# الفصل الأول : مدخل إلى ميكانيك التربة

## 1.1 تعاريف أساسية

### الصخر (Rock)

يعرف الصخر في الجيوتكنيك بالكتل الطبيعية من المواد المعدنية ، أما جيولوجياً فيعرف بجميع العناصر المشكلة للقشرة الأرضية، وهذا يشمل الصخر بالمعنى الجيولوجي بالإضافة إلى التربة والنفط والمياه ... الخ.

### التربة (soil)

تعرف التربة بالجزيئات الصلبة المعدنية الطبيعية القابلة للفصل عن بعضها بفعل ميكانيكي بسيط، وتنتج عن التخرب الطبيعي الفيزيائي أو الكيميائي للصخر.

### 1. 2 منشأ التربة

تنشأ الجزيئات الصلبة المكونة للتربة عن تجوية الصخور. ترتبط العديد من الخواص الفيزيائية للترب بشكل وأبعاد والتركيب الكيميائي للجزيئات الصلبة. من أجل فهم تأثير هذه العوامل لا بد من فهم عمليات التجوية التي تتعرض لها الصخور.

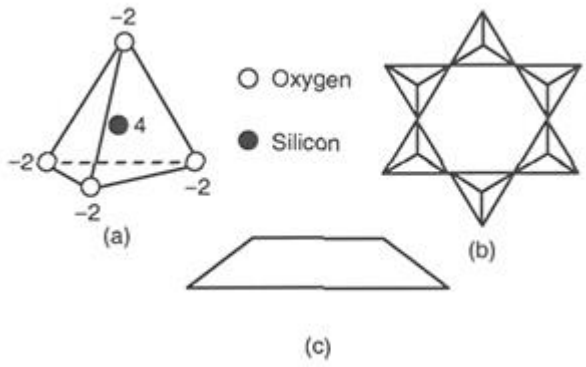
تعرف التجوية بعمليات تفتت الصخور وتحولها إلى جزيئات صغيرة الحجم بواسطة عمليات ميكانيكية وكيميائية. تحدث التجوية في مختلف أنواع الصخور البركانية والرسوبية والاستحالية ويمكن أن تحدث التجوية الميكانيكية نتيجة لتمدد وتقلص الصخر بفعل تغير درجات الحرارة، وكذلك فإن تسرب الماء ضمن مسامات التربة وتجمدها نتيجة لانخفاض درجة الحرارة يسبب زيادة في حجم الماء وضغوطاً كبيرة ضمن مسامات التربة. إن تكرار هذه العملية يؤدي إلى تصدع الصخور وتفتتها إلى جزيئات أصغر دون أن يحدث أي تغيير في التركيب الكيميائي للصخر.

في حالة التجوية الكيميائية، تتحول المينرلات الأساسية للصخر إلى مينرالات جديدة بواسطة تفاعلات كيميائية. الماء وثاني اوكيد الكربون المتواجدان في الجو يشكلان حمض الكربون نتيجة لانحلال ثاني أوكيد الكربون في الماء. يتفاعل حمض الكربون مع مينرالات الصخر وتتشكل مينرالات جديدة وأملاح منحلة ضمن المياه. مثال على التجوية الكيميائية تجوية مينرال الاورتوكلاس ($KAlSi_3O_8$) وتحوله إلى مينرالات غضارية وسيليكا وكربونات البوتاسيوم المنحلة.

### 1. 3 المينرالات الغضارية

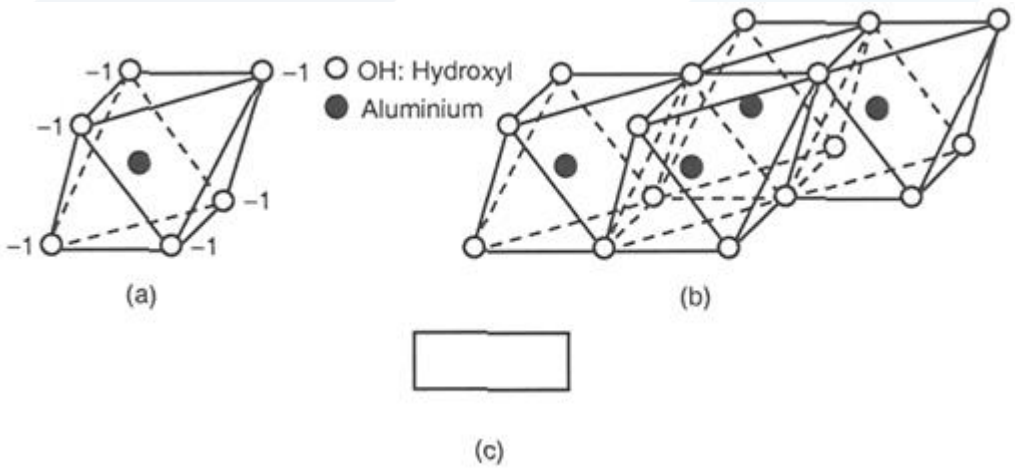
تتكون المينرالات الغضارية من مجموعتين أساسيتين : سيليكا رباعية الوجوه وألومينا ثمانية الوجوه، ويمكن أن يتم الاستبدال الجزئي لعنصري السليكون و الألمنيوم ضمن هاتين المجموعتين. يتكون كل سيليكا رباعي وجوه من 4 ذرات

أوكسجين تحيط بذرة سيليكون (الشكل 1-1a). تشكل تراكيب رباعيات الوجوه صفيحة السيليكا (Silica sheet)(الشكل 1-1b)




الشكل 1-1 : (a) وحدة السيليكا الأساسية، (b) صفيحة السليكا، (c) رمز صفيحة السيليكا

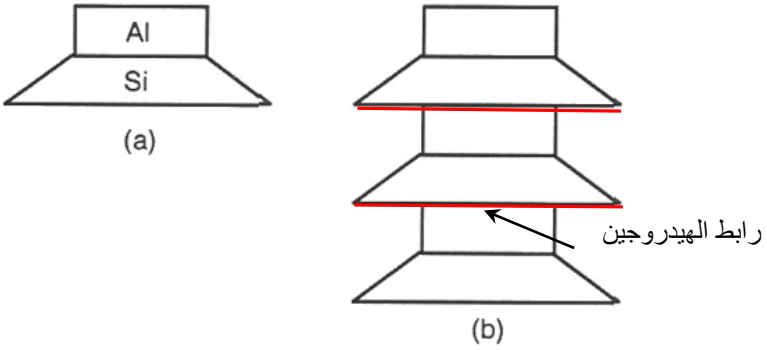
تتكون الألومينا ثمانية الوجوه من 6 ذرات هيدروكسيل تحيط بذرة ألمنيوم (الشكل 1-2a)، وتشكل تراكيب ثمانيات الوجوه صفيحة الألومينا (Alumina sheet) (الشكل 1-2b) وتدعى أحياناً بصفيحة الجيبسيت (gibbsite sheet) (في بعض الأحيان تستبدل ذرات الألمنيوم بذرات مغنيزيوم في ثمانيات الوجوه ).




الشكل 1-2 : (a) وحدة الألومينا الأساسية، (b) صفيحة الألومينا، (c) رمز صفيحة الألومينا

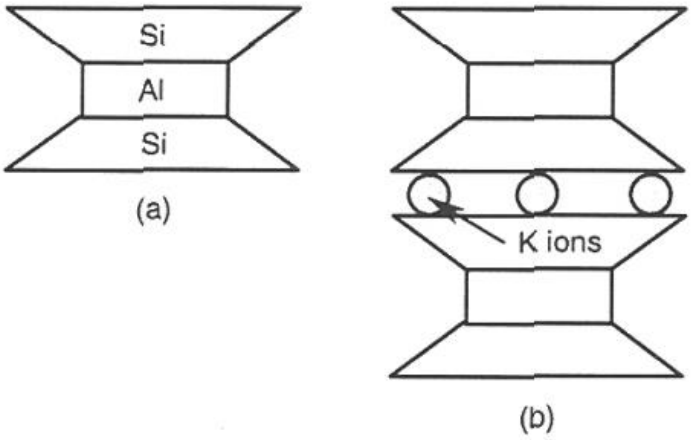
تتكون مختلف المينرالات الغضارية من سيليكات الألمنيوم التي تتشكل من اتحاد صفائح السليكا والألومينا على شكل طبقات بتراكيبات مختلفة مع روابط بأشكال مختلفة بين الصفائح (الأشكال 1-3 و 1-4 و 1-5). خواص المينرال الغضاري مرتبطة بمقاومة هذه الروابط.

يتشكل مينرال الكاولونيت من تجوية صخور الاورتكلاس والفلدسبار. تتكون طبقة أولية من مينرال الكاولونيت من صفيحة واحدة من السيليكا الرباعية وصفيحة واحدة من الألومينا الثمانية، تتشاركان فيما بينهما بذرة أكسجين. تتصل الطبقات الأولية فيما بينها لتشكل عنصر الكاولونايت كما هو مبين في الشكل 3-1. يمكن أن يصل عدد الطبقات الأولية في مينرال الكاولونيت إلى مئة طبقة أو أكثر. تبقى هذه الطبقات متصلة فيما بينها بواسطة هيدروجين رابط حيث يعطي تركيباً مستقراً للمينرال. إن رابط الهيدروجين قوي جداً ويمنع تغلغل المياه ضمن الطبقات الأولية لمينرال الكاولونايت وبالتالي يحد من انتفاخ الغضار المكون من مينرال الكاولونايت.




الشكل 3-1 : (a) طبقة كاولونايت أولية، (b) عنصر الكاولونايت

ينتج مينرال الإليت عن تجوية الميكا ويتكون مينرال الإليت من صفيحة من الألومينا الثمانية مشتركة من صفيحتين من السليكا الرباعية. يحصل في الصفيحة الثمانية استبدال جزئي للألمنيوم بالمغنيزيوم والحديد. تتصل الصفائح المشتركة فيما بينها بروابط ضعيفة وذلك بسبب ايونات البوتاسيوم التي تبقى محصورة ولا يمكن استبدالها (الشكل 1.4)

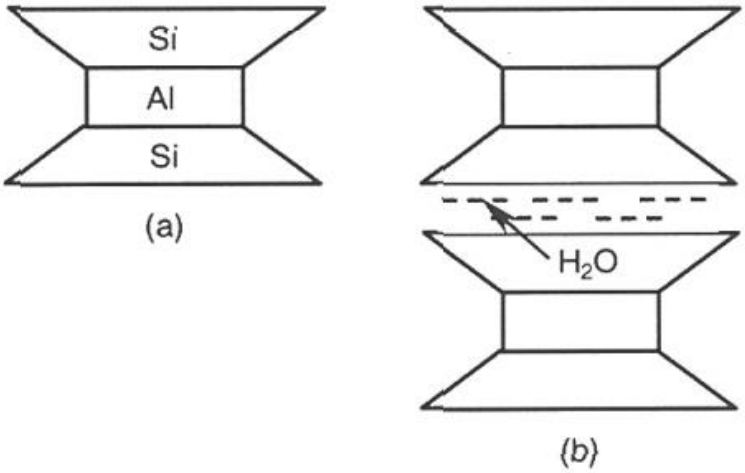



الشكل 4-1 : (a) طبقة إليت أولية، (b) عنصر الإليت

أما بالنسبة لمينرال المونموريونايت فينتج عن تجوية الرماد البركاني في مياه البحر في شروط تصريف ضعيفة. تركيبه شبيه بتركيب الإليت ولكن يتم الربط بين الطبقات بروابط اكسجين ضعيفة حاوية على جزيئات الماء وعلى كاتيونات قابلة للتبادل(الشكل 1.5 ).

الميزة الأساسية لهذا المينرال هي التغير الحجمي الكبير (انتفاخ وتقلص). عند الرطوبة المرتفعة يكون المينرال لدناً وقابلاً للتشوه تحت تأثير اجهادات صغيرة جداً، ويصبح صلباً في الحالة الجافة.

يتراوح القطر الوسطي لجزيئات المونموريونايت من 0.1 حتى 4 ميكرون وهو أصغر من الإليت والكاولونايت, وبشكل عام فإن قطر الجزيئات ينخفض من الكاولونايت حتى المونموريونايت. مساحة سطح الجزيئات من أجل كتلة ثابتة (السطح النوعي) تابعاً لأبعاد الجزيئات. يبلغ السطح النوعي للمونموريونايت حوالي (50-60) ضعف السطح النوعي للكاولونايت، وحوالي 10 أضعاف السطح النوعي للإليت. يستخدم المونموريونايت بشكل خاص في أعمال الحقن وذلك بسبب شراهته للماءوانتفاخه الكبير حيث يؤمن كتامة قواعد السدود والمنشآت المائية.




الشكل 5-1 : (a) طبقة مونموريونيت أولية، (b) عنصر المونموريونيت

## 1. 4 بعض الخواص العامة للتربة

تسبب بعض خواص التربة كالانتفاخ والتقلص والمحتوى من الصوديوم والملوحة و قابلية الحت والحامضية العديد من المشاكل الهندسية ولذلك فمن الضروري فهم هذه الخواص وذلك من أجل التنبؤ بالأخطار المحتملة على أساسات المنشأ واتخاذ الإجراءات اللازمة لتجنبها.

### 1. 1.4 أبعاد الجزيئات

تدعى الترب حصويات، رمال، سيلت أو غضار بناءً على أبعاد جزيئاتها الصلبة. تتباين الحدود الفاصلة بين أنواع الترب حسب نظام التصنيف المعتمد ( الجدول 1-1 ).

كما هو مبين في الجدول السابق فإن الغضار يعرف في بعض أنظمة التصنيف بجزيئات التربة الأصفر من 0.002mm وفي بعض أنظمة التصنيف الأخرى يعرف بجزيئات التربة الأصفر من 0.005mm. مع الإشارة إلى أن التربة المصنفة غضار وفقاً لأقطار جزيئاتها فقط قد لا تحتوي على مينرالات الغضار وقد تحتوي على جزيئات الكوارتز والفلدسبار والميكا ذات الجزيئات الصغيرة جداً والتي هي بحدود أقطار جزيئات الغضار.

*Table 2.3* Particle-Size Classifications

| Name of organization | Grain size (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Gravel | Sand | Silt | Clay |
| Massachusetts Institute of Technology (MIT) | >2 | 2 to 0.06 | 0.06 to 0.002 | <0.002 |
| U.S. Department of Agriculture (USDA) | >2 | 2 to 0.05 | 0.05 to 0.002 | <0.002 |
| American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) | 76.2 to 2 | 2 to 0.075 | 0.075 to 0.002 | <0.002 |
| Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation, and American Society for Testing and Materials) | 76.2 to 4.75 | 4.75 to 0.075 | Fines (i.e., silts and clays) <0.075 | |

*Note:* Sieve openings of 4.75 mm are found on a U.S. No. 4 sieve; 2-mm openings on a U.S. No. 10 sieve; 0.075-mm openings on a U.S. No. 200 sieve. See Table 2.5.

الجدول 1-1 : تصنيف جزيئات التربة ( حصويات، رمال، سيلت أو غضار) وفقاً لأقطارهاحسب بعض الكودات العالمية

### 1. 4. 2 نسيج التربة (soil texture)

يعطي نسيج التربة تخميناً لمقدار الغضار والسيلت والرمل في التربة. يلخص الجدول 1-2 مجموعات نسيج التربة.

| المجموعة | النسبة المئوية التقريبية للغضار |
|---|---|
| رمل (Sands) | < 10 |
| رمل سيلتي (Sandy Loams) | 10 - 20 |
| سيلت (Loams) | 20 - 25 |
| غضار سيلتي (Clay Loams) | 25 - 35 |
| غضار خفيف (Light Clays) | 35 - 40 |
| غضار متوسط إلى ثقيل (Medium-heavy Clay) | >40 |

الجدول 1-2 : تصنيف نسيج الترب (MCDonald et al. 1990)

يمكن تصنيف نسيج التربة في ست مجموعات أساسية :

- رمل : يكون الرمل مفككاً أو يملك تماسكاً ظاهرياً صغيراً جداً ولا يمكن صنع عجينة منه
- رمل سيلتي : له تماسك صغير ويمكن صنع عجينة منه كما يمكن الشعور بجزيئات الرمل ضمن النسيج
- سيلت : له تماسك متوسط ويمكن صنع عجينة منه كما أن ملمسه كملمس الاسفنج
- غضار سيلتي : تماسكه جيد وسلوكه لدن وملمسه ناعم
- غضار خفيف : تماسكه كبير نسبياً وسلوكه لدن وملمسه ناعم ويبدي مقاومة لصنع فتائل منه

- غضار متوسط إلى ثقيل : تماسكه كبير وسلوكه لدن وملمسه ناعم جداً ويبدي مقاومة كبيرة لصنع فتائل منه

**تأثير نسيج التربة على المنشآت**

لنسب الرمل والسيلت والغضار في التربة تأثير كبير على المنشأ، حيث أن :

- الترب الحاوية على نسبة مرتفعة من الغضار غير مفضلة للأساسات والطرق. يمكن للغضار أن يتقلص وينتفخ بشكل كبير كما أن تصريف المياه منه ضعيف وقدرة تحمله منخفضة عندما يكون رطباً، كما أن احتواء الغضار على نسبة عالية من الصوديوم سيجعله غير مستقر وعرضة للتآكل من قبل الماء وحدوث أنفاق مائية فيه (Tunnelling).
- نفاذية الترب الحاوية على نسبة مرتفعة من الرمل مرتفعة ويمكن أن تسبب مشاكل لبعض المنشآت الهندسية كمطامر النفايات والسدود الترابية، وأن قدرة تحملها منخفضة عندما تكون مخلخلة ويمكن أن تتسيل بوجود الماء في حالة الزلازل.
- الترب الحاوية على نسبة مرتفعة من السيلت هي ترب غير مستقرة بشكل عام

1. **3.4 اللون**

لون التربة هو أكثر الخواص وضوحاً. اللون ليس مهماً بحد ذاته ولكنه يمكن أن يعطي معلومات هامة عن سجل التربة وعن سلوكها. على سبيل المثال، التربة جيدة التصريف يميل لونها نحو الأحمر والترب ضعيفة التصريف يكون لونها أصفر فاتح أو رمادي مع بقع برتقالية اللون. الترب غامقة اللون تحتوي أحياناً على مواد عضوية. عندما يميل لون التربة نحو الأبيض فهذا يعني أن التربة تشبع موسمياً بالماء وأنه يمكن أن تخضع للتعرية. اللون الرمادي المزرق أو المخضر تدل على أن نسبة الحديد منخفضة في التربة وأن التربة قد تشبعت بالماء لمدة طويلة.

**تأثير لون التربة على المنشآت**

يؤثر لون التربة بشكل كبير على المنشآت، حيث أن :

- اللون المائل إلى الاحمرار، وخاصة إذا كانت التربة بالكامل حمراء وليست متبقعة يدل على أن التربة جيدة التصرف وهذا جيد من أجل أغلب المشاريع الهندسية.
- اللون الرمادي المصفر، وخاصة في حال تبقع التربة يدل على وجود مشاكل اشباع بالماء للتربة قد تكون موسمية وهذا قد يؤثر سلباً على العديد من المنشآت ويسبب مشاكل للأساسات وللطرق.
- اللون المائل للأخضر أو الأزرق يدل على مشاكل اشباع تربة كبيرة جداً تحتاج لإجراءات خاصة من أجل إقامة المشاريع عليها
- وجود عدسات (patches) لماعة بلون أصفر فاتح وخاصة في حال الاشتباه بوجود الكبريت في التربة يدل على إمكانية تشكل حمض الكبريت (sulfuric acid)في التربة مع قيمة منخفضة جداً لـ PH

### 1. 4. 4 قيمة PH للتربة

PH التربة هو مقياس لنشاط التربة (activity of soil). يقيس حموضتها (acidity) وقلويتها (alkalinity) . تعتبر التربة حمضية إذا كانت ($PH_{water}$<6)، وحيادية إذا كانت ($PH_{water}$=6.0-8.0)، وقلوية إذا كانت ($PH_{water}$>8). الترب مرتفعة الحموضة ($PH_{water}$<5.5) ومرتفعة القلوية ($PH_{water}$>9) تملك نشاطاً كيميائياً كبيراً وتكون لها تأثيراً كبيراً على المنشآت.

**تأثير قيمة PH التربة على المنشآت**

تؤثر قيمة PH بشكل كبير على المنشآت، حيث أن :

- الترب عالية القلوية : يمكن أن تحتوي على نسبة عالية من الأملاح والكربون ويمكن أن تؤثر بشكل سلبي على الأساسات
- الترب عالية الحموضة والحاوية على الكبريت تسبب ضرراً كبيراً للأساسات وللبنية التحتية (infrastructure) ناتجة عن ارتفاع منسوب المياه الحاوية على الأملاح وتشكل بلورات الملح التي تخرب مواد البناء

### 1. 4. 5 نسبة الصوديوم في التربة (sodicity)

من الضروري التمييز بين الترب الحاوية على الصوديوم (sodic soil) والترب الحاوية على الأملاح (saline soil). في الترب الحاوية على الصوديوم تكون النسبة المرتفعة للصوديوم عبارة عن صوديوم قابل للتبادل (exchangeable sodium) وهذا الصوديوم متصل بمينرال الغضار. في الترب الحاوية على الأملاح، يكون الصوديوم على شكل ملح وهو مرتبط بالايونات (associated with anion) كالكلورات (chlorides) والكبريتات (sulfates) والكربونات (carbonates).

يؤثر الصوديوم الموجود في التربة على استقرار التربة، حيث يمكن أن تتفتت هذه الترب بوجود الماء، وتتعلق نسبة التفتت بكمية الصوديوم وبكمية الغضار وبالمادة الرابطة في التربة.

**تأثير نسبة الصوديوم في التربة على المنشآت**

تتأثر المنشآت بنسبة الصوديوم الموجود في التالي كما يلي :

- يمكن للترب الحاوية على نسبة عالية من الصوديوم أن تتحول بوجود الماء إلى تربة غير مستقرة وتصبح عرضة للحت ولتشكل الأنفاق الترابية وهذا يؤثر سلباً على الطرق والأساسات والتمديدات التحت أرضية.
- إن تفتت الترب الحاوية على نسبة عالية من الصوديوم سوف يحولها إلى تربة منخفضة النفاذية وسيصبح تصريف المياه بطيئاً وهذا يؤثر سلباً أيضاً على الطرق وبعض المنشآت الأخرى.

### 1. 4. 6 ملوحة التربة (salinity)

تتسبب ملوحة التربة بمشاكل كبيرة للمنشآت الهندسية وتفرض فاتورة باهظة لصيانة الطرق والأبنية، حيث يتسبب ارتفاع منسوب المياه المالحة في تشكل بلورات الملح ضمن فراغات التربة والأساسات والجدران، مسببة العديد من المشاكل للمنشآت.

**تأثير ملوحة التربة على المنشآت**

يمكن أن تتسبب الأملاح المنحلة في المياه الموجودة في التربة في العديد من الأضرار بالمنشآت الهندسية، نذكر منها :

- انهيارات في البنى التحتية لموقع المشروع
- حدوث تآكل لجميع العناصر المكونة من البلوك والاسمنت والحديد كالأساسات والجدران والقساطل المعدنية والطرق والأرصفة ... الخ
- تفتت الصخور والجدران وبيتون الأساسات وكافة منشآت البنية التحتية للمشروع نتيجة للضغوط الناتجة عن تبلور الأملاح.

1. 4. 7 تقلص وانتفاخ التربة (shrink/swell soils)

تخضع الترب ذات التقلص والانتفاخ الكبيرين إلى تغير كبير في الحجم بتغير رطوبة التربة، ويحدث فيها تشققات كبيرة قد تصل إلى سطح الأرض نتيجة لانخفاض رطوبة التربة. تتعلق نسبة التقلص والانتفاخ بنسبة الغضار وبنوع المينرال الغضاري، ويمكن لمقدار التقلص والانتفاخ أن يكونا كبيرين حتى في حالة المينرالات الغضارية متوسطة النشاط كالاليت وذلك عندما تكون نسبة الغضار في التربة كبيرة.

تأثير تقلص وانتفاخ التربة على المنشآت

يمكن أن يسبب تقلص وانتفاخ التربة العديد من المشاكل للمنشآت ومنها :

- تشقق جدران الأبنية
- هبوط الطرق والأساسات وحدوث ضعف في الاستقرار
- حدوث أضرار لتمديد المياه والمجاري وأنابيب الغاز وكافة المنشآت المطمورة

## 1. 5 ميكانيك التربة

يعرف ميكانيك التربة بأنه تطبيق قوانين الميكانيك والهيدروليك على التربة. يتميز ميكانيك التربة عن ميكانيك العديد من المواد كالبيتون والفولاذ والبلاستيك والخشب بالخصوصية حيث أن التربة عبارة عن وسط غير مستمر وكذلك فهو وسط ثلاثي الأطوار (الجزيئات الصلبة والماء والغاز)، وتلعب والأطوار غير الصلبة دوراً هاماً في سلوك التربة.

تطور علم ميكانيك التربة في بداية القرن العشرين، وتعود المساهمة الأولى الهامة إلى كولومب عام 1776 حيث نشر بحثاً هاماً عن انهيار التربة، ثم قام رانكن بنشر نتائج أبحاثه حول حالة الاجهادات في التربة، كما قام دارسي عام 1856 بنشر أبحاثه حول نفاذية التربة، وكذلك فقد قدم كارل ترزاكي مساهمة كبيرة في مجال ميكانيك التربة حيث أوضح تأثير ضغط ماء المسامات على سلوك الترب.

لقد تم فصل ميكانيك التربة عن الميكانيك الهندسي بسبب امتلاك التربة للعديد من الخصائص التي تميزها عن بقية المواد. من هذه الخصائص:

ارتباط صلابة التربة بمقدار الاجهادات في التربة

تسلك العديد من المواد الهندسية كالفولاذ والبيتون سلوكاً خطياً مرناً، أي أن العلاقة بين الاجهادات والتشوهات خطية، أو على الأقل حتى مستوى معين من التشوهات، أما بالنسبة للتربة فالسلوك مختلف، ففي حالة الضغط تزداد مقاومة التربة مع زيادة القوة الضاغطة، حيث تصبح التربة أكثر صلابة وذلك نتيجة لزيادة كثافتها. أما في حالة القص فإن مقاومة التربة تنخفض مع زيادة القوى القاصة.

ارتباط سلوك التربة باتجاه تطبيق القوة (Anisotropy)

التربة عبارة عن وسط متباين الخواص وهذا يعني أن التربة تسلك سلوكاً مختلفاً في حال طبقنا نفس القوة باتجاهين مختلفين، وهذا مخالف للعديد من مواد البناء كالفولاذ والبيتون، حيث لا يتعلق سلوك هذه المواد باتجاه تطبيق القوة (أوساط متماثلة الخواص Isotropic).

القص (shear)

تتميز الترب بضعفها في مقاومة القوى القاصة ، ويمكن أن يحدث الانهيار في وسط التربة عندما تبلغ الاجهادات القاصة مستوىً معيناً. يمكن مصادفة هذه الظاهرة في المنحدرات حيث أن الميول الكبيرة للمنحدرات تزيد من الاجهادات القاصة ويمكن أن تسبب الانهيار، وهذه المشكلة تصبح أكثر خطورة في حالة المنحدرات المكونة من الترب الناعمة كالترب الغضارية وذلك بسبب المياه التي تؤثر بشكل كبير على خواص الترب الغضارية وبالتالي على استقرار المنحدر.

توسع التربة (Dilatance)

غالباً ما ترافق تشوهات القص للتربة مع تغير حجمي، حيث يميل الرمل المتراص إلى التوسع فيزداد حجمه ويصبح أكثر تخلخلاً. أما الرمل المخلخل فيميل إلى الهبوط أثناء القص، ويمكن لهذا الهبوط أن يكون خطيراً عندما تكون التربة مشبعة بالماء، حيث يؤدي هذا الهبوط إلى ارتفاع ضغط ماء المسامات وقد يقود ذلك إلى الانهيار، وقد وقعت العديد من حوادث الانهيار نتيجة لارتفاع ضغط ماء المسامات وخاصة أثناء الزلازل في المناطق القريبة من الشواطئ.

الزحف (Creep)

في أغلب الحالات، تتعلق تشوهات التربة بالزمن حتى في حال ثبات الاجهادات المؤثرة وتدعى هذه الظاهرة بالزحف. يتميز الغضار بشكل خاص بهذه الظاهرة حيث يستمر هبوط المنشآت المقامة على الغضار مدى الحياة، وقد يتسبب ذلك بتشققات هذه المنشآت عندما يكون الهبوط غير منتظم.

احتواء التربة على المياه التحت سطحية (groundwater)

من خصائص التربة الهامة وجود الماء ضمن مساماتها، حيث يؤثر الماء بشكل كبير على سلوك الترب وعلى خواصها وهو من أكثر العوامل المسببة لانهيارات الترب وخاصة تحت السدود الترابية، حيث يمكن للماء أن يتسرب ضمن ردمية السد أو تحت السد مشكلاً أخاديد يمكن أن تؤدي إلى انهيار السد. كما يمكن لزيادة رطوبة الترب الغضارية نتيجة للأمطار أو لارتفاع منسوب المياه التحت سطحية أن تخفض من مقاومة التربة وقد تقود إلى الانهيار، وقد حدثت عدة انهيارات في السدود الترابية نتيجة لارتفاع منسوب المياه حيث أدى ذلك إلى انخفاض مقاومة النواة الغضارية بالإضافة إلى زيادة الضغوط الناتجة عن المياه.

كما يمكن أن يتسبب انخفاض منسوب المياه في العديد من المشاكل كما هي الحال عند حفر آبار مياه الشرب في المناطق السكنية، حيث يؤدي الضخ المستمر للمياه إلى انخفاض منسوب المياه إلى زيادة الاجهادات في التربة وإلى حصول هبوطات إضافية للمنشآت.

عدم إمكانية تحديد الاجهادات الأولية بدقة ضمن وسط التربة (Unknown initial stresses)

التربة مادة طبيعية تشكلت خلال فترة طويلة من الزمن من خلال بواسطة عمليات جيولوجية متعددة وغالباً مجهولة، وبالتالي فالحالة الأولية للاجهادات ضمن وسط التربة غير معلومة. إن السلوك غير المرن للتربة يعطي أهمية كبيرة للاجهادات الأولية في تحديد سلوك التربة تحت تأثير الحمولات الخارجية الإضافية.

يمكن تحديد الاجهادات الشاقولية الأولية بدقة مقبولة عن طريق حساب الاجهاد الناتج عن وزن التربة فوق المنسوب الذي تحسب الاجهادات عنده. إن الاجهادات الشاقولية تزداد مع زيادة العمق وبالتالي فصلابة التربة ومقاومتها تزداد مع العمق. بالمقابل، تبقى الاجهادات الأولية الأولية عادة مجهولة.

تغير طبيعة التربة أفقياً وشاقولياً ( Variability)

إن تشكل التربة نتيجة للعمليات الجيولوجية القديمة يعني أيضاً أن خواص التربة يمكن أن تكون متباينة في مختلف المواقع، وحتى في المواقع القريبة جداً من بعضها يمكن أن تختلف طبيعة وخواص التربة بسكل كبير بين هذه المواقع. على سبيل المثال، عندما يعبر نهر وسطاً رملياً أو بحصياً يحصل ترسبات للطمي المحمول بواسطة المياه في المناطق التي تكون فيها سرعة المياه منخفضة وبالتالي ومع مرور الزمن تتشكل طبقات من الطمي ضعيفة المقاومة وكبيرة الهبوط ضمن الأوساط الرملية والبحصية، وفي حالات كثيرة قد لا تظهر أثار الأنهار على سطح التربة. كما أن الاختلاف في سلوك الترب المتجاورة قد يحدث نتيجة للتحميل الزائد المسبق للتربة (مثلاً نتيجة إزالة هضبة أو جبل)، وبالتالي فرغم تجانس التربة إلا أن السلوك قد يكون مختلفاً نتيجة هذا التحميل المسبق.

يمكن الحصول على فكرة أولية عن طبيعة التربة عن طريق الخرائط الجيولوجية، وبواسطة المعلومات الجيولوجية والخبرة يمكن تكوين فكرة أولية عن خواص التربة وسلوكها ، إلا أن الخواص والدقيقة لا يمكن الحصول عليها إلا بواسطة التحريات الجيوتكنيكية حيث يتم حفر التربة وإجراء تجارب حقلية واستخراج عينات من التربة وإجراء تجارب مخبرية عليها.

## 1. 6 مجالات تطبيق ميكانيك التربة

مجالات تطبيق ميكانيك التربة متعددة ومتنوعة، تتضمن الأشغال العامة والبناء .

### 1.6.1 الأوساط الطبيعية

لا يقتصر تطبيق ميكانيك التربة على المنشآت بل يشمل أيضاً الأوساط الطبيعية كالمنحدرات الطبيعية (مشاكل انزلاق التربة) ومجاري الأنهار والبحيرات.

### 1.6.2 المنشآت الترابية

وتشمل المنشآت التي تكون فيها التربة هي المادة الأساسية المستخدمة، نذكر منها:

- الردميات (الطرق، السكك الحديدية، السدود الترابية، السدات المائية الترابية... الخ)
- الحفريات (المنحدرات، الأقنية، الأحواض ... الخ)

### 1.6.3 المنشآت المختلطة

في هذه المنشآت، تستخدم عناصر مصنوعة من مادة أخرى (كالبيتون والحديد والخشب ... الخ) ضمن وسط التربة ويكون عمق غرز هذه العناصر أساسياً في هذه المنشآت. نذكر من هذه المنشآت:

- الجدران الاستنادية (مسلحة، كتلية، تربة مسلحة، تربة مدعمة بالجيوتكستيل ... الخ)

- الصفائح الوتدية المستخدمة في الأقنية والموانئ وأحواض التأسيس

- الأوتاد الجدران الوتدية البيتونية

### 1.6.4 أساسات الأبنية والمنشآت

في دراسة الأساسات لا تشكل التربة والمنشآت أوساطاً مختلطة وإنما عبارة عن وسطين متماسين يحصل بينهما تفاعلاً (Interaction) يجب تحديده. يتم التمييز بين الأساسات السطحية (منفردة، مشتركة، مستمرة وحصيرة) وبين الأساسات العميقة (أوتاد وكيسونات).

يتضمن مجال الأساسات أيضاً جميع منشآت الخزانات ومحطات المعالجة والصوامع والسدود ومحطات الضخ ... الخ ويجب على المهندس الجيوتكنيكي أن يحدد نوع الأساس المناسب وعمق تأسيسه وهبوط تربة التأسيس، ويتم إهمال ذلك في العدد من المشاريع ويتسبب ذلك بظهور العديد من المشاكل ويتطلب حلها كلفاً باهظة وقد تؤدي أحياناً إلى انهيارات جزئية أو كلية في المنشأ.