحدة فوق الأخرى ويحصل ما يدعى بالقص (Shear)، واذا استمرت زيادة الحمل المؤثر على التربة بعد مرحلة القص، فيحصل الانهيار (Failure).

مقاومة التربة للقص (strength Shear soil of): من المعروف أن أساس المنشأ يقوم بعملية نقل وتوصيل الأحمال إلى التربة التي يرتكز إليها. يؤدي تأثير هذه الأحمال إلى ظهور اجهادات (Stresses) في التربة تنتج عنها تشوهات (Deformations)، تكون إما مرنة (Elastic) لحبيبات التربة، أو حجمية نتيجة لخروج الماء من الفراغات، وينتج عنها تغير في حجم التربة (Volume change).أما الشكل الثالث للتشوهات التي يمكن أن تظهر في التربة تحت تأثير الحمل الخارجي فهو انزلاق حبيبات التربة الواحدة فوق الأخرى particles soil of Slippage)والذي قد يؤدي إلى انزلاق كتلة ترابية فوق أخرى مما يعني الانهيار (Failure)، وهذا الشكل من التشوهات هو ما يعرف بالقص (Shear). إن تحميل التربة حتى حد معين ينتج عنه تراص حبيباتها تحت تأثير الحمل على حساب الفراغات بين هذه الحبيبات، أي أن التربة تنضغط بتقارب حبيباتها من بعضها البعض، وبالتالي تتحسن خصائصها، وتدعى هذه المرحلة من مراحل التحميل بمرحلة الانضغاط (Compaction phase).

لدراسة مقاومة التربة للقص، يتم إجراء أحد فحوصات القص في المختبر، وذلك لتحديد المركبين الرئيسيين لهذه المقاومة، وهما:

أ- قوة التماسك بين الحبيبات Cohesion ويرمز لها بالحرف (c).

ب- الاحتكاك بين الحبيبات الصلبة للتربة، وتعبر عنه زاوية الاحتكاك الداخلي Angle internal of friction ويرمز لها بالحرف اللاتيني (Φ)

وقد كان العالم الفرنسي كولوم Columb أول من ربط بين زاوية الاحتكاك والتماسك بين الحبيبات، وذلك سنة ١٧٧٣ في معادلته $\tau = C + \sigma \tan \Phi$

حيث: τ - مقاومة التربة للقص، c- قوة التماسك بين الحبيبات، σ- إجمالي الإجهاد العمودي عند مستوى القص، c - زاوية الاحتكاك الداخلي.

أما الفحوصات المختبرية التي تؤدي إلى إيجاد معاملات القص فهي:

١- فحص القص اللامحصور (Unconfined Compression Test)
٢- فحص القص المباشر(Direct Shear Test)
٣- فحص القص ثلاثي المحاور (Triaxial shear Test)
٤- فحوصات القص الحقلية (In Situe shear Test)

تصنف الترب الهندسية على نوعين نسبة إلى معاملات القص فيها:
١- الترب المتماسكة (Cohesive soils): هي الترب التي تكون حبيباتها متماسكة بصورة طبيعية نظر ا لصغر حجمها مثل الطين والغرين.
٢- الترب غير المتماسكة (Non cohesive soils): هي الترب التي تكون حبيباتها غير متماسكة نظرا لكونها خشنة مثل الرمل والحصى وتعتمد مقاومة القص فيها على الاحتكاك بين الحبيبات.
كذلك تصنف الترب على ثلاثة أنواع نسبة إلى معاملات القص وكما يأتي:

١- وهي الترب الطينية soil-c

٢- وهي الترب الرملية soil –Φ

٣-وهي الترب الغرينية soil Φ – c

الانضغاطية والانضمام (Compressibility and Consolidation)

انضغاطية التربة هي نقصان حجم التربة حين تتعرض لتأثير إجهاد انضغاطي (Compressive stress) وذلك على حساب تضاؤل فراغاتها واعادة ترتيب الحبيبات الصلبة فيها وتحدث بالترب الرملية والطينية غير المشبعة.
أما انضمام التربة فهو عملية تقارب الحبيبات الصلبة للتربة الطينية المشبعة من بعضها البعض خلال فترة زمنية قد تكون طويلة وتحت تأثير إجهادات متزايدة. تترافق هذه العملية مع خروج الماء من الفراغات الموجودة في التربة.

أساس نظرية الانضمام: من المعروف أن التربة تتكون من حبيبات صلبة (Solid particles) تتواجد بينها فراغات (Voids) تكون مملوءة بالغاز الهواء غالباً، أو الماء، أو كليهما معاً.
عندما تتعرض التربة لإجهاد ضاغط فإن حجمها ينقص، ويكون هذا النقص بالنسبة للتربة الطينية المشبعة بالماء عائدا إلى أحد العوامل الثالثة الآتية:
أ- انضغاط الحبيبات الصلبة.
ب-انضغاط الماء الموجود بين الحبيبات.
ت-"فر ار" أو إفلات الماء من الفراغات .

وبما أن تأثير العامل الأول (أ) للتربة غير العضوية ضئيل الاحتمال، فإن هذا العامل يهمل في نظرية الانضمام كما يهمل العامل الثاني(ب) لان انضغاط الماء لا يكاد يذكركما يبقى العامل الثالث الذي يقضي بأن انضمام التربة يحصل كنتيجة إفلات أو خروج الماء من فراغات التربة تحت تأثير الضغط الخارجي، وهو العامل الذي ترتكز إليه نظرية الانضمام. أما تغير الحجم (Volume change)الناتج عن انضمام التربة، فإنه يتم ببطء، وكذلك الهبوط (Settlement) الناتج عن هذه العملية فإنه يستغرق وقتاً طويلاً في العادة حتى يصل إلى نهايته القصوى، والتي تدعى من الناحية الكمية بالهبوط الحدي (Ultimate settlement).

الأهمية العملية لدراسة تضاغط التربة:

يمكن تلخيص هذه الأهمية بما يأتي:

أ. معرفة مدى قابلية التربة للانضغاط تحت تأثير الأحمال الخارجية، ويعبر عن هذه القابلية معامل الانضغاط الحجمي والذي يقيس الكمية (compressibility volume of Coefficient) ويرمز له (m v) التي تنضغط إليها التربة تحت تأثير الحمل الخارجي.

ب. دراسة سلوك التربة وهبوطها تحت تأثير الحمل الخارجي وربط ذلك بعامل الزمن، من خلال معامل الانضمام (consolidation of Coefficient)ويرمز له (Cv)، والذي يعبر عن سرعة الانضمام (consolidation of Rate) وكذلك تحديد الفترة الزمنية اللازمة للوصول إلى قيمة الهبوط الكلي.

ج- تساعد معرفة خصائص الانضمام للتربة الطينية في معرفة نفاذيتها.

الاسبوع السادس

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من دراسة الترب الانتفاخية والانهيارية هو تمكين الطلبة من فهم سلوك هذه التربة عند تعرضها لتغيرات في الرطوبة، والتنبؤ بتشوهاتها المحتملة، وتصميم منشآت مستقرة وآمنة عليها. يهدف هذا الفهم إلى تجنب المشاكل المرتبطة بالترب الانتفاخية والانهيارية، مثل تشققات المباني، وتلف الطرق والأساسات، وغيرها من الأضرار الهيكلية.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: (ظاهرة الانتفاخ (Swelling) و التداعي (Collapse)).

ظاهرة الانتفاخ (Swelling) تعرف الترب الانتفاخية بأنها ترب طينية تخضع لتغير كبير في الحجم مع تغير رطوبتها، حيث تخضع هذه الترب لزيادة في الحجم مع زيادة الرطوبة بينما يؤدي نقصان الرطوبة الى نقصان حجم هذه الترب

التداعي هي حركات عمودية خطرة للأرض تنتج غالبا بسبب الفعاليات الإنسانية التي تغير الظروف البيئية، لكنها تعتبر اقل خطورة من انهيار المنحدرات والهزات الأرضية.
يمثل تخسف الأرض (Subsidence Ground) حركة سطح الأرض إلى الأسفل عبر مساحة واسعة تنتج عن الفعاليات الزلزالية واستخراج المياه الجوفية والنفط والغاز من باطن الأرض ويسبب حدوث الفيضانات وانهيار المنشآت.
أما تداعي الأرض (Collapse Ground) فهو حركة مفاجئة لسطح الأرض إلى الأسفل عبر مساحة محددة تنتج عن فعاليات المناجم ونمو الفجوات داخل صخور الحجر الجيري وتكون الأنابيب (Piping) وازالة العوامل الرابطة.
أما ارتفاع الأرض (Heave Ground) فيمثل حركة سطح الأرض للأعلى بسبب تمدد الأطيان أو تخفيف الإجهاد أو الفعاليات التكتونية أو انجماد الأرض ، وهي تؤدي إلى تحطم المنشآت واضعاف المنحدرات الطينية.

تعريف التربة الانتفاخية (Expansive Soils):

إذا تعرض حجم التربة أو الصخور الرخوة (Soft Rocks) للانكماش أو التمدد عند حدوث تغير في مستوى الرطوبة بها (Moisture) فإنها تسمى انتفاخيه . والتربة التي تحدث بها هذه الظاهرة تكون عادة تربة طينية (Clays) إلا انه هناك بعض أنواع التربة الصفائحية (Shales) تتعرض للانكماش والتمدد أيضا.

وترجع هذه الظاهرة إلى تفتت سيلكات الألومنيوم ذات الأصول المعدنية البركانية (Aluminum Silicate Minerals) لتكون تربة طينية انتفاخية من مجموعة الاسمكتايت (Smectite Group) واشهر أنواع التربة التي تتدرج تحت هذه المجموعة هي تربة المنت موريللونايت (Montmorillonite) حيث تتمدد الأنواع الصافية (Pure) من هذه التربة ليتضاعف حجمها خمس عشرة مرة قدر حجمها وهى جافة . ولكن هذه التربة في الطبيعة عادة تكون مختلطة بأنواع أخرى من الطين لها صفات اقل انتفاخية ولذلك يندر أن توجد في الطبيعة تربة يتمدد حجمها ولأكثر من مرة ونصف قدر حجمها وهى جافة و في هذا خطورة طبعا على طبعا على المنشأ المقام على تربة كهذه .
متى يصبح وجود التربة الانتفاخية مشكلة.إذا توافرت العوامل الثلاثة فسوف يؤدى وجود التربة الانتفاخية إلى مشاكل يتعين علينا دراستها :

١-أن تحتوى التربة على مكونات معدنية (Mineral components) ذات الخواص الانتفاخية العالية .

٢-أن تتعرض هذه التربة لتغيرات كبيرة في محتوى الرطوبة.

٣-طبقة التربة المحتوية على مواد انتفاخية يجب أن تكون بسمك كاف لكي تحدث حركة تكفى لأحداث الضرر على سطح الطبقة .وعموما لو زادت نسبة التمدد الحجم لتربة الأساسات عن (٣ %) فإنها تودي إلى إحداث أضرار بنسبة متفاوتة للمنشآت ما لم تكن اساساتها مصممة بطريقة خاصة لمواجهة ذلك(Specially designed Foundations)

مشكلة التربة الانتفاخية:

طبقا لبعض الإحصاءات فان الأضرار التي تلحق بالمنشات المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشات بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة . وتشمل هذه المنشات المباني وأيضا الطرق (Roads) والكباري (Bridges) وخطوط الأنابيب (Pipelines) وأيضا كل المنشات غير المرنة (Rigid structures) والتي تركز على آو تمر من خلال التربة الانتفاخية .والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط (Pressure changes) تحت المنشأ من مكان ولأخر .
وهذا بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة (Moisture) في التربة الحاملة للأساسيات .فنجد أن المباني الصغيرة ، الكباري والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية وذلك مقارنة بضغوط الانتفاخ (Swelling Pressure) بها وآلتي تتعدى (١٠٠٠٠ رطل/قدم٢ آو (٤٧٩٠٠٠ باسكال) .

أنواع الأضرار التي تسببها التربة الانتفاخية:

الحركة المتفاوتة (Differential movement) تحت المنشأ الواحد من مكان إلى آخر .
تغير منسوب التربة في المكان الواحد إلى أعلى والى اسفل تبعا للتغيرات الموسمية (Seasonal changes) لمحتوى الرطوبة ومستوى المياه الجوفية (Water table levels) والتربة تتعرض لهذه الحركة الراسية الموسمية حتى أعماق تصل إلى حوالي مترين .
في حالة إقامة منشأ على مساحة كبيرة نسبيا (مبنى ضخم أو طريق) فان التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الأمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ ولكنها سوف تستمر في الحدوث حول أطراف ومحيط المنشأ. وهذا يؤدى إلى هبوط أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة (Doming of soil) تحت المنشأ وعلى العكس من ذلك في المواسم الأمطار فان أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه ويحدث ما يسمى تقعر التربة (cupping of soil) .ويسمى هذا التمدد للتربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي (seasonal heave) ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود آي تسرب من مواسير المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ . ويسمى التمدد الناتج عن ذلك في التربة بالتمدد العام (General Heave).

الكشف عن وجود تربة انتفاخية بموقع الإنشاء:

الشك في وجود تربة انتفاخية قد يأتي بعد ملاحظة مظهر التربة وسلوكها بعد الغمر وقد يوجد هذا الشك أيضا لمجرد وجود الموقع في المنطقة عرف عنها آن تربتها انتفاخية . وفى كل إقليم يعرف المهندسون به والمتخصصون توزيع المناطق التي تحتوى على تربة انتفاخية . وآيا كان سبب وجود الشك فمن الواجب عندئذ اجداء كشف موقعي دقيق (site investigation) وسواء أجرى الكشف بمعرفة مهندس جيوتقنى أو جيولوجي متخصص في التربة الهندسية فهناك عدة ظواهر لو وجدت في تربة ما لامكن التأكد من إنها تربة انتفاخية وهذه الظواهر كالتالي :

١- عندما تكون التربة الطينية رخوة كالبودرة (Soft Puffy) وتبدو كالفشار وهى جافة (popcorn appearance) .
٢- عندما تلتصق التربة بالأصابع بشدة وهى مبتلة .
٣- عندما تظهر التربة لدونه عالية وتكون ضعيفة وهى مبتلة (highly plastic & weak) ولكنها تكون صلبة كالصخر وهى جافة (rock hard) .

قد يظهر فحص المنشآت الموجودة من قبل الغروب من الموقع وجود أضرار بها آو شروخ تدل على وجود تربة انتفاخية أسفلها.عند التحكم مبدئيا بان التربة انتفاخية فان هناك العديد من الاختبارات المعملية التي يتعين أجراؤها على عينات من التربة لاعطاء تقييم اكثر دقة لمدى انتفاخية التربة .وتعتبر ارتفاع علامة اللدونة (plasticity index) هي المؤشر الأول للحكم على مدى انتفاخية التربة ويضاف إلى ذلك وجود نسبة يعتد بها للمكون الطيني بالعينة وهى الحبيبات التي يقل قطرها عن ٢ مبكرون (clay fraction) . يحكم على مدى انتفاخية التربة بدلالة كل من علامة اللدونة (P.I) ونسبة المكون الطيني بالعينة وهذان يتم تعينهما معمليا.
وقد عكست الخبرة تأثير علامة اللدونة (P.I) على مدى الانتفاخية كالموضح بالجدول التالي:
مدى علامة اللدونة (P.I) مدى انتفاخية التربة (EXPANSIVITY)

صفر – ١٤ % قابلية صغيرة للانتفاخ NONCRITICAL

١٤ – ٢٥% انتفاخية متوسطة MARGINAL

٢٥ – ٤٠% انتفاخية كبيرة CRITICAL

اكبر من ٤٠% انتفاخية كبيرة جدا HIGHLY CRITICAL

ويجب ملاحظة أن علامة اللدونة (P.I) هي مؤشر فقط ولكن هناك عوامل أخرى تحدد مدى قابلية التربة للانتفاخ مثل البناء التركيبي للتربة (SOIL STRUCTU E) وكذلك عمق الطبقة الانتفاخية والذي يؤدى إلى إلى الحكم على مدى الحركة على سطح الأرض .

قبل اختيار نوع الآساسات (FOUNDATION DESIGN) يجب الأخذ في الاعتبار أيضا التركيب الجيولوجي للموقع وكذلك تاثيرالمياه الجوفية (GROUND WATER)وهناك العديد من التجارب المعملية التي تتيح حساب قيمة التمدد (HWAVE) التي يتعرض لها موقع معين. وهذه التجارب لا غنى عنها في حالة تشييد المنشات الكبرى الهامة .

معالجة وتقليل الأضرار الناتجة عن التربة الانتفاخية:

هذه التقنيات من الممكن الاستغناء عنها في حالة التمكن من تغيير الموقع المرشح للإنشاء (CONSTRUCTION SITE) بموقع آخر ولكن عند تعذر تغيير الموقع فأنة ينتقى من هذه التقنيات ما يناسب الموقع المرشح ، وهذه التقنيات هي كالتالي :

١- عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية ISOLATION FROM EXPANSIVE SOIL

٢- تصميم المنشأ المرن FLEXIBILITY IN DESIGN

٣- معالجة التربة لتقليل التغيرات الحجمية SOIL TREATEMNET

٤- الصرف والتحكم في مياه الأمطار DRAINAGE AND CONTROL OF SURFACE RUNOFF

٥- احتياطات تتعلق بالمزروعات المجاورة للمنشأ MANAGEMENT OF VEGETATION

الفقرات التالية تعرض تلك النقاط تفصيليا:

عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية ISOLATION FROM EXPANSIVE SOIL

هنا يتم عزل المنشأ وحجبه عن تأثير الاجهادات STRESSESS الناتجة عن تمدد وانكماش SWELLING & SHRINKING التربة المحيطة . ويتم ذلك الإحلال REPLACEMNET سواء الكلى آو الجزئي للتربة .
فإذا كان سمك الطبقة الانتفاخية صغيرا SHALLOW فيمكن عندئذ حفرها وأزالتها واستبدالها بردم غير تمددي NONEXPANSIVE FILL بينما لو كانت الطبقة الانتفاخية عميقة فيتم حفرها بعمق كاف ثم يعاد ملئها بردم غير تمددي مع مراعاة السرعة في الردم لتفادى جفاف التربة العميقة.
والتربة الانتفاخية قد تسبب أيضا اجتهادات أفقية HORIZONTAL STRERSSESS وذلك إذا حصرت ما بين إنشاءات راسية مثل حوائط لبر ومات BASEMENT آو الحوائط الساندة RETAINING WALLS .. عند بناء حائط ساند كبير ليسند تربة انتفاخية يتم حفر وإزالة التربة خلف الحوائط ثم إحلالها بتربة غير تمددية NONSWELLING مع استعمال طبقة غير منفذة للمياه WATERPROOF MEMBRANE حول الردم وذلك لتفادى تغيير المحتوى الرطوبى لتربة الردم SOIL MOISTURE .

عندما يكون الحفر والإحلال ممكنا فمن الممكن حل المنشأ على أعمدة أسطوانية PIERS تصل إلى الطبقة غير التمددية وذلك لعزل المنشأ عن تأثير الحركة غير المتساوية UNEQUAL MOVEMENT والأعمدة الأسطوانية نفسها تغطى بغلاف أسطواني من الفايبر FIBER BOARD CIRCULAR FORM وهذه الأعمدة افضل من استعمال الخوازيق PILES وذلك لتفادى الرفع والاهتزازات HEAVE AND VIBRATIONS المصاحبة لدق الخوازيق. وسواء استعملت الأعمدة الاسطوانية أو الخوازيق فإنها يجب أن تصمم بدقة وذلك لان التصميم الخاطئ لئلا قد يودي إلى شروخ وانهيارات في المنشأ

عنوان المحاضرة: (فحص القص المباشر (Direct Shear Test)).

فحوصات القص الحقلية (Field Shear Tests): وهي من أهم الفحوصات الهندسية المستخدمة في الموقع لتقييم خصائص التماسك والقص للمواد، سواء في التربة أو الخرسانة أو المواد المركبة.

ما المقصود بفحوصات القص الحقلية:
فحوصات تُجرى مباشرة في موقع المشروع (في الحقل) بهدف قياس قدرة المادة على مقاومة قوى القص، أي القوى التي تحاول قص المادة أو تفصلها عن بعضها أفقياً.
استخداماتها الشائعة:
- دراسة تماسك التربة لأغراض التصميم الجيوتقني (الأساسات، الجدران الاستنادية، المنحدرات).
- فحص عينات خرسانية أو إسفلتية في الموقع لتقييم جودة الربط بين الطبقات.
- التحقق من قوة الالتصاق بين المواد المركبة أو الغلافات الخارجية للمنشآت.

أنواع فحوصات القص الحقلية:
اختبار القص المباشر (Direct Shear) تقييم تماسك التربة بسيط وشائع
اختبار القص ثلاثي المحاور (Triaxial Test) تحليل دقيق لقوة القص تحت ضغط محيط أكثر دقة
خطوات الفحص الموقعي للقص المباشر:
١. تحضير العينة الميدانية حسب المواصفات (ASTM D3080 غالبًا للتربة).
٢. تثبيت العينة في جهاز القص داخل صندوق خاص.
٣. تطبيق حمل رأسي (ضغط طبيعي) لمحاكاة وزن المنشأ.
٤. تطبيق قوة قص أفقية تدريجية حتى الانزلاق أو الكسر.
٥. تسجيل البيانات: قيمة القص عند الفشل، زاوية الاحتكاك الداخلي، التماسك.
٦. تحليل النتائج ورسم منحنى الإجهاد – الانفعال.

ملاحظات مهمة أثناء إجراء الفحص:
- يجب تسجيل درجة الحرارة والرطوبة بدقة، لأنها تؤثر على النتائج.
- المحافظة على سرعة القص ثابتة طوال الاختبار.
- يمكن تكرار الفحص عند قيم ضغط مختلفة للحصول على علاقة أكثر واقعية.

أخطاء شائعة يجب الحذر منها:
- عدم تثبيت العينة جيدًا مما يؤدي لانزلاق غير منتظم.
- تسريع الفحص مما يُقلل من دقته.
- تجاهل التأثير البيئي كمحتوى الرطوبة أو درجة الحرارة.

تجربة القص المباشر للتربة
Direct shear test

المادة النظرية للتجربة:

تعرف المقاومة على القص لتربة ما بأنها اكبر اجهاد قص يمكن ان تتحمله التربة حتى تنهار بعد ذلك وتعطي سطح انزلاق (انهيار) واضح أو منطقة قص واسعة .

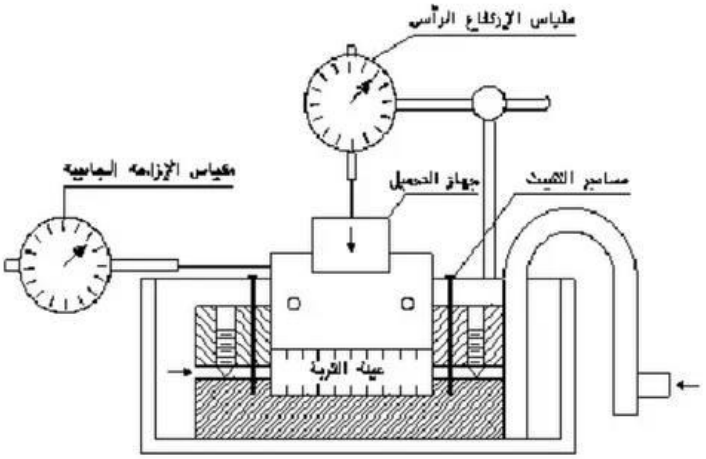
حيث ان مقاومة القص تتألف من عاملين اساسيين:

1- الاحتكاك الداخلي : وهو المقاومة الناتجة عن احتكاك حبات التربة بعضها ببعض بفعل انزلاقها ودورانها .

2- التماسك : وهو المقاومة الناتجة عن القوى التي تحاول مسك الحبات مع بعضها ضمن كتلة ترابية .

ويشكل عام تأخذ الترب الطينية مقاومتها من كلا العاملين (التماسك والأحتكاك) ولكن قد يكون الاحتكاك مهملا في بعض الحالات اما التربة الرملية فتعتمد مقاومتها بالدرجة الاولى على الاحتكاك الداخلي وقد يوجد فيها تماسك احيانا وهذا التماسك يكون بوجود الماء في التربة فأذا جفت ينعدم التماسك لذلك يدعى بالتماسك الظاهري.

وكان اول من اعطى العلاقة ما بين مقاومة القص للتربة وعاملي الاحتكاك والتماسك هو العالم كولمب $\tau = c + \sigma_n \tan\phi$



وبالترتيب:
أ- القاعدة وبها اربعة تجاويف من اسفل تنطبق على اربعة بروزات في الصندوق .
ب- الحجر المسامي.
ج- صفيحة مثقبة سفلية واتجاه الخطوط عموديا على الحركة والى اعلى لتنغرز في العينة.
د- العينة المراد قصها.
ه- الصفيحة المثقبة العلوية واتجاه الخطوط عموديا على الحركة والى اسفل لتنغرز في العينة.
و- الحجر المسامي العلوي.
ز- الغطاء العلوي ثم توضع الكرة التي تنقل الحمل من الرافعة الى العينة وأخيرا تثبت الرافعة في مكانها وتوضع عليها الاحمال المطلوبة مع بقاء ذراع الرافعة تحت الجهاز افقيا دائما.

ثانيا : تحضير العينة:

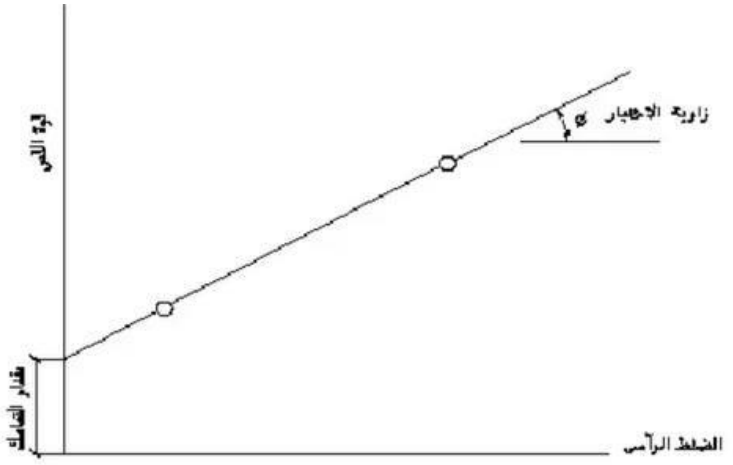
1- التربة الطينية:
تحضر العينة في الغالب من تربة في حالتها الطبيعية وعادة تقص اربع عينات بأستعمال الاداره القاطعة الخاصة بذلك والتي تشبة صندوق الجهاز من حيث المساحة ثم بنعم سطحي العينة وهي لا تزال في اداة القطع ثم تدفع في صندوق الجهاز بأستعمال المدق الخشبي المخصص لذلك .

2- التربة الرملية :
تحضر عينة من الرمل الجاف تكفي لثلاث أو اربع تجارب ثم يملا صندوق العينات بالرمل حتى 6 ملم من حافته العلوية ثم توضع القطع الازمة فوق العينة.

ثالثا: يتم اختيار قيمة الحمل الرأسي ليكون مناسبا مع الحمل الرأسي الذي ستتعرض له التربة في الواقع ويتم اختيار ثلاث او اربع قيم حسب عدد التجارب المطلوبة التي ستجرى وتوضع الاحمال الازمة لاعطاء الاجهاد المطلوب على سطح العينة علما بأن مساحة سطح العينة 36 سم مربع ووزن الرافعة فارغة 4.34 كغم وان ذراع الرافعة يعطي قوة بنسبة 1:5 زيادة عن الاوزان الموضوعة في الكفة الاصلية .

رابعاً: يتم اختيار سرعة القص حسب نوع الفحص المطلوب هل هو فحص سريع ام بطيء وعادة يجب ان تنهار العينة خلال 3ـــ5 دقائق ما عدا الفحص المسموح به للعينة بالهبوط وتصريف الماء الزائد حيث تحتاج الى وقت اكبر من ذلك .

خامسا: توضع العينة في القالب كما هو مين سابقا ثم يرفع البرغيان اللذان يربطان جزئي الصندوق العينة ثم يشد البرغيان الاخران وذلك لفصل جزئي الصندوق عن بعضهما ثم يرفع هذان البرغيان بدورهما وتوضع رافعة الاحمال فوق العينة.



اهداف

التجربة:

تهدف التجربة الى ايجاد خواص القوة للتربة وذلك حسب نوع التربة:
1- التربة الرملية:
تهدف الى ايجاد زاوية الاحتكاك الداخلي أو زاوية مقاومة القص الداخلي والتي يرمز لها بالرمز
2- التربة الطينية :
تهدف الى ايجاد زاوية الاحتكاك الداخلي ومعامل التماسك (c)

$$\tau = c + \sigma_n \tan\phi$$

ويمكن بيان هه المعادلة كما يلي:
1- للتربة المتماسكة: وتشتمل التربة الطينية والترية الطينية الرملية والرملسة الناعمة والسلتية وتصنف هذه التربة cohesive soil
2- للتربة غير المنتماسكة (المفككة) وتشمل التربة الحبيبية والرملية وتكون قيمة التماسك لهذا النوع = صفر ولهذا يمر الخط المستقيم بنقطة الاصل (cohesionless soil)
3- وفي تجارب الضغط غير المحصور والتربة التي يكون فيها الاحتكاك يساوي صفر وتصنف هذه التربة تربة انخفاسية وسلتية.

الاجهزة المستخدمة في التجربة:

1- جهاز القص المباشر (علبة القص)
ويتألف من وعاء(صندوق) ذي نصفين السفلي ثابت والعلوي متحرك ومتصل بجهاز التحميل الافقي وملحق به عدد من العدادات لقياس مقدار الحمل الافقي المطبق على العينة والازاحة الافقية والهبوط الرأسي للعينة .
2- فرن تجفيف .
3- مدق خشبي لدفع العينة في صندوق الجهاز .
4- سكاكين غير حادة لتنعيم سطحي العينة العلوي والسفلي.

خطوات التجربة:

اولا: تحضير الجهاز:

يحضر الجهاز بتركيب صندوق العينة من جزئين في العربة الخاصة به ثم بأستعمال البرغي الوجود الى اقصى يمين الجهاز تدفع حلقة المعايرة الى اقصى اليسار حتى تلامس الحامل الثابت ثم يؤمن هذا البرغي بأستعمال الصامولتين المركبتين عليه , تزال الرافعة التي تعطي الحمل الرأسي ونضع القطع التالية في صندوق العينة

سادسا: يبدأ بالقص الافقي بعد ضبط مقياس حلقة المعايرة على الصفر وضبط مقياس الحركة الرأسية وتؤخذ قراءات مقياس المعايرة والحلقة الرأسية كل 15 ثانية لاول دقيقتين ثم كل 30 ثانية بعد ذلك حتى تنهار العينة .

سابعا: تزال العينة من الصندوق وتوضع عينة اخرى وتعاد نفس الخطوات السابقة مع استعمال قيم مختلفة للحمل الرأسي وتكرر التجربة ايضا على عينة ثالثة مع استعمال قيم مختلفة بالنسبة للحمل الرأسي.

ملاحظة:
عند اجراء التجربة على عينة مشبعة بالماء يملأ صندوق الجهاز بالماء ويترك فترة كافية حتى تتشبع العينة .

النتائج والحسابات:

ابعاد العينة(6سم*6سم =36سم 2)

القراءات التي نحصل عليها من الجهاز:

الزمن بالدقائق	1	2	3	4	5	6
العينة الاولى(الحمل الرأسي 19 كغم)	222	300	331	349	352	
العينه الثانية (الحمل الرأسي 36 كغم)	272	387	437	449	448	445
العينة الثالثة (الحمل الرأسي 72كغم)	365	465	483	480	472	470

معامل الجهاز:

F=0.076
العينة الاولى : والوقع عليها حمل رأسي بمقدار 19 كغم

DL (الازاحة لجانبية)	R (قراءة الجهاز)	P=R*F	$\sigma = P / A$
1.25	222	16.87	0.47
2.5	300	22.8	0.63
3.75	331	25.16	0.7
5	349	26.5	0.73
6.25	352	26.8	0.74

العينة الثانية: ذات حمل رأسي بمقدار 36 كغم:

DL (الازاحة الجانبية)	R (قراءة الجهاز)	P=R*F	$\sigma = P / A$
1.25	272	20.672	0.57
2.5	387	29.41	0.817
3.75	437	33.212	0.93
5	449	34.12	0.95
6.25	448	34.04	0.94
7.5	445	33.82	0.93

العينة الثالثة : ذات حمل رأسي بمقدار 72 كغم:

DL (الازاحة الجانبية)	R (قراءة الجهاز)	P=R*F	$\sigma = P / A$
1.25	365	27.74	0.77
2.5	465	35.34	0.98
3.75	463	35.19	0.97
5	480	36.48	1.013
6.25	472	35.87	0.996
7.5	476	36.17	1.004

- نأخذ اقصى اجهادقص وأجهاد رأسي لكل عينة من العينات الثلاث السابقة:
- اجهاد القص = الحمل الافقي \ مساحة سطح العينة
- الاجهاد الرأسي = الحمل الرأسي \مساحة سطح العينة

رقم العينة	الاجهاد رأسي (كغم/سم 3)	اكبر اجهاد قص(كغم/سم 3)
العينة الاولى	0.51	0.74
العينة الثانية	1	0.95
العينة الثالثة	2.0	1.02

للمحتوى المائي (كمية الرطوبة الاصولية والتي تم الحصول عليها في تجربة الرص لبركتور وقد كانت 19%.

2. خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي للتربة .
3. احسب وزن القالب الأسطواني Mold + القاعدة .
4. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح .
5. ادمك التربة حسب طريقة الدمك العادية أو المعدلة اي 56 ضربة لكل طبقة والتي سبق شرحها .
6. افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني ، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة .
7. ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة بدون الحلقة ، ومنه حدد وزن وكثافة التربة .
8. ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة .
9. **من اجل العينات غير المشبعة** :ضع مجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن 4.5كجم (تعادل وزن ضغط التربة على الطبيعة Overburden Pressure) ، ثم سجل قيمة هذه الأوزان .
10. اغمر العينة تماماً بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج Dial Gauge دقة قراءته 0.01ملم ثم صفر المقياس .
11. سجل زمن بداية الاختبار ثم خذ قراءات بعد مرور 0 ، 1 ، 2 ، 4 ، 8 ، 12 ، 24 ، 36 ، 48 ، 72 ، 96 ساعة لتحديد مقدار الانتفاخ مع ملاحظة أن الاختبار يمكن أن ينتهي بعد مرور 48 ساعة عند ثبوت القراءة بعد هذا الوقت لمدة 24 ساعة.
12. بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ اترك العينة لمدة 15 دقيقة لخروج الماء ثم جفف سطحها واحسب وزن العينة مع القالب .
13. ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم ضع أوزاناً لا تزيد عن 4.5كيلو جرام وصفر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق .
14. زد قيمة الضغط والاختراق لها .

الاسبوع الثالث عشر و الرابع عشر

الهدف التعليمي : الهدف التعليمي من دراسة الأسس هو تزويد الطلبة بالمعرفة والمهارات اللازمة لتصميم وتنفيذ أساسات المباني والمنشآت المختلفة. يشمل ذلك فهم أنواع الأساسات المختلفة، وكيفية اختيار الأساس المناسب لكل مشروع، وتحليل استقرارها، وتصميمها لتلبية متطلبات السلامة والاستدامة.

تهدف دراسة الأسس إلى تحقيق الأهداف التالية:

١-فهم أنواع الأساسات: التعرف على الأنواع المختلفة من الأساسات (الضحلة والعميقة) واستخداماتها وظروف التربة المناسبة لكل منها.

٢-تحليل استقرار الأساسات: القدرة على تحليل قوى الشد والضغط المؤثرة على الأساسات، وتقييم استقرارها تحت الأحمال المختلفة.

٣-تصميم الأساسات: تصميم الأساسات بشكل فعال وآمن باستخدام المعايير والمواصفات الهندسية المعتمدة.

مدة المحاضرة: النظري ساعتين العملي ساعتين = المجموع اربع ساعات

الأنشطة المستخدمة:

١- أنشطة تفاعلية صفية
٢- أسئلة عصف ذهني
٣- أنشطة جماعية (إذا تطلب الامر)
٤- واجب بيتي
٥- واجب الكتروني (ويفضل انشاء صفوف الكترونية Classrooms لدمج التعليم الحضوري بالتعليم الالكتروني حسب التوجهات الحديثة للتعليم والتعلم)

أساليب التقويم:

١- التغذية الراجعة الفورية من قبل التدريسي (التقويم البنائي).
٢- اشراك الطلبة بالتقويم الذاتي (تصحيح اخطائهم بأنفسهم).
٣- التغذية الراجعة النهائية (التقويم الختامي)، ويقصد به حل الأسئلة المعطاة كنشاط صفي في نهاية المحاضرة.
٤- أسئلة اختيار من متعدد صح وخطأ وأملأ الفراغات
٥- أنشطة تقييمية علمية

عنوان المحاضرة: (أنواع الأسس وعلاقتها بمقدار تحمل التربة).الأسس الضحلة (Shallow Foundation) الاسس العميقة (Foundation Deep) الركائز (Piles) .

تنقسم الأساسات في الهندسة المدنية إلى نوعين رئيسيين: أساسات ضحلة وأساسات عميقة.
تُستخدم الأساسات الضحلة عندما تكون التربة قوية بما يكفي لتحمل وزن المبنى بالقرب من السطح، بينما تُستخدم الأساسات العميقة عندما تكون التربة ضعيفة وتحتاج إلى نقل الأحمال إلى طبقات أعمق من الأرض.

الأساسات الضحلة:
الأساس المنفصل (المعزول): قاعدة مربعة أو مستطيلة أسفل عمود واحد، تستخدم عادةً للأعمدة في الهياكل الخرسانية.
الأساس المشترك: يشبه الأساس المنفصل ولكنه يخدم عمودين أو أكثر.
الأساس المستمر (الشريطي): أساس طويل يمتد على طول جدار، ويوفر دعمًا مستمرًا للجدار.
أساس الحصيرة (اللبشة): قاعدة واسعة تغطي كامل مساحة المبنى، تستخدم عندما تكون التربة ضعيفة أو عندما تكون الأحمال كبيرة.
الأساسات العميقة:
الخوازيق: أعمدة خرسانية أو فولاذية تُدفع في الأرض لتوصيل الأحمال إلى طبقات التربة القوية.
الأعمدة الأرضية: أساسات عميقة يتم حفرها وتعبئتها بالخرسانة، وتستخدم لدعم المباني الكبيرة أو الهياكل التي تتطلب دعمًا قويًا.
الحوائط الساندة: جدران خرسانية تستخدم لدعم التربة ومنع الانهيار في المناطق ذات التضاريس غير المستوية.

العوامل التي تؤثر على اختيار نوع الأساس:
١- نوع التربة: قدرة التربة على تحمل الأحمال.
٢- وزن المبنى: الأحمال الثقيلة تتطلب أساسات أعمق.
٣- عمق المياه الجوفية: إذا كانت المياه الجوفية قريبة من السطح، فقد تكون الأساسات الضحلة غير مناسبة.
٤- التكلفة: يختلف سعر كل نوع من الأساسات.
٥- الظروف المحلية: قد تتطلب بعض المناطق أنواعًا معينة من الأساسات

الأساسات العميقة هي نوع من الأساسات يتم تصميمها لنقل أحمال المبنى أو المنشأة من الهيكل إلى طبقات التربة الأعمق. هذه الأساسات تستخدم عندما تكون التربة السطحية غير كافية لدعم الحمل أو عندما يكون هناك تربة ضعيفة أو غير مستقرة في الطبقات العليا.
بعض أنواع الأساسات العميقة تشمل:

الأساسات الأسطوانية (Piles): تعتبر الأساسات الأسطوانية من أكثر أنواع الأساسات العميقة شيوعًا. تتكون من أعمدة أسطوانية مصنوعة من الخرسانة أو الصلب تُدفَن في التربة. تنقل الأحمال من الهيكل إلى التربة العميقة.
الأساسات العمودية (Caissons): تستخدم في البناء على الماء، مثل الجسور والأبراج. تتمثل في حفر حفرة في قاع الماء وصب الخرسانة داخلها لتشكيل الأساس.
الأساسات الجدارية (Sheet Piles): تستخدم لدعم الجدران الأرضية أو الجدران العمودية. تتكون من ورقة معدنية أو خرسانية تُدفَن في التربة.
الأساسات العائمة (Floating Foundations): تستخدم في المناطق التي تكون فيها التربة غير مستقرة. تعتمد على توزيع الحمل على مساحة أكبر من التربة.
تصميم الأساسات العميقة يتطلب دراسة التربة وتحديد خصائصها، بالإضافة إلى احتساب الأحمال المتوقعة على المبنى أو المنشأة. يجب أن يكون الأساس مستقرًا وقادرًا على تحمل الأحمال

الأساسات في الهندسة المدنية تُقسّم إلى نوعين رئيسيين، وكل نوع يتفرع إلى أشكال مختلفة حسب طبيعة التربة والأحمال وظروف المشروع:

أولًا: الأساسات السطحية (Shallow Foundations) : تُستخدم عندما تكون التربة القريبة من السطح قوية بما يكفي لحمل الأحمال. وتتميز بسهولة التنفيذ وقلة التكلفة.

الأنواع:

• أساس منفرد (Isolated Footing)

يُستخدم مع الأعمدة المنفردة – مثل قاعدة خرسانية أسفل كل عمود.

• أساس مشترك (Combined Footing)

يدعم عمودين أو أكثر عندما تتقارب قواعدها.

• أساس شريطي (Strip Footing)

يُستخدم في الجدران الحاملة أو مجموعة من الأعمدة على خط واحد.

• حصيرة (Raft Foundation)

بلاطة خرسانية تغطي المساحة الكاملة تحت المبنى – تُستخدم إذا كانت التربة ضعيفة والأحمال كبيرة.

ثانيًا: الأساسات العميقة (Deep Foundations): تُستخدم عندما لا تستطيع التربة السطحية حمل الأحمال. يتم نقل الحمل إلى أعماق أكبر حيث توجد تربة أكثر صلابة.

الأنواع:

• الخوازيق (Piles): عناصر طويلة (خرسانية، حديدية أو خشبية) تُغرس في الأرض لنقل الأحمال إلى أعماق بعيدة.

• الآبار (Caissons or Drilled Shafts): ثقوب كبيرة يتم حفرها وتدعيمها بالخرسانة؛ تُستخدم في الجسور والمنشآت البحرية.

• الجدران الحافظة العميقة (Diaphragm Walls): تُستخدم في الأبنية تحت الأرض مثل محطات المترو أو الأقبية العميقة.

كيفية اختيار النوع المناسب للأساس يعتمد على عدة عوامل:

• طبيعة التربة ونتائج الفحوصات الجيوتقنية

• حجم المنشأة وأحمالها

• العمق المطلوب لمنسوب التأسيس

• الموقع وقيود التنفيذ والتكلفة

تنفيذ الأساسات العميقة باستخدام الخوازيق (Piles) هو عملية هندسية دقيقة تُستخدم لنقل الأحمال من المنشآت إلى طبقات تربة صلبة في الأعماق.

أولاً: أنواع الخوازيق المستخدمة

قبل التنفيذ، يختار المهندس نوع الخازوق المناسب حسب ظروف التربة والمنشأ:

النوع المادة طريقة التنفيذ

خوازيق مسبقة الصب خرسانة مسلحة تُغرس بالدق أو الدفع

خوازيق مصبوبة في المكان خرسانة تُنفذ بالحفر ثم الصب في الموقع

خوازيق فولاذية فولاذ تُغرس بالدق أو اللولبة

خوازيق برميلية (Caissons) خرسانة أو حديد تُحفر وتُصب بقطر كبير

ثانياً: خطوات تنفيذ الخوازيق المصبوبة في الموقع (الأكثر شيوعًا)

١. تحضير الموقع

• تحديد أماكن الخوازيق بدقة حسب المخطط.

• تسوية الأرض وتجهيز منصة العمل.

٢. الحفر العمودي (Boring)

• استخدام آلة حفر (Rotary أو Kelly Bar) لحفر ثقب بعمق وقطر التصميم.

• مراقبة جوانب الحفرة لتجنّب الانهيار، ويمكن استخدام طين البنتونايت أو أنبوب التغليف (Casing).

٣. تركيب القفص الحديدي

• إنزال قضبان التسليح داخل الحفرة، مع وضع فواصل لضمان التغطية الخرسانية.

٤. صب الخرسانة

• صب الخرسانة باستخدام أنبوب Tremie لمنع اختلاطها بالتربة أو الماء.

• التأكد من استمرارية الصب دون توقف لتفادي الفواصل الباردة.

٥. فك التغليف (إن وُجد)

• يتم سحب أنبوب التغليف تدريجيًا أثناء الصب، حسب المواصفات.

فحوصات ضرورية بعد التنفيذ

• اختبار النزاهة الصوتي (Sonic Integrity Test): لاكتشاف الفجوات أو التشققات.

• تحميل الخازوق (Pile Load Test): للتحقق من قدرته على التحمل.

• التحقق من العمق والانحراف: باستخدام مجسات خاصة.

ملاحظات مهمة أثناء التنفيذ

• مراقبة مستوى المياه الجوفية.

• التأكد من نظافة قاع الحفرة قبل الصب.

• التعامل بحذر مع التسليح لتجنب تشوه القفص.

ما المقصود بفحوصات القص الحقلية؟

فحوصات تُجرى مباشرة في موقع المشروع (في الحقل) بهدف قياس قدرة المادة على مقاومة قوى القص، أي القوى التي تحاول قص المادة أو تفصلها عن بعضها أفقياً.

استخداماتها الشائعة:

• دراسة تماسك التربة لأغراض التصميم الجيوتقني (الأساسات، الجدران الاستناديةالمنحدرات).

• فحص عينات خرسانية أو إسفلتية في الموقع لتقييم جودة الربط بين الطبقات.

• التحقق من قوة الالتصاق بين المواد المركبة أو الغلافات الخارجية للمنشآت.

مقدمة بسيطة عن أعمال تحريات التربة Soil Exploration :

و انواع النماذج و طريقة أخذها و اعداد و أعماق الحفر الاختبارية الواجب تنفيذها موقعيا.

تعد تحريات التربة متطلبا رئيسيا يسبق أعمال التصميم والتحليل للمشاريع الهندسية وخاصة الكبيرة منها وهذا المتطلب يكمن في جمع المعلومات اللازمة لدراسة المشروع المقترح ، من خلال تحريات التربة التي تشمل اخذ العينات من موقع المشروع واجراء الاختبارات الميدانية والمعملية وتحليلها من اجل معرفة خصائصها وصفاتها الهندسية ومن ثم اعدادها في تقرير فني.

وتتراوح كلفة تحريات التربة من ٠,٥% إلى ١,٠% من التكلفة الإجمالية لتنفيذ المشروع وترتبط نسبة التكلفة بنوع وحجم المشروع والحالات غير العادية للتربة . وهذه التكلفة لن تكون قيمه مفقودة إذا ما قورنت بالتكاليف التي قد تدفع في حالة حدوث انهيار للمشروع نتيجة عدم التحري لموقع ذلك المشروع.

لو قمنا بتنفيذ المنشأ علي تربه مجهوله من ممكن ان يحدث هبوط للمنشأ مع الوقت وبالتالي سيتسبب في ظهور شروخ بالمنبي ثم الي الانهيار، وجميعا رأينا مشاكل كثيرة حدثت بسبب عدم فحص التربة و عمل الجسات ومعرفه تقرير التربه وتوصيات البناء

عوامل تقييم مدى ملائمة الموقع بصفه عامة للمشروع المقترح

١. عمق ونوع اساسات المشروع بما يتناسب مع خصائص التربه وحجم المشروع
٢. مقدار تحمل التربه للاحمال المتوقعه من المشروع
٣. مقدار الهبوط المتوقع للاساسات نتيجة احمال المشروع
٤. الاضرار التي قد تحدث للمنطقه المجاوره للمشروع نتيجة الحفريات واعمال التنفيذ الاخرى .
٥. منسوب المياه الجوفيه ومدى تأثيرها على عناصر المشروع
٦. عمق ونوع الطبقه الصخريه عند ملاحظتها اثناء التحريات
٧. المشاكل البيئيه التي قد تحدث للمشروع
٨. اختيار مواد التشييد المناسبه للمشروع