# ميكانيك التربة 1

## 2026 -2025

م.م. نور قصي عبدالغني

## الأسبوع الأول : تعريف التربة ، مقدمة جيولوجية لأنواع الصخور ، كيفية تكون التربة من الصخور

### الهدف العام:

تعريف الطالب بمفهوم التربة، وأصل تكوينها من الصخور، والعوامل التي تؤدي إلى نشأتها، وذلك لتكوين قاعدة معرفية تمكّنه من فهم سلوك التربة في التطبيقات الهندسية.

### الأهداف السلوكية:

بنهاية المحاضرة يتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف التربة من الناحية الهندسية.
2. التمييز بين التربة والصخور من حيث التركيب والخواص.
3. ذكر الأنواع الثلاثة الرئيسية للصخور مع أمثلة لكل نوع.
4. شرح عمليات التجوية التي تؤدي إلى تكوّن التربة.
5. تصنيف التربة إلى متبقية ومنقولة مع إعطاء أمثلة.

### المقدمة

التربة هي الأساس الذي تُبنى عليه جميع المنشآت مثل الأبنية، الجسور، الطرق، والسدود.

فهم طبيعة التربة وخصائصها هو الخطوة الأولى لأي مهندس أو فني يعمل في مجال البناء، لأن أي خطأ في معرفة خواص التربة قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة مثل الهبوط أو الانهيار الجزئي أو الكلي للمنشأة.

لذلك، دراسة ميكانيك التربة تعتبر من أهم المواد في تخصص الهندسة المدنية والمعاهد التقنية.

### أولاً – تعريف التربة

التعريف الهندسي: التربة هي مادة طبيعية غير متماسكة تتكون من جزيئات معدنية ناتجة عن تفتت الصخور بفعل عوامل طبيعية، بالإضافة إلى مواد عضوية متحللة، ومسامات تحتوي على ماء وهواء.

مكونات التربة:

1. المواد الصلبة: حبيبات معدنية وأحيانًا عضوية.
2. الماء: يوجد في مسام التربة بنسب مختلفة حسب الرطوبة.
3. الهواء: يملأ الفراغات التي لا تحتوي على ماء.

## ثانياً – الفرق بين التربة والصخر

- الصخر: كتلة صلبة متماسكة من المعادن، تحتاج إلى كسر أو تفجير لتفتيتها.
- التربة: مواد مفككة يمكن فصلها بسهولة نسبية بواسطة الحفر أو الغربلة.

**مثال عملي:**

عند حفر أساسات مبنى، قد نجد في البداية تربة طينية أو رملية، ثم على عمق أكبر نصادف طبقة صخرية تحتاج إلى معدات خاصة لتكسيرها.

## ثالثاً – مقدمة جيولوجية عن الصخور

### أنواع الصخور الرئيسية:

1. الصخور النارية (Igneous Rocks):

- تتكون من تبريد وتصلب الصهارة (الماغما) أو الحمم البركانية.
- أمثلة: الجرانيت، البازلت.
- صلبة وقوية، مقاومة للتجوية.

2. الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks):

- تتكون من تراكم وترسيب الرواسب التي تنقلها المياه أو الرياح.
- أمثلة: الحجر الرملي، الحجر الجيري.
- أقل صلابة من النارية، وأكثر مسامية.

3. الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks):

- تتكون من تحول الصخور النارية أو الرسوبية بفعل الحرارة والضغط.
- أمثلة: الرخام، الشيست.
- أكثر صلابة وكثافة من الصخور الرسوبية.

## رابعاً – كيفية تكوّن التربة من الصخور

### عملية التجوية (Weathering):

هي تفكك الصخور وتفتتها إلى جسيمات أصغر بفعل عوامل طبيعية، وتنقسم إلى:

1. التجوية الفيزيائية (Physical Weathering):

- تغيرات فيزيائية دون تغيير التركيب الكيميائي.
- أمثلة: التمدد والانكماش بسبب تغير درجة الحرارة، تجمد الماء داخل الشقوق.

2. التجوية الكيميائية (Chemical Weathering):

- تغيير في تركيب المعادن بفعل تفاعلها مع الماء أو الأكسجين.
- أمثلة: إذابة الحجر الجيري بالماء الحمضي، صدأ الحديد في الصخور.

3. التجوية البيولوجية (Biological Weathering):

- تأثير الكائنات الحية على الصخور.
- مثال: جذور النباتات التي تتغلغل في الشقوق وتفتتها.

**خامساً – أنواع التربة من حيث المنشأ**

1. التربة المتبقية (Residual Soil):

- تبقى في مكانها الأصلي فوق الصخر الذي تجوّت منه.
- لها نفس تركيب الصخر الأم.

2. التربة المنقولة (Transported Soil):

- تنتقل من مكانها الأصلي بواسطة الرياح أو الماء أو الجليد.
- أمثلتها: التربة النهرية، التربة الجليدية، التربة الهوائية.

**سادساً – أهمية معرفة أصل التربة في العمل الهندسي**

- يساعد في اختيار نوع الأساس المناسب.
- يحدد طرق تحسين التربة إذا كانت ضعيفة.
- يقلل من مشاكل الهبوط أو الانهيار.

**الخاتمة**

التربة ليست مجرد مادة تحت أقدامنا، بل هي العنصر الأساسي الذي يعتمد عليه نجاح أي مشروع إنشائي.

فهمنا اليوم أن معرفة نوع التربة وأصلها وتاريخ تكوينها خطوة أساسية لضمان استقرار وأمان المنشآت.

## التوصيات

1. ضرورة أخذ عينات من التربة قبل أي مشروع ودراستها مختبريًا.
2. عدم الاعتماد على المظهر الخارجي للتربة في الحكم على قوتها.
3. مراعاة تأثير المياه الجوفية على سلوك التربة.
4. الاستفادة من التجارب الميدانية السابقة في نفس المنطقة.
5. تحديث المعلومات الجيولوجية للمواقع باستمرار

## المصادر العلمية


.1 Braja M. Das, Principles of Geotechnical Engineering, Cengage Learning, 2019.

.2 Holtz, R.D., Kovacs, W.D., and Sheahan, T.C., An Introduction to Geotechnical Engineering, Pearson, 2010.

.3 Budhu, Muni, Soil Mechanics and Foundations, Wiley, 2015.

## الأسبوع الثاني : مكونات التربة ، الخصائص الفيزيائية للتربة (المحتوى الرطوبي ، المسامية ، نسبة الفراغات ، الكثافة الرطبة والجافة ، الكثافة المشبعة والمغمورة ، الوزن النوعي).

### الهدف العام:

فهم مكونات التربة والخصائص الفيزيائية الأساسية لها، وكيفية قياسها وتطبيقها عملياً في هندسة التربة.

### الأهداف السلوكية:

بنهاية المحاضرة، يجب أن يكون الطالب قادرًا على:

1. تعريف مكونات التربة الأساسية
2. شرح مفهوم المحتوى الرطوبي وأنواعه.
3. حساب المسامية ونسبة الفراغات في التربة.
4. التمييز بين الكثافة الرطبة والجافة والمشبعة والمغمورة.
5. استخدام القانون البسيط لحساب الوزن النوعي للتربة.

### محتوى المحاضرة:

#### 1. مكونات التربة

- التربة تتكون من ثلاث مكونات رئيسية:
- الجزيئات الصلبة: مثل الرمل والطين والغرين
- الماء: يوجد في الفراغات بين الجزيئات الصلبة
- الهواء: أيضاً موجود في الفراغات، إلى جانب الماء

#### 2. المحتوى الرطوبي (Water Content - ω)

- هو نسبة وزن الماء إلى وزن التربة الجافة.
- يعبر عنه عادة بالنسبة المئوية:

$$\omega = \frac{w_\omega}{w_d} \cdot 100\%$$

حيث:

$w_\omega$ = وزن الماء في العينة

$w_d$ = وزن التربة الجافة

**3. المسامية (Porosity - n)**

- هي نسبة حجم الفراغات في التربة إلى الحجم الكلي للعينة:

$$n = \frac{V_v}{V_t} \cdot 100\%$$

حيث:

$V_v$= حجم الفراغات

$V_t$ = الحجم الكلي للعينة

**4. نسبة الفراغات (Void Ratio - e)**

- هي نسبة حجم الفراغات إلى حجم المواد الصلبة:

$$e = V_v / V_s .$$

حيث:

$V_s$ = حجم المواد الصلبة

**5. الكثافة الرطبة والجافة**

- الكثافة الرطبة (Bulk Density \ ρ): هي كتلة العينة الرطبة مقسومة على حجمها الكلي:

$$\rho = M \setminus V$$

- الكثافة الجافة (Dry Density \ $\rho_d$): هي كتلة العينة الجافة مقسومة على حجمها الكلي:

$$\rho_d = M_d \setminus V$$

### 6. الكثافة المشبعة والمغمورة

- الكثافة المشبعة (Saturated Density): كثافة التربة عندما تكون جميع الفراغات مملوءة بالماء، ولا يوجد هواء.
- الكثافة المغمورة (Submerged Density): كثافة التربة في حالة وجودها تحت الماء، وتحسب بطرح كثافة الماء من الكثافة المشبعة:

$$\rho` = \rho_{sat} \setminus \rho_{water}$$

### 7. الوزن النوعي ($G_s$ - Specific Gravity)

- هو نسبة وزن وحدة حجم التربة الصلبة إلى وزن نفس حجم الماء عند درجة حرارة 4°C.
- حساب الوزن النوعي:
- عادة يكون وزن النوعي للتربة بين 2.6 و 2.8.

**تطبيق رياضي بسيط:**

عينة تربة جافة وزنها 1200 جم، تحتوي على ماء وزن 200 جم، والحجم الكلي للعينة 1000 سم$^3$. احسب:

- المحتوى الرطوبي ,الكثافة الرطبة,الكثافة الجافة

**الحل**:

$$w = \frac{200}{1200} \times 100 = 16.67\%$$

$$\rho = \frac{1200 + 200}{1000} = \frac{1400}{1000} = 1.4\ /^3$$

$$\rho_d = \frac{1200}{1000} = 1.2\ /^3$$

---

## خاتمة:

تعتبر مكونات التربة وخصائصها الفيزيائية من الأساسيات المهمة التي تساعد المهندس المدني على فهم سلوك التربة وتحليلها وتصميم الأساسات المناسبة. قياس المحتوى الرطوبي، المسامية، والكثافة تعطي معلومات دقيقة عن حالة التربة وقدرتها على تحمل الأحمال.

**توصيات:**

- دائماً إجراء الفحوصات المخبرية لعينات التربة للتأكد من خصائصها.
- استخدام القوانين الأساسية بشكل دوري في تحليل بيانات التربة.
- فهم العلاقة بين المحتوى الرطوبي والخصائص الأخرى يساعد في تقييم جودة التربة.

**المصادر والمراجع:**


1.Terzaghi, K., Peck, R.B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley.

2.Das, B.M. (2010). Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning.

3.Holtz, R.D., Kovacs, W.D., & Sheahan, T.C. (2011). An Introduction to Geotechnical Engineering. Pearson.

4. Craig, R.F. (2004). Soil Mechanics. Spon Press.

5. كتاب هندسة التربة - جامعة الموصل

# الأسبوع الثالث والرابع : التحليل الحبيبي للتربة (طريقة المناخل وطريقة المكثاف)

## الأسبوع الثالث

**العنوان:**

التحليل الحبيبي للتربة – **طريقة المناخل(Sieve Analysis)**

### الهدف العام

إعطاء فكرة مبسطة عن تجربة التحليل الحبيبي باستخدام المناخل وأهميتها في تصنيف التربة.

### الأهداف التعليمية

بنهاية هذه المحاضرة، يكون الطالب قادرًا على:

- فهم مبدأ طريقة المناخل.
- التعرف على أهمية التحليل الحبيبي في تصنيف التربة.
- معرفة الخطوات الأساسية للتجربة بالمختبر.

### المحتوى العلمي

### أولًا: الفكرة الأساسية

طريقة المناخل تُستخدم لفصل حبيبات التربة حسب حجمها، وذلك بتمرير التربة الجافة عبر مجموعة من المناخل ذات فتحات مختلفة مرتبة من الأكبر إلى الأصغر.

### ثانيًا: الأهمية

- تحديد توزيع أحجام الحبيبات (تربة رملية، حصوية...).
- المساعدة في تصنيف التربة حسب أنظمة التصنيف المعتمدة) مثل USCS أو AASHTO).

### ثالثًا: خطوات التجربة (مختصر)

1. تجفيف عينة التربة في الفرن.
2. وزن العينة الجافة.

3. ترتيب المناخل من الأكبر إلى الأصغر حجم فتحات.
4. وضع العينة في المناخل وهزها لفترة زمنية محددة.
5. وزن التربة المتبقية على كل منخل وحساب النسبة المئوية.

**رابعًا: ملاحظات**

- هذه التجربة مناسبة للترب **الخشنة الحبيبات** حجم 0.075 <ملم
- الترب الناعمة تحتاج طريقة أخرى (المكثاف).

**خاتمة**

التحليل بطريقة المناخل تجربة أساسية وبسيطة لكنها مهمة لفهم طبيعة التربة وتوزيع حبيباتها قبل أي تصميم هندسي.

## الأسبوع الرابع

**العنوان:**
التحليل الحبيبي للتربة – **طريقة المكثاف(Hydrometer Analysis)**

**الهدف العام**

تقديم شرح مبسط لتجربة التحليل الحبيبي للترب الناعمة باستخدام المكثاف.

**الأهداف التعليمية**

بنهاية هذه المحاضرة، يكون الطالب قادرًا على:

- فهم مبدأ طريقة المكثاف.
- معرفة أهميتها للترب الناعمة.
- الإلمام بالخطوات الرئيسية للتجربة.

**المحتوى العلمي**

**أولًا: الفكرة الأساسية**

- طريقة المكثاف تعتمد على قياس سرعة ترسيب جزيئات التربة في الماء باستخدام قانون ستوكس.(Stokes' Law)
- الجسيمات الصغيرة تترسب ببطء أكثر من الكبيرة، ومن خلال قياس الكثافة على أعماق مختلفة يمكن حساب توزيع أحجام الحبيبات.

## ثانيًا: الأهمية

- تستخدم للترب **الناعمة الحبيبات** (مثل الطين والغرين) التي لا يمكن تحليلها بالمناخل فقط.
- تساعد على تحديد نسبة الطين والغرين بدقة.

## ثالثًا: خطوات التجربة (مختصر)

1. مزج التربة مع محلول مبدد للتكتلات
2. وضع المزيج في أسطوانة طويلة مملوءة بالماء.
3. قياس الكثافة باستخدام المكثاف عند أزمنة محددة.
4. استخدام القراءات لحساب حجم الحبيبات.

## رابعًا: ملاحظات

- هذه الطريقة حساسة لدرجة الحرارة ولزوجة الماء.
- تحتاج إلى التهيئة الجيدة للعينة لتجنب التكتل.

## خاتمة

طريقة المكثاف تكمل طريقة المناخل، ودمجهما يعطي صورة كاملة عن توزيع أحجام الحبيبات في التربة.

# الأسبوع الخامس : خصائص اللدونة في التربة (حد السيولة ،حد اللدونة ، حد الإنكماش )

## خصائص اللدونة في التربة(Atterberg Limits)

### الهدف العام:

التعرف على حدود أتربرج (السيولة، اللدونة، الانكماش) وأهميتها في تصنيف التربة الناعمة وتحديد سلوكها الهندسي.

### الأهداف السلوكية:

بنهاية المحاضرة، يجب أن يكون الطالب قادرًا على:

1. تعريف حدود أتربرك وأنواعها.
2. شرح الفرق بين حدود السيولة، اللدونة، والانكماش.
3. إجراء اختبار حدود اللدونة والسيولة عمليًا.
4. حساب دليل اللدونة ودليل السيولة.
5. تفسير نتائج الاختبارات لتصنيف التربة.

### المحتوى التفصيلي:

#### 1. مقدمة عن اللدونة

- اللدونة هي قدرة التربة على تغيير شكلها بدون حدوث تشققات أو فقدان للتماسك عند تعرضها لقوة خارجية، مع احتفاظها بالشكل الجديد بعد إزالة القوة.
- التربة الطينية هي الأكثر لدونة، بينما التربة الرملية والحصوية تقريبًا غير لدنة.

#### 2. حدود أتربرك ( Atterberg Limits)

هي ثلاث حدود تحدد حالة التربة الناعمة مع تغير محتوى الرطوبة:

1. حد السيولة :(Liquid Limit - LL)
   - نسبة المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة السائلة.
   - يقاس بجهاز كاساغراندي أو المخروط المخترق.
2. حد اللدونة :(Plastic Limit - PL)

- نسبة المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة اللدنة.
- يقاس بدحرجة التربة حتى تصبح خيوط بقطر 3 مم قبل أن تتشقق.

3 حد الانكماش:(Shrinkage Limit - SL)

- نسبة المحتوى المائي الذي إذا نقصت عنه التربة لا يحدث انكماش إضافي في حجمها.

**3. المؤشرات المشتقة من حدود أتربرك**

- دليل اللدونة:(Plasticity Index - PI)

$$PI = LL - PL$$

يمثل مدى المحتوى المائي الذي تبقى فيه التربة لدنة.

- دليل السيولة:(Liquidity Index - LI)

$$LI = (\omega - PL)\backslash PI$$

يمثل موقع محتوى الرطوبة الحالي للتربة بالنسبة لحدود اللدونة والسيولة.

**4. الأهمية الهندسية**

- تساعد في تصنيف التربة
- تحدد مدى قابلية التربة للتشوه والانكماش.
- مهمة في تصميم الأساسات وتقييم استقرار التربة.

**تطبيق رياضي مبسط:** لدينا تربة بخصائص:

- LL = 50%
- PL = 25%
- المحتوى المائي الحالي$\omega$ = 30%

**المطلوب:** حساب PI و حساب L I

**الحل:**

$$PI = LL - PL = 50 - 25 = 25\ \%$$

$$LI = LI = (\omega - PL)\backslash PI = 0.2$$

**التفسير:**

- PI = 25% → التربة طينية لدنة عالية.
- LI = 0.2 → التربة حالياً في حالة لدنة أقرب لشبه الصلبة.

**خاتمة:**

حدود اللدونة تعطي فكرة واضحة عن سلوك التربة مع تغير الرطوبة، وهي أساسية في التصنيف الهندسي للتربة الناعمة. الفهم الجيد لها يساعد على توقع مشاكل الانكماش أو الانتفاخ في المشاريع.

**توصيات:**

- إجراء اختبار حدود أتربرك لكل موقع مشروع جديد.
- مقارنة النتائج بالمعايير الدولية للتصنيف.
- أخذ أكثر من عينة من الموقع لضمان دقة التمثيل.

**المصادر والمراجع:**


1. Terzaghi, K., Peck, R.B., & Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley.
2. Das, B.M. (2010). Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning.
3. ASTM D4318 – Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
4. كتاب هندسة التربة – جامعة الموصل.

# الأسبوع السادس والسابع : تصنيف التربة ، إستخدام طريقة التصنيف الموحدة (Unified Classification System).

## الأسبوع السادس

**العنوان:**

تصنيف التربة – مقدمة وطريقة التصنيف الموحدة – (USCS) الجزء الأول

### الهدف العام

تعريف الطالب بمفهوم تصنيف التربة وأهميته في الأعمال الهندسية، مع تقديم فكرة عامة عن طريقة التصنيف الموحدة وأساس تقسيم التربة.

### الأهداف السلوكية

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. شرح مفهوم تصنيف التربة وأهميته في الهندسة المدنية.
2. التعرف على مبدأ عمل طريقة التصنيف الموحدة.(USCS)
3. التمييز بين التربة الخشنة الحبيبات والتربة الناعمة الحبيبات.

### المحتوى العلمي

### 1.مقدمة عن تصنيف التربة

- التربة في الطبيعة تختلف في حجم الحبيبات وخواصها.
- التصنيف يسهل التعامل معها في التصميم والتنفيذ.
- الأهداف:
  - التنبؤ بسلوك التربة تحت الأحمال.
  - اختيار الأساس المناسب.
  - المقارنة بين أنواع التربة.

## 2.طريقة التصنيف الموحدة – (USCS) فكرة عامة

- ابتكرها Casagrande وطورتها الهيئة الأمريكية.
- تعتمد على:
  - **التحليل الحبيبي** .(Particle Size Analysis)
  - **حدود اتربرك** .(Atterberg Limits)
- **تقسيم رئيسي للتربة:**

1. **خشنة الحبيبات:(Coarse-grained)**
   - أكثر من 50% من وزن العينة أكبر من 0.075 ملم.
   - تشمل الرمل (S) والحصى.(G)
2. **ناعمة الحبيبات:(Fine-grained)**
   - أكثر من 50% من وزن العينة يمر من منخل 0.075 ملم.
   - تشمل الطين (C) والغرين.(M)

**خاتمة**

التصنيف هو الخطوة الأولى لفهم سلوك التربة، وطريقة USCS توفر معيارًا موحدًا لتقسيمها إلى مجموعات أساسية قبل الدخول في التفاصيل الدقيقة.

**المصادر**


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. ASTM D2487 – Unified Soil Classification System.

## الأسبوع السابع

**العنوان:**

تصنيف التربة – رموز التصنيف وخطوات تحديد الرمز – (USCS) الجزء الثاني

**الهدف العام**

تعريف الطالب برموز التصنيف الموحد للتربة، وكيفية تطبيق الخطوات العملية لتحديد الرمز المناسب باستخدام نتائج الفحوصات.

**الأهداف السلوكية**

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. قراءة وفهم رموز التصنيف مثلGW ، CL، SM.
2. تطبيق خطوات التصنيف على بيانات التحليل الحبيبي وحدود اتربرغ.
3. استخراج رمز التصنيف النهائي للتربة.

**المحتوى العلمي**

**1.رموز التصنيف فيUSCS**

- **الحرف الأول :**نوع التربة الأساسي:
  - Gحصى = Gravel
  - Sرمل = Sand
  - Mغرين = Silt
  - Cطين = Clay
- **الحرف الثاني :**وصف التدرج أو اللدونة:
  - Wجيدة التدرج = Well-graded
  - Pرديئة التدرج = Poorly-graded
  - Lلدونة منخفضة = Low plasticity
  - Hلدونة عالية = High plasticity

## 2. خطوات التصنيف باستخدامUSCS

1. إجراء تحليل منخلي لمعرفة نسبة الحبيبات الأكبر والأصغر من 0.075 ملم.
2. تحديد إن كانت التربة خشنة أو ناعمة الحبيبات.
3. إذا كانت خشنة: تحديد نسبة الحصى والرمل ثم وصف التدرج.
4. إذا كانت ناعمة: إجراء حدود اتربركLL ، PLوحساب مؤشر اللدونة.(PI)
5. مقارنة النتائج بجدول USCS لتحديد الرمز.

## 3 .مثال تطبيقي بسيط

- عينة: 60% يمر من منخل 4.75 ملم، و20% يمر من منخل 0.075 ملم.
- الخطوة 1: المار من 0.075 ملم أقل من 50% ← تربة خشنة.
- الخطوة 2: أغلبها رمل.S ←
- الخطوة 3: تدرج جيد.W ←
- النتيجة **SW** :رمل جيدة التدرج

## خاتمة

قراءة الرمز في USCS تعطي فكرة واضحة عن سلوك التربة المتوقع، ما يساعد في اتخاذ قرارات تصميمية سليمة للأساسات والمنشآت.

## المصادر


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design.

# الأسبوع الثامن والتاسع: نفاذية التربة (Permeability) ، نفاذية الترب الخشنة ، نفاذية الترب الناعمة ، طرق قياسها حقليا ومختبريا.

## الأسبوع الثامن

**العنوان:**

نفاذية التربة – (Permeability) المفهوم، العوامل المؤثرة، الفرق بين الترب الخشنة والناعمة، الطرق المختبرية

**الهدف العام**

تعريف الطالب بمفهوم النفاذية وأهميتها في الهندسة الجيوتقنية، العوامل المؤثرة عليها، والتمييز بين نفاذية الترب الخشنة والناعمة، مع دراسة الطرق المختبرية لقياسها.

**الأهداف السلوكية**

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف النفاذية وشرح أهميتها.
2. ذكر العوامل المؤثرة على النفاذية.
3. المقارنة بين نفاذية الترب الخشنة والناعمة.
4. فهم قانون دارسي ومعاني رموزه.
5. وصف طرق القياس المختبرية (الرأس الثابت والرأس الساقط).

**المحتوى العلمي**

**1 .مقدمة**

- **التعريف :**قدرة التربة على تمرير المياه خلال مسامها تحت تأثير فرق الضغوط.
- **الأهمية الهندسية:**
  - حساب تسرب المياه تحت السدود.
  - تصميم أنظمة الصرف.
  - تحليل استقرار المنحدرات المشبعة.
  - تحديد زمن نزح المياه من التربة.

**2.العوامل المؤثرة على النفاذية**

1. **حجم الحبيبات وتوزيعها** –كلما كبرت الحبيبات زادت النفاذية.
2. **نسبة الفراغات** –الفراغات الكبيرة تعني تدفق أسهل.
3. **زوجة الماء** –تقل مع ارتفاع درجة الحرارة.
4. **ترتيب الحبيبات** –في الطين، التورق يقلل النفاذية.
5. **وجود شوائب أو مواد مالئة** –قد تسد المسام.

**3.نفاذية الترب الخشنة مقابل الناعمة**

| المميزات | معامل النفاذية k م/ثا | أمثلة | النوع |
|---|---|---|---|
| فراغات كبيرة، تصريف سريع | $10^{-1} - 10^{-4}$ | حصى، رمل | خشنة |
| فراغات صغيرة، تصريف بطيء | $10^{-6} - 10^{-9}$ | طين، غرين | ناعمة |

**4 .قانون دارسي(Darcy's Law)**

$$A \cdot i \cdot k = Q$$

- Q :معدل التدفق.
- k :معامل النفاذية.
- i :الميل الهيدروليكي = فرق الضغط / طول العينة.
- A :مساحة المقطع العرضي.

**5.الطرق المختبرية لقياس النفاذية**

**أ. جهاز الرأس الثابت:(Constant Head Test)**

- يستخدم للترب الخشنة.
- فرق ضغط ثابت، قياس كمية الماء خلال زمن محدد.

$$QL \setminus Aht = k$$

**ب. جهاز الرأس الساقط(Falling Head Test):**

- يستخدم للترب الناعمة.
- قياس الزمن اللازم لانخفاض عمود الماء من $h_1$ إلى $h_2$

$$h_1h_2 \ln \frac{aL}{At} = k$$

## خاتمة

معرفة النفاذية في المختبر هي خطوة أولية لتقييم سلوك التربة مائيًا، لكنها لا تكفي وحدها، إذ يجب دعمها بالاختبارات الحقلية التي تعكس الظروف الواقعية للتربة.

## المصادر


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. ASTM D2434 – Permeability of Granular Soils (Constant Head).
3. ASTM D5084 – Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials.

# الأسبوع التاسع

**العنوان:**

نفاذية التربة – الطرق الحقلية لقياس النفاذية – تطبيقات عملية وهندسية

## الهدف العام

تزويد الطالب بالمعرفة حول الطرق الحقلية لقياس النفاذية، وكيفية استخدام النتائج في التطبيقات الهندسية الواقعية.

## الأهداف السلوكية

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. شرح مبدأ عمل الطرق الحقلية لقياس النفاذية.
2. اختيار الطريقة المناسبة حسب نوع التربة وظروف الموقع.
3. إجراء الحسابات الأساسية لمعامل النفاذية من البيانات الحقلية.
4. ربط نتائج النفاذية بتطبيقات هندسية فعلية.

## المحتوى العلمي

### 1 .الطرق الحقلية لقياس النفاذية

**أ. اختبار الضخ: (Pumping Test)**

- حفر بئر وضخ المياه منه مع مراقبة الانخفاض في آبار مجاورة.
- يستخدم للترب عالية النفاذية.

**ب. اختبار البيرميتر الحقلي: (Field Permeameter)**

- جهاز يتم إنزاله في حفرة أو بئر صغيرة.
- قياس معدل دخول أو خروج الماء.

**ج. اختبار الرأس الساقط الحقلي: (Field Falling Head)**

- مشابه للمختبري لكن على مقياس أكبر في الموقع.

**د. اختبار الحفرة المفتوحة: (Open Pit Falling Head)**

- مناسب للترب الناعمة والمشبعة.

**2. تطبيق عملي**

**مثال – اختبار الضخ:**

بئر بعمق 10 م وضخ بمعدل 0.002 م³/ثا.

تم قياس انخفاض المنسوب في بئرين عند مسافتين مختلفتين.

من خلال معادلة **Thiem** يتم حساب k

**3 .تطبيقات هندسية لنتائج النفاذية**

- تصميم مصارف تحت سطحية.
- حساب تسرب المياه أسفل الأساسات العميقة والسدود.
- تقييم زمن نزح المياه في مواقع الحفر.
- تقدير مخاطر الانهيارات في المنحدرات المشبعة.

**خاتمة**

الاختبارات الحقلية تكمل الاختبارات المختبرية وتوفر صورة واقعية عن سلوك التربة، ما يسمح للمهندس باتخاذ قرارات تصميمية دقيقة تقلل من المخاطر وتحسن أداء المنشآت.

**المصادر**


1. Head, K. H. (1982). Manual of Soil Laboratory Testing.
2. ASTM D5856 – Field Measurement of Hydraulic Conductivity.
3. US Army Corps of Engineers – Engineering Manual on Permeability Testing.

# الأسبوع العاشر : أنواع الإجهادات في التربة ، الإجهاد الكلي ( Total Stress) والإجهاد الفعال (Effective Stress).

## الهدف العام

تعريف الطالب بمفهوم الإجهادات في التربة، والفرق بين الإجهاد الكلي والإجهاد الفعال، وأهميتهما في فهم سلوك التربة تحت الأحمال المختلفة.

## الأهداف السلوكية

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف الإجهاد الكلي والإجهاد الفعال.
2. التعرف على العلاقة بين الإجهادات والمياه في التربة.
3. حساب الإجهاد الكلي والإجهاد الفعال في حالة التربة المشبعة.
4. توضيح دور الإجهاد الفعال في مقاومة التربة للانهيار والانضغاط.

## المحتوى العلمي

### 1.مقدمة عن الإجهادات في التربة

- **الإجهاد (Stress):** القوة المؤثرة على وحدة المساحة.
- في التربة، الإجهادات تأتي نتيجة **الأحمال** (مثل المباني والسدود) و**وزن التربة نفسها**.
- المياه داخل التربة تؤثر على توزيع هذه الإجهادات.

### 2 .أنواع الإجهادات

1. **الإجهاد الكلي(Total Stress, σ):**
   - مجموع الضغط الناتج عن وزن التربة والمياه معًا.
   - يحسب من:

$$\sigma = \gamma \cdot h$$

حيث:

- $\gamma$ = الوزن الحجمي للتربة.($kN/m^3$)
- h = العمق
- (m).

2. **ضغط الماء المسامي:(Pore Water Pressure, u)**
   - الضغط الذي تمارسه المياه الموجودة في مسامات التربة.
   - في حالة التشبع:

$$u=\gamma_w \cdot h_w$$

حيث $\gamma_w$= الوزن الحجمي للماء.($\approx 9.81\ kN/m^3$)

3. **الإجهاد الفعال:(Effective Stress, σ')**
   - الجزء من الإجهاد الكلي الذي تتحمله الحبيبات الصلبة للتربة.
   - المعادلة الأساسية التي وضعها:Terzaghi

$$\sigma' = \sigma - u$$

**3.أهمية الإجهاد الفعال**

- هو العامل الرئيسي الذي يحدد:
  - مقاومة القص للتربة.
  - قابلية التربة للانضغاط والهبوط.
  - استقرار المنحدرات.
- زيادة ضغط الماء المسامي تقلل من الإجهاد الفعال ← تقل مقاومة التربة.

**4.مثال تطبيقي بسيط :**

تربة مشبعة، الوزن الحجمي الكلي $\gamma=18\ kN/m^3$، عمق النقطة = 5 م، عمق الماء = 2 م.

- الإجهاد الكلي عند العمق 5 م:

$$\sigma = 18 \times 5 = 90\ kPa$$

- ضغط الماء المسامي عند العمق 5 م:

$$u = 9.81 \times (5-2) = 29.43\ kPa$$

- الإجهاد الفعال:

$$\sigma' = 90 - 29.43 = 60.57\ kPa$$

## خاتمة

الإجهاد الفعال هو المفتاح لفهم سلوك التربة تحت الأحمال، لأنه يحدد قدرة الحبيبات على تحمل القوى. بينما الإجهاد الكلي يشمل تأثير الماء، فإن الإجهاد الفعال يركز على ما تتحمله البنية الصلبة للتربة.

## المصادر


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics.
3. Craig, R. F. (2004). Soil Mechanics.

# الأسبوع الحادي عشر : الضغط الجانبي للتربة ( Lateral Earth Pressure) مع شرح أنواع المرشحات (Filters).

**الهدف العام :**

تعريف الطالب بمفهوم الضغط الجانبي للتربة وأهميته في تصميم الجدران الاستنادية والهياكل الجانبية، مع التعرف على أنواع المرشحات المستخدمة في الأعمال الجيوتكنيكية ودورها في منع فقدان التربة.

**الأهداف السلوكية :**

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف الضغط الجانبي للتربة وأنواعه.
2. فهم العوامل المؤثرة على الضغط الجانبي.
3. التمييز بين حالات الضغط النشط، الساكن، والمثبط.
4. تعريف المرشحات (Filters) ودورها في التربة.
5. التعرف على أنواع المرشحات وخصائص كل نوع.

**المحتوى العلمي**

**الجزء الأول:**

**الضغط الجانبي للتربة(Lateral Earth Pressure)**

**1--التعريف :**

هو الضغط الذي تمارسه التربة على الأسطح الرأسية أو شبه الرأسية، مثل الجدران الاستنادية، نتيجة وزنها الذاتي أو الأحمال المسلطة عليها.

**2--العوامل المؤثرة على الضغط الجانبي**

- **نوع التربة** رخوة، متماسكة
- **زاوية الاحتكاك الداخلي** .(φ)
- **وزن التربة الحجمي** .(γ)
- **مستوى المياه الجوفية**.
- **حركة الجدار** إذا كان يتحرك للخارج أو للداخل

**3--أنواع الضغط الجانبي**

1. **الضغط النشط:(Active Earth Pressure)**
   - يحدث عندما يتحرك الجدار للخارج، فتتمدد التربة ويقل الضغط حتى يصل لأدنى قيمة.
   - يعبر عنه بمعامل $K_a$
2. **الضغط الساكن:(At-Rest Earth Pressure)**
   - عندما لا يتحرك الجدار ويبقى التوزيع الطبيعي للضغط.
   - يعبر عنه بمعامل $K_o$.
3. **الضغط المثبط :(Passive Earth Pressure)**
   - يحدث عندما يتحرك الجدار للداخل، فتضغط التربة على الجدار وتصل لأعلى قيمة ضغط.
   - يعبر عنه بمعامل $K_p$.

**4--المعادلة العامة لحساب الضغط الجانبي**

$$\sigma_h = K \cdot \sigma_v$$

حيث:

- $\sigma_h$ = الضغط الجانبي(kPa)
- K = معامل الضغط الجانبي (حسب الحالة)
- $\sigma_v$ = الضغط العمودي أو الكلي

**الجزء الثاني:**

## أنواع المرشحات(Filters)

**1.التعريف**

المرشح هو طبقة أو مادة تُستخدم للسماح بمرور الماء ومنع مرور جزيئات التربة، بهدف حماية المنشآت من الانجراف الداخلي وفقدان التربة مع المياه.

**2.وظائف المرشح**

- منع انتقال التربة الدقيقة مع المياه.(Piping)
- السماح بمرور المياه بحرية.

- حماية الهياكل مثل السدود الترابية والجدران الاستنادية.

**3. أنواع المرشحات**

1. **مرشحات التربة:(Soil Filters)**
   - تتكون من طبقات رملية أو حصوية.
   - توضع بترتيب يسمح بمرور الماء ويمنع خروج التربة.
2. **المرشحات النسيجية:(Geotextile Filters)**
   - تصنع من أقمشة صناعية.(Polyester, Polypropylene)
   - خفيفة، سهلة التركيب، ومقاومة للانسداد.
3. **مرشحات الحصى:(Gravel Filters)**
   - طبقات من الحصى ذات حجم حبيبي أكبر من التربة المحمية.
   - تستخدم غالبًا مع الأنابيب المثقبة.

**4.شروط تصميم المرشح الجيد**

- أن يسمح بمرور الماء بسهولة (نفاذية عالية).
- أن يمنع خروج جزيئات التربة الدقيقة.
- أن يكون مقاومًا للانسداد أو التآكل.

**مثال تطبيقي مختصر**

- **جدار استنادي** ارتفاعه 4 م يدعم تربة رملية($\varphi=30°$) ، الوزن الحجمي $\gamma=18$ $kN/m^3$.
- نريد حساب الضغط النشط عند القاعدة:
  - أولاً: نحسب : $K_a$

$$Ka=1-\sin\varphi \backslash 1+\sin\varphi$$

$$=1-0.5 \backslash 1+0.5 =0.333$$

  - الضغط العمودي عند القاعدة:

$$\sigma_v=18\times4=72\ kPa$$

  - الضغط الجانبي النشط:

$$\sigma_h = 0.333 \times 72 = 24 \text{ kPa}$$

## خاتمة

الضغط الجانبي للتربة مفهوم أساسي في تصميم الجدران الاستنادية والهياكل تحت الأرض، ويعتمد بشكل كبير على حركة الجدار ونوع التربة. أما المرشحات فهي عناصر حماية تمنع فقدان التربة وتحافظ على استقرار المنشآت الهيدروليكية.

## المصادر


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. Craig, R. F. (2004). Soil Mechanics.
3. Koerner, R. M. (2012). Designing with Geosynthetics.

# الأسبوع الثاني عشر:تحسين خواص التربة (Soil Stabilization) ، الطريقة الميكانيكية (الرصCompaction).

## الهدف العام

تعريف الطالب بمفهوم تحسين خواص التربة باستخدام الطرق الميكانيكية، مع التركيز على عملية الرص(Compaction) ، وأهميتها في زيادة قوة وتحمل التربة وتقليل الهبوط والنفاذية.

## الأهداف السلوكية

بنهاية المحاضرة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف تحسين خواص التربة وأهدافه.
2. فهم مفهوم الرص وأهميته في الأعمال الهندسية.
3. التعرف على العوامل المؤثرة على الرص.
4. التمييز بين طرق الرص الميكانيكية المختلفة.
5. حساب الكثافة الجافة ومعرفة الرطوبة المثلى.

## المحتوى العلمي

### أولًا: تحسين خواص التربة(Soil Stabilization)

#### 1--التعريف

تحسين خواص التربة هو عملية تغيير خصائص التربة الطبيعية لجعلها أكثر ملاءمة للأعمال الهندسية، مثل زيادة قوتها، تقليل هبوطها، أو تحسين نفاذيتها.

#### 2--طرق تحسين خواص التربة

- **الطرق الميكانيكية :(Mechanical Methods)** الرص، الدمك، إعادة التوزيع الحبيبي.
- **الطرق الكيميائية :(Chemical Methods)** إضافة مواد مثل الجير، الإسمنت، أو البوليمرات.
- **الطرق الفيزيائية :**التجميد، التجفيف، أو استخدام الحرارة.

### ثانيًا: الطريقة الميكانيكية – الرص(Compaction)

**1. التعريف :** الـ **Compaction**هو عملية زيادة كثافة التربة عن طريق تقليل حجم الفراغات الهوائية، باستخدام ضغط ميكانيكي أو اهتزاز.

**2. الهدف من الرص**

- زيادة قوة تحمل التربة.
- تقليل الهبوط المستقبلي.
- تقليل نفاذية التربة.
- تحسين استقرار المنحدرات.

**3. العوامل المؤثرة على الرص**

1. **نوع التربة:**
   - الترب الرملية تتأثر بالاهتزاز والطرق.
   - الترب الطينية تتأثر بالضغط والدك مع رطوبة مناسبة.
2. **محتوى الرطوبة:**
   - هناك قيمة مثلى للرطوبة تعطي أعلى كثافة جافة (**Optimum Moisture Content – OMC**).
3. **نوع وجهد آلة الرص:**
   - أسطوانة اهتزازية، حادلات أقدام الغنم، حادلات الفولاذية الملساء، الخ.
4. **عدد مرات المرور:**
   - كلما زاد عدد التمريرات، زادت الكثافة حتى تصل لقيمة ثابتة.

**4 .أنواع الرص الميكانيكي**

- **حادلات الفولاذية الملساء :(Smooth Wheel Rollers)** للترب الحصوية والرملية.
- **حادلات أقدام الغنم :(Sheep Foot Rollers)** للترب الطينية.
- **حادلات الاهتزازية :(Vibratory Rollers)** للرمال والحصى.
- **الرص بالهزازات اليدوية :(Plate Compactors)** للأماكن الضيقة.

**5. الاختبارات المختبرية للرص**

1. **اختبار بروكتور القياسي:(Standard Proctor Test)**
   - يحدد العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة.
2. **اختبار بروكتور المعدل:(Modified Proctor Test)**

- يستخدم طاقة رص أكبر للحصول على كثافة أعلى.

**6. العلاقة بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة**

- تزداد الكثافة الجافة مع زيادة الرطوبة حتى تصل إلى قيمة عظمى عند **الرطوبة المثلى**، بعدها تبدأ الكثافة بالانخفاض بسبب زيادة الماء داخل الفراغات.

**مثال تطبيقي مختصر**

تربة أُجري عليها اختبار بروكتور، وكانت النتائج كالآتي:

- الرطوبة المثلى**(OMC)** = 12%
- الكثافة الجافة العظمى**(MDD)** = 1.85 g/cm³

عند التنفيذ في الموقع، يجب الوصول إلى كثافة لا تقل عن 95% من **MDD** لضمان الجودة.

**ملاحظات هندسية هامة**

- الرص في الطبقات الرقيقة (15–30 سم) يعطي نتائج أفضل.
- يجب تجنب الرص للتربة الطينية في حالة التشبع بالماء لتجنب الانعجان.
- التحكم في الرطوبة أثناء الرص مهم جدًا للوصول إلى الكثافة المطلوبة.

**خاتمة**

الطريقة الميكانيكية لتحسين خواص التربة، وخاصة الرص، تُعد من أكثر الطرق شيوعًا وسهولة وفعالية في مشاريع الهندسة المدنية. ضبط الرطوبة واختيار معدات الرص المناسبة هما مفتاح نجاح العملية.

**المصادر**


1. Das, B. M. (2015). Principles of Geotechnical Engineering.
2. Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). An Introduction to Geotechnical Engineering.

# الأسبوع الثالث عشر : أنواع فحوصات الرص المختبرية ، طرق الرص الحقلية .

تعريف الطالب بالاختبارات المختبرية المستخدمة لتحديد خصائص الرص، وشرح الطرق الميدانية للتحقق من جودة الرص في الموقع.

## الأهداف التعليمية

بنهاية هذه المحاضرة، يكون الطالب قادرًا على:

- فهم مبدأ عمل اختبارات الرص في المختبر.
- التعرف على الفرق بين بروكتور القياسي وبروكتور المعدل.
- تحديد الطرق الحقلية الشائعة لفحص الرص ومتى تُستخدم.
- مقارنة نتائج المختبر بنتائج الحقل لضبط الجودة.

## المحتوى العلمي

### أولًا: فحوصات الرص المختبرية

#### 1 .الغرض

- تحديد العلاقة بين **محتوى الرطوبة** و**الكثافة الجافة**.
- إيجاد القيمتين الأساسيتين:
  - **الرطوبة المثلىOMC**
  - **الكثافة الجافة العظمىMDD**

#### 2. أهم الاختبارات

**أ. بروكتور القياسي(Standard Proctor Test)**

- يستخدم طاقة رص منخفضة نسبيًا.
- مناسب لمشاريع الأبنية والطرق الخفيفة.
- خطواته:

1. تحضير عينات مختلفة الرطوبة.
2. تقسيم العينة في القالب إلى ثلاث طبقات، كل طبقة تُدك بعدد محدد من الطرقات بمطرقة وزنها 2.5 كغ وارتفاع سقوط 30 سم.
3. قياس الكثافة الجافة ورسم المنحني.

**ب. بروكتور المعدل(Modified Proctor Test)**

- طاقة رص أعلى (مطرقة 4.5 كغ – ارتفاع سقوط 45 سم – خمس طبقات).
- يستخدم في المشاريع الثقيلة مثل المطارات والطرق السريعة.

**ج. اختبارات خاصة**

- **الرص الاهتزازي** للترب الرملية.
- **الرص الديناميكي** للترب التي تحتاج طاقة عالية.

**ثانيًا: طرق الرص الحقلية(Field Compaction Methods)**

**1. الهدف**

التحقق من تحقيق الكثافة المطلوبة في الموقع، والتي غالبًا تكون نسبة من الكثافة الجافة العظمى (95% أو أكثر).

**2. أشهر الطرق**

**أ. اختبار المخروط الرملي(Sand Cone Test)**

- يتم حفر حفرة صغيرة، قياس وزن التربة المزالة، وتحديد حجم الحفرة باستخدام رمل معاير الكثافة.
- تُحسب الكثافة الميدانية وتُقارن مع MDD.

**ب. اختبار البالون المطاطي(Rubber Balloon Test)**

- يتم قياس حجم الحفرة بواسطة بالون مطاطي يُملأ بالماء.
- مناسب للترب الناعمة.

**ج. جهاز الكثافة النووية(Nuclear Density Gauge)**

- يقيس الكثافة والرطوبة مباشرة باستخدام أشعة جاما.
- دقيق وسريع لكنه مكلف ويتطلب تصريح.

**3 .ملاحظات هندسية**

- يجب أخذ العينات من عدة نقاط في الموقع.
- الفحص الحقلي يتم أثناء التنفيذ.
- إذا لم تتحقق الكثافة المطلوبة، يتم إعادة الرص أو تعديل الرطوبة.

## خاتمة

الاختبارات المختبرية تحدد القيم المثالية للرص، بينما الاختبارات الحقلية تضمن تطبيق هذه القيم على أرض الواقع، ما يضمن جودة ومتانة المنشأ.

## المصادر


1. Das, B. M. Principles of Geotechnical Engineering.
2. Holtz, R. D. An Introduction to Geotechnical Engineering.

# الأسبوع الرابع والخامس عشر : الطرق الاخرى لتحسين خواص التربة وتثبيتها (التثبيت بالسمنت ، التثبيت بالإسفلت ، التثبيت بالنورة).

## الأسبوع الرابع عشر

**العنوان:**

الطرق الأخرى لتحسين خواص التربة – **التثبيت بالسمنت**

**الهدف العام**

تعريف الطالب بطريقة تثبيت التربة باستخدام السمنت، وآلية التفاعل، ومجالات الاستخدام في الهندسة المدنية.

**الأهداف التعليمية**

بنهاية هذه المحاضرة، يكون الطالب قادرًا على:

- فهم مبدأ التثبيت بالسمنت والعمليات الكيميائية المصاحبة.
- تحديد الترب المناسبة وغير المناسبة لهذه الطريقة.
- شرح خطوات تنفيذ عملية التثبيت بالسمنت.
- ذكر أهم مزايا وعيوب هذه الطريقة.

**المحتوى العلمي**

**أولًا: فكرة التثبيت بالسمنت**

- التثبيت بالسمنت يعتمد على خلط التربة بكمية محسوبة من الإسمنت البورتلاندي العادي.
- يتفاعل السمنت مع الماء مكونًا منتجات إماهة تملأ الفراغات وتربط الحبيبات، فتزيد القوة وتقل النفاذية

**ثانيًا: الترب المناسبة**

- الترب الرملية والطينية منخفضة المحتوى العضوي.
- لا يُفضل استخدامها في الترب عالية الملوحة أو المحتوية على كبريتات بكميات كبيرة.

**ثالثًا: خطوات التنفيذ**

1. **التحضير** :إزالة المواد الغريبة وضبط الرطوبة.
2. **الخلط** :مزج التربة بالسمنت جافًا أو مع إضافة ماء.
3. **الرص** :باستخدام معدات الرص المناسبة.
4. **المعالجة** :إبقاء السطح رطبًا لعدة أيام لضمان الإماهة.

**رابعًا: النسب الشائعة**

- عادة تتراوح نسبة السمنت بين **5 – 10%** من وزن التربة الجافة، حسب الغرض.

**خامسًا: المزايا**

- زيادة قوة الضغط وقوة القص.
- تقليل الانكماش والانتفاخ.
- تحسين مقاومة التربة للماء والصقيع.

**سادسًا: العيوب**

- الكلفة العالية نسبيًا.
- الحاجة إلى وقت للمعالجة قبل الاستخدام.

**خاتمة**

التثبيت بالسمنت يعتبر من أكثر الطرق فاعلية لتحسين التربة، خاصة في أعمال الطرق والأساسات، لكن يجب اختيار النسب والتربة المناسبة بدقة.

**المصادر**


1. Sherwood, P. Soil Stabilization with Cement and Lime.
2. Das, B. M. Principles of Geotechnical Engineering.

# الأسبوع الخامس عشر

**العنوان:**

الطرق الأخرى لتحسين خواص التربة – **التثبيت بالإسفلت والتثبيت بالنورة**

**الهدف العام**

توضيح طرق تثبيت التربة باستخدام الإسفلت والنورة، مع بيان استخداماتها ومزاياها وقيودها.

**الأهداف التعليمية**

بنهاية هذه المحاضرة، يكون الطالب قادرًا على:

- معرفة مبدأ التثبيت بالإسفلت وأنواعه.
- فهم آلية عمل النورة في تحسين التربة الطينية.
- تحديد المشاريع المناسبة لكل طريقة.
- مقارنة مزايا وعيوب الطريقتين.

**المحتوى العلمي**

**أولًا: التثبيت بالإسفلت(Asphalt Stabilization)**

- يعتمد على مزج التربة بالإسفلت السائل أو المستحلب أو الإسفلت الرغوي.
- مناسب للترب الرملية والحصوية.
- **آلية العمل :**يغلف الإسفلت الحبيبات ويمنع تسرب الماء، مما يزيد المتانة ويقلل النفاذية.

**خطوات التنفيذ:**

1. تحضير التربة وضبط الرطوبة.
2. إضافة الإسفلت بنسبة 4 – 8% من وزن التربة.
3. المزج الجيد.
4. الرص والمعالجة.

**المزايا :**مقاومة عالية للماء والتآكل – سرعة التنفيذ.
**العيوب :**الكلفة، عدم ملاءمة الترب الطينية العالية اللدونة.

**ثانيًا: التثبيت بالنورة(Lime Stabilization)**

- يتم خلط التربة بالنورة CaO) أو.$Ca(OH)_2$)
- مناسب للترب الطينية عالية اللدونة.
- **آلية العمل :**تفاعل كيميائي يؤدي إلى تقليل اللدونة وزيادة القوة عبر التفاعل البوزولاني.

**خطوات التنفيذ:**

1. نشر النورة الجافة أو المطفأة على التربة.
2. المزج الجيد مع الماء.
3. الرص.
4. المعالجة لعدة أيام.

**المزايا :**تقليل الانكماش والانتفاخ – تحسين قابلية التشغيل.
**العيوب :**غير فعال مع الترب الرملية – يحتاج وقت للتفاعل.

| الخاصية | الإسفلت | النورة |
|---|---|---|
| التربة المناسبة | رملية وحصوية | طينية عالية اللدونة |
| سرعة التنفيذ | عالية | متوسطة |
| مقاومة الماء | عالية | متوسطة |
| الكلفة | مرتفعة | أقل نسبيًا |

**خاتمة**

اختيار طريقة التثبيت يعتمد على نوع التربة، الغرض من التحسين، والكلفة المتاحة، ويجب إجراء فحوصات مسبقة لتحديد النسبة المثلى.

**المصادر**


1. Sherwood, P. *Soil Stabilization with Cement and Lime*.
2. Ingles, O. G., Metcalf, J. B. *Soil Stabilization: Principles and Practice*.

2026

# ميكانيك التربة 2

م.م. نور قصي عبد الغني

## الأسبوع الأول : الطرق الحديثة في تثبيت التربة (تسليح التربة ، أنواع المواد المستخدمة فيها وطريقة إستخدامها) ( Reinforced Earth).

### الطرق الحديثة في تثبيت التربة(Reinforced Earth)

### المقدمة

في كثير من المشاريع الهندسية، نحتاج نحسن خصائص التربة حتى تتحمل الأحمال أو تمنع الانهيارات. من الطرق الحديثة لهذا الغرض **تسليح التربة**، وهي تقنية ندمج فيها مواد قوية داخل التربة حتى تزيد مقاومتها وتقلل الهبوط أو الانزلاق.

---

### الهدف العام

تعريف الطالب بفكرة تسليح التربة، المواد المستخدمة، وكيفية تطبيقها في المشاريع الهندسية الحديثة.

---

### الأهداف التعليمية

بنهاية هذا الدرس سيكون الطالب قادر على:

- فهم مبدأ تسليح التربة ولماذا نستخدمه.
- التعرف على أنواع المواد المستخدمة في تسليح التربة.
- معرفة خطوات وطريقة استخدام التسليح في الموقع.
- إعطاء أمثلة تطبيقية على استخدام هذه التقنية.

---

### تعريفات أساسية

- **تسليح التربة :(Reinforced Earth)** دمج مواد ذات مقاومة شد عالية داخل التربة لزيادة قوتها وتحسين استقرارها.
- **المواد المسلّحة :**عناصر تُضاف للتربة مثل شرائح حديد، شبك معدني، أو أقمشة جيوتقنية.

---

## الشرح المبسط

1. **الفكرة الأساسية:**
   - التربة بطبيعتها ضعيفة في مقاومة الشد، لكنها جيدة في الضغط.
   - إذا أضفنا لها عناصر تتحمل الشد، نحصل على مادة مركبة قوية.
2. **أنواع المواد المستخدمة:**
   - **شرائح أو قضبان فولاذية** (Steel Strips/Rods)
   - **شبك معدني أو بلاستيكي** (Geogrids, Wire Mesh)
   - **أقمشة جيوتقنية** :**(Geotextiles)** مصنوعة من ألياف صناعية قوية.
   - **ألواح بلاستيكية أو مركبة.**
3. **طريقة الاستخدام:**
   - حفر الموقع ووضع طبقة من التربة.
   - فرش مواد التسليح فوق الطبقة.
   - إضافة طبقة أخرى من التربة وضغطها.
   - تكرار العملية على شكل طبقات حتى الوصول للارتفاع المطلوب.
   - غالبًا يُستخدم مع جدران الدعم أو المنحدرات.
4. **التطبيقات:**
   - تثبيت جوانب الطرق.
   - دعم المنحدرات الترابية.
   - إنشاء جدران دعم مرنة.
   - تقليل هبوط التربة تحت الأساسات.

---

## الخاتمة

تسليح التربة من الطرق الفعّالة لتحسين أداء التربة وزيادة قدرتها على التحمل، وهو خيار اقتصادي وعملي مقارنة بالحلول التقليدية مثل صب الجدران الخرسانية.

---

## التوصيات

- اختيار مادة التسليح حسب طبيعة التربة ونوع المشروع.
- التأكد من ضغط التربة جيدًا في كل طبقة.
- استخدام فحص الجودة على المواد لضمان طول العمر.

---

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Robert M. Koerner – *Designing with Geosynthetics*
3. محاضرات قسم الهندسة المدنية – ميكانيك التربة

# الأسبوع الثاني : نسبة التحمل الكاليفورني (CBR) وأهميتها في تنفيذ الطرق

## المقدمة

في مشاريع إنشاء الطرق، من أهم خطوات التصميم معرفة **قدرة التربة على التحمل** .لأن التربة الضعيفة تسبب هبوط وتشقق في الطريق. اختبار **CBR**هو طريقة عملية لقياس قدرة التربة أو مواد الردم على مقاومة الضغط مقارنة بمواد قياسية.
تم تطوير هذا الاختبار أول مرة في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة، لذلك أخذ الاسم "California Bearing Ratio".

---

## الهدف العام

تعريف الطالب بمفهوم اختبارCBR ، خطواته، وكيفية استخدام نتائجه في تصميم طبقات الطرق.

---

## الأهداف التعليمية

بنهاية هذا الدرس سيكون الطالب قادر على:

- تعريف نسبة التحمل الكاليفورني وفهم أهميتها.
- التعرف على الأدوات والخطوات الأساسية لإجراء الاختبار.
- قراءة وفهم القيم الناتجة من الاختبار.
- ربط نتائج CBR بسمك طبقات الرصف المطلوبة للطريق.

---

## تعريفات أساسية

- **CBR**

النسبة المئوية لمقاومة اختراق التربة مقارنة بمادة قياسية (عادةً تربة تكسير الحصى).

- **الاختراق :(Penetration)**

المسافة التي تدخلها أداة الضغط داخل التربة أثناء الاختبار.

---

**الشرح المبسط**

1. **فكرة الاختبار:**
   - نحضر عينة تربة (مضغوطة أو غير مضغوطة).
   - نضغط عليها بواسطة مكبس دائري قياسي بسرعة معينة.
   - نقيس القوة اللازمة للاختراق لمسافة محددة.
   - نقارن هذه القوة مع القوة اللازمة لاختراق مادة قياسية.
   - النتيجة نحسبها كنسبة مئوية.(CBR%)
2. **أهمية CBR في الطرق:**
   - يحدد لنا إذا كانت التربة مناسبة لإنشاء الطريق مباشرة أو تحتاج تحسين.
   - يساعد في حساب سمك طبقات الرصف.(Base & Sub-base)
   - قيم منخفضة تعني الحاجة إلى طبقات أكثر أو تحسين التربة.
3. **القيم الإرشادية:**
   - **80%<**مواد عالية الجودة (حصى مجروش).
   - **20–50%**مواد متوسطة (تربة رملية مختلطة).
   - **10%<**تربة ضعيفة (طينية أو طينية عضوية).
4. **خطوات مبسطة لإجراء الاختبار في المختبر:**
   - تحضير العينة في قالب قياسي.
   - إذا لزم، نقع العينة في الماء (اختبار مشبع).
   - إدخال رأس الضغط والبدء في التحميل.
   - تسجيل القراءات ومقارنة مع القيم القياسية.
5. **تطبيقات ميدانية:**
   - تحديد خطة الردم في الطرق.
   - تقييم مواقع إنشاء المطارات والمخازن الكبيرة.
   - فحص مواد الردم المستقدمة من خارج الموقع.

**الخاتمة**

اختبار CBR أداة مهمة وسهلة التطبيق تساعد المهندس في ضمان أن الطريق سيكون قادرًا على تحمّل حركة المرور لفترة طويلة دون مشاكل. القراءة الصحيحة للنتائج تساهم في تقليل التكاليف وتجنب مشاكل الصيانة المستقبلية.

---

**التوصيات**

- إجراء الاختبار على أكثر من عينة من الموقع للحصول على نتائج دقيقة.
- التأكد من ضغط العينة بنفس مستوى ضغط التربة في الموقع.
- استخدام معدات معايرة وصيانة جيدة.

---

**المصادر**


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. ASTM D1883 – *Standard Test Method for CBR*
3. محاضرات قسم الهندسة المدنية – ميكانيك التربة

# الأسبوع الثالث والرابع : الإنضمام في التربة ( Consolidation) وعلاقته بحدوث الهبوط (Settlement).

## الأسبوع الثالث: الانضمام في التربة

### المقدمة

الانضمام هو عملية تقلص حجم التربة المشبعة بالماء نتيجة خروج الماء من مساماتها تحت تأثير الأحمال. هذه الظاهرة شائعة في التربة الطينية وتسبب هبوط بطيء في المنشآت.

---

### الهدف العام

تعريف الطالب بآلية الانضمام، العوامل المؤثرة، وأهميته في التصميم الهندسي.

---

### الأهداف التعليمية

- تعريف الانضمام وتمييزه عن الهبوط الفوري.
- التعرف على العوامل المؤثرة في سرعة وكميات الانضمام.
- معرفة طرق تسريع الانضمام أو تقليله.

جدول مقارنه :

| الخاصية | الانضمام (Consolidation) | الهبوط الفوري (Immediate Settlement) |
|---|---|---|
| الزمن | بطيء (أسابيع–سنوات) | سريع (لحظي) |
| نوع التربة | طين مشبع | رمل أو تربة غير مشبعة |
| السبب الرئيسي | خروج الماء | إعادة ترتيب الجزيئات |

معادلة أساسية (تبسيط)

$$T_v = C_v \cdot t \setminus H^2$$

حيث:

- Tv = معامل الزمن
- Cv = معامل الانضمام (م²/يوم)
- t = الزمن (يوم)
- H = نصف سماكة الطبقة (م)

---

## مثال حسابي مبسط

إذا كانت سماكة طبقة الطين = 4 م، ومعامل الانضمام Cv=0.002م²/يوم ، وأردنا معرفة الزمن للوصول لانضمام% 50(Tv=0.197)

$$\frac{t \cdot 0.002}{^2(2)} = 0.197$$

$$t = 394 \text{ يوم } (\approx 1.08 \text{ سنة})$$

## التوصيات

- إجراء فحص انضمام في المختبر قبل البناء.
- استخدام مصارف رأسية لتسريع خروج الماء.
- تجنب تحميل التربة الضعيفة مباشرة دون معالجة.

---

## الأسبوع الرابع: علاقة الانضمام بحدوث الهبوط(Settlement)

### المقدمة

الهبوط هو نزول المنشأة للأسفل نتيجة تغيرات في التربة. الانضمام في التربة الطينية هو أحد الأسباب الرئيسية لهبوط بطيء وطويل الأمد.

---

### الهدف العام

توضيح كيف يؤدي الانضمام إلى حدوث الهبوط، وأنواع الهبوط، وتأثيره على المنشآت.

---

### الأهداف التعليمية

- فهم العلاقة بين الانضمام والهبوط.
- معرفة أنواع الهبوط ومخاطرها.
- التعرف على طرق الحد من الهبوط.

### أنواع الهبوط (جدول)

| السبب | نوع التربة | زمن الحدوث | النوع |
|---|---|---|---|
| إعادة ترتيب الجزيئات | رمل | لحظي | **هبوط فوري** |
| خروج الماء من المسامات | طين مشبع | بطيء (أشهر–سنوات) | **هبوط انضمامي** |
| أحمال ثابتة مستمرة | متنوعة | طويل الأمد | **هبوط زاحف** |

### التوصيات

- تصميم الأساسات لتوزيع الحمل بشكل متساوي.
- مراقبة الهبوط بعد البناء.
- استخدام تحسين للتربة في حالة التربة الطينية السميكة.

---

**المصادر**


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Coduto, D.P. – *Foundation Design: Principles and Practices*
3. محاضرات قسم الهندسة المدنية – ميكانيك التربة
4. Terzaghi, K. – *Soil Mechanics in Engineering Practice*

# الأسبوع الخامس : ظاهرة الإنتفاخ ( Swelling) والتداعي ( Collapse).

## المقدمة

التربة ليست دائمًا ثابتة في حجمها، بعض أنواع التربة تتمدد أو تتقلص عند تغيّر نسبة الرطوبة فيها.

- **الانتفاخ :(Swelling)** زيادة حجم التربة بسبب امتصاصها للماء.
- **التداعي :(Collapse)** انخفاض مفاجئ في حجم التربة عند ترطيبها، خاصة التربة ضعيفة التماسك.

هذه الظواهر تسبب مشاكل في الطرق والمباني إذا لم تُؤخذ بالحسبان أثناء التصميم.

---

## الهدف العام

تعريف الطالب بظاهرتي الانتفاخ والتداعي، أسبابهما، تأثيرهما على المنشآت، وطرق الحد منهما.

---

## الأهداف التعليمية

بنهاية هذا الدرس سيكون الطالب قادر على:

- التمييز بين الانتفاخ والتداعي.
- معرفة العوامل المؤثرة على كل ظاهرة.
- فهم التأثيرات الإنشائية لهذه الظواهر.
- التعرف على الحلول البسيطة للحد منها.

---

## أولاً: الانتفاخ(Swelling)

**التعريف:**

زيادة حجم التربة نتيجة امتصاص الماء، خاصة التربة الطينية التي تحتوي على معادن مثل المونتموريلونايت.

**الأسباب:**

- وجود نسبة عالية من المعادن المتمددة.
- تغيرات كبيرة في مستوى المياه الجوفية.
- هطول الأمطار بعد فترة جفاف طويلة.

**التأثيرات:**

- رفع الأساسات أو البلاطات الخرسانية.
- تشقق الجدران والأرضيات.
- التواء أو انحراف في الأبواب والنوافذ.

**طرق الحد من الانتفاخ:**

- استبدال التربة الطينية بتربة غير متمددة.
- تحسين التربة بإضافة الجير أو الأسمنت.
- التحكم في الرطوبة حول الأساسات.

---

## ثانيًا: التداعي(Collapse)

**التعريف:**

انخفاض مفاجئ في حجم التربة عند ترطيبها، خاصة التربة الرملية أو الطينية ضعيفة التماسك.

**الأسباب:**

- وجود بنية مفتوحة مليئة بالفراغات.
- ترطيب مفاجئ نتيجة الأمطار أو التسربات.
- أحمال إضافية على التربة المبللة.

**التأثيرات:**

- هبوط مفاجئ في الطرق أو المباني.
- تشكل حفر أو فراغات تحت المنشآت.
- تضرر شبكات الأنابيب والبنية التحتية.

## طرق الحد من التداعي:

- دمك التربة جيدًا قبل البناء.
- ترطيب وضغط التربة قبل الإنشاء.(Pre-wetting)
- تصميم الأساسات لتحمل الهبوط الجزئي.

## جدول مقارنة

| الخاصية | الانتفاخ (Swelling) | التداعي (Collapse) |
|---|---|---|
| **التغير في الحجم** | زيادة (تمدد) | نقصان (انكماش/هبوط) |
| **نوع التربة** | طين عالي التمدد | تربة مفككة أو ضعيفة التماسك |
| **السبب** | امتصاص الماء | ترطيب مفاجئ |
| **زمن الحدوث** | بطيء نسبيًا | سريع أو مفاجئ |

## الخاتمة

التربة المتمددة أو المتداعية تمثل خطرًا على المنشآت إذا لم يتم التعرف عليها مبكرًا. الفحص الموقعي والمختبري قبل البناء يوفر الكثير من التكاليف والمشاكل لاحقًا.

---

## التوصيات

- دائمًا إجراء فحوصات لتحديد سلوك التربة عند تغير الرطوبة.
- استخدام طرق تحسين التربة أو تصميم الأساسات لتجنب تأثير هذه الظواهر.
- مراقبة مصادر المياه وتسربها في مواقع البناء.

---

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Nelson, J.D. & Miller, D.J. – *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*
3. محاضرات قسم الهندسة المدنية – ميكانيك التربة

# الأسبوع السادس والسابع : تعريف مقاومة القص للتربة ( Shear Strength) وأهميتها في إحتساب مقدار تحمل التربة ( Bearing Capacity).

## الأسبوع السادس: تعريف مقاومة القص للتربة(Shear Strength)

### المقدمة

التربة مثل أي مادة، لها قدرة محددة على مقاومة الانهيار عند تعرضها لقوى خارجية.
**مقاومة القص** هي القوة التي تمنع جزيئات التربة من الانزلاق فوق بعضها. فهم هذه المقاومة أساسي في تصميم الأساسات، الجدران الساندة، والمنحدرات.

---

### الهدف العام

تعريف الطالب بمفهوم مقاومة القص، مكوناتها، والعوامل المؤثرة عليها.

---

### الأهداف التعليمية

بنهاية الدرس سيكون الطالب قادر على:

- تعريف مقاومة القص.
- معرفة مكونات مقاومة القص.
- التعرف على العوامل التي تؤثر في مقاومتها.

---

### التعريف

**مقاومة القص للتربة** :هي القوة القصوى التي يمكن للتربة تحملها قبل الانهيار عند تعرضها لإجهاد قص.

---

## مكونات مقاومة القص

حسب **معادلة كولومب**:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\varphi))$$

حيث:

- **τ** = إجهاد القص عند الانهيار
- **c** = التماسك(Cohesion)
- **σ** = الإجهاد العمودي(Normal Stress)
- **ϕ** = زاوية الاحتكاك الداخلي(Friction Angle)

---

## العوامل المؤثرة

- **نوع التربة** :الرملية تعتمد أكثر على الاحتكاك، الطينية تعتمد أكثر على التماسك.
- **الكثافة** :التربة الكثيفة أعلى مقاومة.
- **الرطوبة** :زيادة الماء قد تقلل المقاومة.
- **التحميل** :الزمن وطريقة التحميل تؤثر على الانهيار.

---

## أهمية مقاومة القص

- تصميم الأساسات.
- استقرار المنحدرات.
- أمان الجدران الساندة.
- منع الانهيارات الترابية.

---

## الخاتمة

مقاومة القص هي حجر الأساس لفهم سلوك التربة تحت الأحمال. قياسها بدقة يحمي المنشآت من الفشل.

---

### التوصيات

- إجراء اختبارات القص (المباشر أو الثلاثي المحاور) قبل التصميم.
- أخذ عينات تمثل الموقع بدقة.

---

### المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Lambe & Whitman – *Soil Mechanics*


---

## الأسبوع السابع: أهمية مقاومة القص في احتساب مقدار تحمل التربة (Bearing Capacity)

### المقدمة

تحمل التربة (**Bearing Capacity**) هو أكبر حمل يمكن أن تتحمله التربة بأمان دون حدوث انهيار أو هبوط مفرط.
مقاومة القص هي العامل الرئيسي الذي يحدد هذا التحمل، لأن انهيار التربة تحت الأساسات غالبًا يكون نتيجة فشل بالقص.

---

### الهدف العام

توضيح العلاقة بين مقاومة القص وتحمل التربة، وكيفية الاستفادة منها في التصميم.

---

### الأهداف التعليمية

بنهاية الدرس سيكون الطالب قادر على:

- تعريف تحمل التربة.
- فهم العلاقة بين مقاومة القص والتحمل.
- التعرف على العوامل التي تؤثر على التحمل.

---

### التعريف

**تحمل التربة المسموح:(Allowable Bearing Capacity)**
هو الحمل الأقصى لكل وحدة مساحة يمكن أن تنقله التربة للأساسات بأمان، ويُحسب بأخذ معامل أمان من التحمل الأقصى.

---

## العلاقة مع مقاومة القص

كلما كانت مقاومة القص للتربة أكبر، زاد التحمل الأقصى للأساسات.
معادلات التحمل تعتمد على قيم **c** و **ϕ** من معادلة كولومب، لذلك قياس مقاومة القص بدقة أمر أساسي.

---

## العوامل المؤثرة على التحمل

- نوع التربة وقيم **c** و **ϕ**.
- عمق الأساس وشكله.
- عرض الأساس.
- حالة المياه الجوفية.

---

## تطبيقات عملية

- تصميم أساسات الأبنية والجسور.
- حساب أبعاد قواعد الآلات الثقيلة.
- تحديد سمك طبقات الردم في الطرق.

---

## مثال حسابي مبسط

إذا كانت:

- **c** = 20 كيلونيوتن/م²
- **ϕ** = 30°
- **σ** = 50 كيلونيوتن/م²

فإن:

كيلونيوتن/م²τ=20+50·tan(30°)=20+50·0.577=48.85

---

## الخاتمة

تحمل التربة يعتمد بشكل مباشر على مقاومة القص. إهمال هذه العلاقة قد يؤدي إلى تصميم أساسات غير آمنة.

---

## التوصيات

- إجراء اختبارات القص دائمًا قبل حساب التحمل.
- استخدام معامل أمان مناسب حسب نوع المنشأ والتربة.

---

## المصادر


1. Terzaghi, K. – *Theoretical Soil Mechanics*
2. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*

# الأسبوع الثامن والتاسع : فحص القص اللامحصور ( Unconfined Compression Test).

## المقدمة

يُعتبر فحص القص اللامحصور من الفحوصات البسيطة والمهمة لتحديد **مقاومة التربة الطينية المشبعة**، ويُجرى بشكل خاص على التربة المتماسكة .(Clays) يتميز هذا الفحص بأنه لا يحتاج إلى ضغط محيط(Confining Pressure) ، لذلك سُمّي "اللامحصور."

---

## الهدف العام

فهم فكرة فحص القص اللامحصور وأهميته في تحديد **قوة التربة الطينية** المستخدمة في الأسس والمنشآت.

---

## الأهداف التعليمية

- معرفة مفهوم فحص القص اللامحصور.
- التعرّف على التربة التي يُستخدم عليها هذا الفحص.
- فهم العلاقة بين نتائج الفحص ومقاومة التربة.

---

## الفكرة الأساسية للفحص

- يتم تعريض **عينة أسطوانية من التربة الطينية المشبعة** إلى ضغط محوري (Axial Load)حتى يحدث الفشل.
- لا يُطبَّق أي ضغط جانبي على العينة.(Unconfined)
- يتم حساب الإجهاد الأعظمي الذي تتحمله العينة قبل الفشل، ومنه نستخرج **قوة القص غير المبزول.(Undrained Shear Strength, Su)**

---

## الصيغة النظرية البسيطة

قوة القص ($S_u$) تُحسب من العلاقة:

$$S_u=q_u\backslash 2$$

حيث:

- $q_u$ = أقصى إجهاد محوري تتحمله العينة (Unconfined Compressive Strength).

---

## الاستخدامات الهندسية

- تقدير مقاومة القص للتربة الطينية في الحالات **القصيرة الأمد (Short Term Conditions)**.
- يُستخدم في تصميم الأساسات السطحية والركائز عندما تكون التربة طينية مشبعة.
- يساعد في التنبؤ بالهبوط والاستقرار.

---

## المميزات والقيود

**✅ مميزات:**

- سهل وسريع.
- غير مكلف.
- مناسب للتربة الطينية المشبعة.

**❌ قيود:**

- لا يصلح للتربة الرملية أو غير المتماسكة.
- يعطي نتائج تقريبية لأنه يهمل تأثير الضغط الجانبي.

---

## الخاتمة

فحص القص اللامحصور يُعد من أبسط الفحوص المخبرية وأكثرها استخدامًا في **الهندسة الجيوتقنية** لتحديد مقاومة التربة الطينية المشبعة. ورغم بساطته، إلا أنه يقدّم معلومات أساسية ومفيدة في تصميم الأساسات وتقييم استقرار المنشآت.

**المصادر**


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Terzaghi & Peck – *Soil Mechanics in Engineering Practice*


## الأسبوع العاشر :فحص القص المباشر (Direct Shear Test).

### المقدمة

يُعتبر فحص **القص المباشر** من أقدم وأكثر الطرق شيوعًا لقياس **مقاومة القص للتربة، وزاوية الاحتكاك c التماسك) ϕ)**. ويُعطي فكرة مباشرة عن **معايير القص**.

### الهدف العام

فهم الفكرة النظرية للفحص، وكيفية استخدام نتائجه في تقدير **قدرة تحمل التربة** وتصميم الأساسات.

### الأهداف التعليمية

- معرفة المبدأ الأساسي للفحص.
- إدراك أهمية العلاقة بين **الإجهاد القصي** و**الإجهاد العمودي**.
- فهم كيف يُستخرج **c** و **ϕ** من نتائج الفحص.

### الفكرة الأساسية

- العينة تُقسَّم إلى نصفين، ويُسمح بحدوث **انزلاق على سطح أفقي محدد مسبقًا**.
- نطبق **إجهاد عمودي** ثابت.(Normal Stress)
- ثم نزيد **قوة أفقية** تدريجيًا حتى تفشل العينة بالانزلاق.
- نحصل على **إجهاد القص عند الفشل (τf)** لكل قيمة من الإجهاد العمودي.(σ)

### التفسير النظري

- العلاقة بين الإجهاد العمودي والإجهاد القصي عند الفشل تُعطى بواسطة **معادلة كولومب**:

$$\tau f = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$$

- حيث:
  - $\tau_f$ = إجهاد القص عند الفشل.
  - $\sigma$ = الإجهاد العمودي المطبق.
  - c = التماسك.(Cohesion)
  - $\phi$ = زاوية الاحتكاك الداخلي.(Angle of Internal Friction)
- برسم العلاقة بين **$\tau_f$ و $\sigma$** لعدة اختبارات، نحصل على خط الفشل (Failure Envelope).
- من ميل الخط نستنتج $\phi$ ، ومن تقاطعه مع المحور نستنتج c

**الأهمية الهندسية**

- يُستخدم في:
  - **تحديد قدرة التحمل Bearing Capacity** للأساسات.
  - **تحليل استقرار المنحدرات والحوائط الساندة.**
  - فهم سلوك التربة تحت القص المباشر.

## الخاتمة

فحص القص المباشر اختبار **بسيط وواضح** لفهم مقاومة التربة للقص. يُعطينا القيم التي تُعتبر أساسية في أي تصميم جيوتكنيكي (**$\phi$ و c**) الأساسية.

## التوصيات

- الاعتماد على هذا الفحص كطريقة **مؤشر** سريعة، لكن يُفضل دعمه بفحوص أخرى مثل **فحص ثلاثي المحاور** للحصول على دقة أعلى.

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Bowles, J.E. – *Foundation Analysis and Design*
3. Terzaghi & Peck – *Soil Mechanics in Engineering Practice*

# الأسبوع الحادي عشر : فحص القص ثلاثي المحاور ( Triaxial Compression Test).

## المقدمة

فحص **القص ثلاثي المحاور** يُعتبر من أدق وأهم الفحوص الجيوتكنيكية لقياس **مقاومة القص للتربة** .يتميز عن فحص القص المباشر بأنه يسمح بدراسة سلوك التربة تحت ظروف تحميل مختلفة، وبشكل أقرب للواقع.

---

## الهدف العام

التعرّف على فكرة فحص ثلاثي المحاور، وأهميته في تحديد **c** و **ϕ** بدقة أكبر، وفهم سلوك التربة تحت الإجهادات.

---

## الأهداف التعليمية

- فهم المبدأ الأساسي للفحص.
- معرفة أهم أنواعه واستخداماتها.
- إدراك علاقته بتصميم الأساسات واستقرار التربة.

---

## الفكرة الأساسية

- توضع عينة التربة **الأسطوانية** داخل خلية محكمة.
- يُطبق عليها **ضغط محيط (Confining Pressure)** بواسطة سائل يحيط بها.
- يُزاد **الضغط العمودي (Axial Stress)** تدريجيًا حتى تفشل العينة.
- يُقاس عند الفشل:
  - الإجهاد العمودي(σ1)
  - الإجهاد المحيط(σ3)

---

## أنواع الاختبار (حسب تصريف الماء)

1. **غير مفرغ :(UU – Unconsolidated Undrained)** سريع، للمشاريع المستعجلة.

2. **مفرغ غير مصرّف (CU – Consolidated Undrained):** الأكثر شيوعًا، يعطي نتائج دقيقة.
3. **مفرغ مصرّف (CD – Consolidated Drained):** بطيء، لكن يعكس السلوك طويل الأمد.

---

## التفسير النظري

- من قيم الإجهادات (σ1,σ3) نحسب مقاومة القص.
- باستخدام نظرية كولومب نحصل على:

$$\tau f = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$$

- ومن الرسم البياني دوائر موهر (Mohr's Circles) نستخرج قيم:
  - **c التماسك**
  - **Φ زاوية الاحتكاك الداخلي**

---

## الأهمية الهندسية

- تصميم الأساسات العميقة والسطحية.
- استقرار المنحدرات والسدود.
- دراسة سلوك التربة الطينية والرملية تحت التحميل الحقيقي.
- الحصول على بيانات أكثر دقة من فحص القص المباشر.

---

## الخاتمة

فحص ثلاثي المحاور هو **أدق فحص مختبري لمقاومة القص**، لأنه يحاكي ظروف التحميل الواقعية. نتائجه ضرورية لأي مشروع هندسي يحتاج إلى حسابات أمان دقيقة.

---

## التوصيات

- استخدامه دائمًا في المشاريع الكبيرة (سدود، جسور، بنايات عالية).
- اختيار نوع الاختبار (UU, CU, CD) حسب طبيعة المشروع والزمن المتاح.

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Lambe & Whitman – *Soil Mechanics*
3. Terzaghi & Peck – *Soil Mechanics in Engineering Practice*

# الأسبوع الثاني عشر : فحوصات القص الحقلية ( In Situ Shear Test).

## المقدمة

فحوصات القص الحقلية تُعتبر وسيلة عملية لتحديد **مقاومة القص للتربة** مباشرة في موقع المشروع دون الحاجة إلى استخراج عينات ونقلها للمختبر. وهي مهمة لأنها تعكس **الظروف الحقيقية للتربة** كما هي في الطبيعة.

---

## الهدف العام

التعرّف على أهم الفحوص الحقلية المستخدمة لتقدير مقاومة القص للتربة وأهميتها في أعمال الهندسة المدنية.

---

## الأهداف التعليمية

- معرفة فكرة فحوص القص الحقلية.
- التمييز بين الأنواع الرئيسية لهذه الفحوص.
- فهم أهميتها في تصميم الطرق والأساسات.

---

## الأنواع الرئيسية للفحوص الحقلية

1. **فحص القص الدوراني:(Vane Shear Test)**
   - يُستخدم غالبًا في التربة الطينية الرخوة.
   - يعتمد على إدخال ريشة معدنية (Vane) في التربة وقياس مقاومة التربة للدوران.
   - يعطينا **مقاومة القص غير المصرفة.(Undrained Shear Strength)**
2. **فحص المخروط المخترق:(Cone Penetration Test – CPT)**
   - يُدخل مخروط معدني إلى التربة بسرعة ثابتة.
   - يقاس الجهد اللازم لاختراق التربة.
   - مفيد جدًا لتصنيف التربة وتقدير **قوة التحمل والقص**.

3. **فحص الاختراق القياسي:(SPT – Standard Penetration Test)**
    - يتم إسقاط مطرقة وزنها قياسي على أنبوب عينة.
    - عدد الضربات اللازمة لاختراق التربة يُعطي مؤشرًا على **كثافة التربة وقوتها**.

---

## الأهمية الهندسية

- توفر هذه الفحوص **قيمًا سريعة ومباشرة** لمقاومة التربة.
- تُستخدم في:
    - تصميم الطرق والأساسات.
    - تقدير استقرار المنحدرات.
    - تقييم التربة قبل البناء.

---

## الخاتمة

فحوصات القص الحقلية طرق عملية وبسيطة لفهم خصائص التربة في موقع المشروع. ورغم أن دقتها أقل من الفحوص المختبرية (مثل ثلاثي المحاور)، لكنها مفيدة جدًا خصوصًا في المشاريع التي تحتاج نتائج سريعة أو عندما يكون استخراج العينات صعبًا.

---

## التوصيات

- يُفضل استخدام الفحوص الحقلية كخطوة أولية، ثم دعمها بفحوص مختبرية لزيادة دقة التصميم.

---

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Bowles, J.E. – *Foundation Analysis and Design*
3. Lambe & Whitman – *Soil Mechanics*

# الأسبوع الثالث عشر : أنواع الأسس وعلاقتها بمقدار تحمل التربة

## المقدمة

الأساسات هي الجزء السفلي من المنشأ الذي ينقل الأحمال من المبنى إلى التربة. اختيار نوع الأساس يعتمد بشكل أساسي على **قدرة تحمل التربة (Bearing Capacity)** وخصائصها.

---

## الهدف العام

التعرّف على الأنواع الرئيسية للأسس، وكيفية ارتباطها بقدرة تحمل التربة لتأمين الاستقرار والأمان للمنشآت.

---

## الأهداف التعليمية

- معرفة الأنواع الرئيسية للأسس.
- فهم العلاقة بين نوع الأساس وقوة التربة.
- إدراك أهمية اختيار الأساس المناسب في التصميم.

---

## أنواع الأسس

### 1.الأسس السطحية:(Shallow Foundations)

- تُستخدم عندما تكون التربة السطحية قوية وقادرة على تحمل الأحمال.
- العمق صغير (عادة أقل من 3 م).
- الأنواع:
  - **الأساس المنفرد (Isolated Footing):** للأعمدة المنفردة.
  - **الأساس الشريطي (Strip Footing):** تحت الجدران.
  - **الحصيرة (Raft Foundation):** تغطي مساحة كبيرة عند ضعف التربة أو كثرة الأعمدة.

### 2.الأسس العميقة:(Deep Foundations)

- تُستخدم عندما تكون التربة السطحية ضعيفة ولا تتحمل الأحمال.
- الأحمال تُنقل إلى طبقات تربة أعمق وأقوى.
- الأنواع:
  - **الركائز :(Piles)** أعمدة طويلة تُدق أو تُصب في التربة.
  - **:(Caissons)** أسطوانات كبيرة تُستخدم في الجسور والمباني الضخمة.

---

**العلاقة مع مقدار تحمل التربة**

- **إذا كانت قدرة تحمل التربة عالية :**نستخدم أسس سطحية بسيطة (منفردة أو شريطية).
- **إذا كانت قدرة التحمل متوسطة :**يمكن استخدام حصيرة (Raft) لتوزيع الأحمال.
- **إذا كانت التربة ضعيفة جدًا :**نلجأ للأسس العميقة (خوازيق أو قيسونات) للوصول إلى طبقات قوية.

---

**الأهمية الهندسية**

- الأساس المناسب يضمن **أمان واستقرار المنشأ**.
- يقلل من مشاكل **الهبوط (Settlement)** أو الانهيار.
- يساهم في تقليل الكلفة إذا تم اختياره بشكل صحيح حسب تحمل التربة.

---

**الخاتمة**

اختيار نوع الأساس يعتمد مباشرة على **قدرة تحمل التربة** .كلما زادت قوة التربة، كان بالإمكان استخدام أساس أبسط وأقل تكلفة. أما في حالة التربة الضعيفة، فلا بد من اللجوء للأسس العميقة.

---

**التوصيات**

- إجراء فحوصات تربة دقيقة قبل التصميم.
- الموازنة بين الكلفة الاقتصادية والأمان عند اختيار نوع الأساس.

---

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Bowles, J.E. – *Foundation Analysis and Design*
3. Terzaghi & Peck – *Soil Mechanics in Engineering Practice*

# الأسبوع الرابع والخامس عشر : الأسس السطحية ( Shallow Foundation) والاسس العميقة ( Deep Foundation) مثل الركائز (Piles).

**الأسبوع الرابع عشر: الأسس السطحية (Shallow Foundations)**

**المقدمة**

الأسس الضحلة هي الأساسات التي تُنشأ بالقرب من سطح الأرض، ويكون عمقها صغير مقارنةً بعرضها. تُستخدم عندما تكون التربة السطحية **قوية نسبيًا** وقادرة على تحمّل الأحمال.

---

**الهدف العام**

التعرّف على مفهوم الأسس السطحية وأنواعها واستخدامها في المشاريع الهندسية.

---

**الأهداف التعليمية**

- معرفة تعريف الأسس السطحية.
- التمييز بين أنواعها الرئيسية.
- فهم متى نلجأ للأسس الضحلة بدل العميقة.

---

**الأنواع الرئيسية للأسس السطحية**

1. **الأساس المنفرد:(Isolated Footing)**
   - يُستخدم لتحميل عمود واحد.
   - شكله غالبًا مربع أو دائري.
2. **الأساس الشريطي:(Strip Footing)**
   - يُستخدم تحت الجدران الحاملة.
   - يمتد على طول الجدار لتوزيع الحمل.
3. **الأساس المشترك:(Combined Footing)**

- عندما تكون الأعمدة متقاربة، يتم دمجها في أساس واحد.

4. **الحصيرة:(Raft Foundation)**
   - تغطي مساحة كبيرة أسفل المبنى.
   - تُستخدم عندما تكون التربة ضعيفة نسبيًا وتحتاج توزيع الحمل على مساحة أكبر.

---

## العلاقة بتحمل التربة

- تُناسب الترب ذات **قدرة تحمل جيدة**.
- تُعتبر أقل كلفة من الأسس العميقة.

---

## الخاتمة

الأسس الضحلة حل اقتصادي وفعّال في حال كانت التربة السطحية جيدة. وهي من أكثر الأساسات استخدامًا في الأبنية السكنية والمنشآت الصغيرة والمتوسطة.

---

## التوصيات

- إجراء فحوص تحمل التربة قبل تنفيذ أي أساس.
- استخدام حصيرة الأساسات عندما تكون التربة ضعيفة نسبيًا لتوزيع الحمل.

---

## المصادر


1. Braja M. Das – *Principles of Geotechnical Engineering*
2. Bowles – *Foundation Analysis and Design*


---

## 📘الأسبوع الخامس عشر: الأسس العميقة(Deep Foundations – Piles)

## المقدمة

الأسس العميقة تُستخدم عندما تكون التربة السطحية ضعيفة ولا تتحمل الأحمال. يتم نقل الحمل إلى أعماق أكبر باستخدام عناصر إنشائية مثل **الركائز (Piles)** أو **(Caissons)**.

## الهدف العام

التعرّف على الأسس العميقة، أهميتها، وأنواع الركائز (Piles) المستخدمة فيها.

---

## الأهداف التعليمية

- معرفة تعريف الأسس العميقة.
- التعرّف على الأنواع الرئيسية للركائز.
- فهم حالات استخدامها في المشاريع.

---

## أنواع الركائز(Piles)

1. **ركائز خشبية:(Timber Piles)**
   - قديمة الاستخدام، للأحمال الخفيفة.
2. **ركائز خرسانية:(Concrete Piles)**
   - مسبقة الصب أو مصبوبة في الموقع.
   - تتحمل أحمالًا كبيرة وتُستخدم بكثرة.
3. **ركائز فولاذية:(Steel Piles)**
   - تتحمل أحمالًا ضخمة.
   - مفيدة عند الحاجة لاختراق طبقات صلبة.

---

## طرق نقل الحمل في الركائز

- **ركائز احتكاك :(Friction Piles)** تنقل الحمل من خلال الاحتكاك بين سطح الركيزة والتربة.
- **ركائز ارتكاز :(End Bearing Piles)** تنقل الحمل مباشرة إلى طبقة صلبة في العمق.

---

## الأهمية الهندسية

- تُستخدم في المباني العالية والجسور والموانئ.
- تحقق استقرار المنشأ في الترب الضعيفة أو الرخوة.

---

## الخاتمة

الأسس العميقة حل هندسي فعال عندما تكون التربة السطحية غير كافية للتحمل.
الركائز بأنواعها المختلفة توفر وسيلة آمنة لنقل الأحمال إلى أعماق التربة القوية.

---

## التوصيات

- استخدام الركائز في الترب الضعيفة أو المشاريع ذات الأحمال الكبيرة.
- اختيار نوع الركيزة حسب طبيعة التربة والحمولات المطلوبة.

---

## المصادر


1. Terzaghi & Peck – *Soil Mechanics in Engineering Practice*
2. Braja M. Das – *Principles of Foundation Engineering*