الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

اسم المحاضرة : خواص و اختبارات التربة

اسم المحاضر: م. راما زهره

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مخطط المادة العلمية

١. تعاريف أساسية.

٢. خصائص التربة .

٣. مجالات تطبيق ميكانيك التربة.

٤. الدراسة الجيوتكنيكية أو الجيولوجية للموقع.

٥. المشاكل المحتملة لتربة الموقع.

٦. الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب.

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 و النفط و المياه .

التربة ((soil))

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

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.

تعاريف أساسية

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 و تقلص 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 و تفتتها إلى جزيئات أصغر دون أن يحدث أي تغيير في التركيب الكيميائي للصخر .

في حالة التجوية الكيميائية، تتحول المينرالات الأساسية للصخر إلى مينرالات جديدة بواسطة تفاعلات كيميائية.

الماء وثاني أوكسيد الكربون المتواجدان في الجو يشكلان حمض الكربون نتيجة لانحلال ثاني أوكسيد الكربون في الماء.

يتفاعل حمض الكربون مع مينرالات الصخر وتتشكل مينرالات جديدة و أملاح منحلة ضمن المياه.

تعاريف أساسية

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 هاما في سلوك التربة.

تطور علم ميكانيك التربة في بداية القرن العشرين، وتعود المساهمة الأولى الهامة إلى كولومب عام ١٧٧٦ حيث نشر بحثاً هاماً عن انهيار التربة، ثم قام رانكن بنشر نتائج أبحاثه حول حالة الاجهادات في التربة، كما قام دارسي عام ١٨٥٦ 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.

خصائص التربة

للتربة العديد من الخصائص التي تميزها عن بقية المواد من هذه الخصائص :

ارتباط صلابة التربة بمقدار الاجهادات فى 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.

خصائص التربة

ارتباط سلوك التربة باتجاه تطبيق القوة

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)

الزحف ((Creep))

تشير إلى التشوه التدريجي للتربة مع مرور الوقت تحت تأثير إجهاد ثابت.

آليات الزحف إعادة ترتيب الجزيئات / انزلاق الحبيبات / ضغط الفراغات .

العوامل التي تؤثر على الزحف نوع التربة / مستوى الإجهاد/ محتوى الماء/ الزمن / درجة الحرارة .

خصائص التربة

القص ((shear))

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

توسع التربة ((Dilatance))

غالبا ما تترافق 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.

خصائص التربة

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.

خصائص التربة

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

التربة مادة طبيعية تشكلت خلال فترة طويلة من الزمن بواسطة عمليات جيولوجية متعددة وغالباً مجهولة، وبالتالي فالحالة الأولية للإجهادات ضمن وسط التربة غير معلومة.

ويعود ذلك إلى عدة عوامل معقدة و متداخلة منها : تغيرات طبيعية في التربة / التاريخ الجيولوجي / الشروط الحدودية / التغيرات في الضغط المسامي / عدم اليقين في النمذجة الرياضية .

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 عادة مجهولة.

خصائص التربة

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 بشكل 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.

خصائص 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 منها لا يمكن الحصول عليها إلا بواسطة التحريات الجيوتكنيكية حيث يتم حفر التربة وإجراء تجارب حقلية واستخراج عينات من التربة وإجراء تجارب مخبرية عليها.

مجالات تطبيق ميكانيك التربة

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

الأوساط الطبيعية

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

المنشآت الترابية

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

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

مجالات تطبيق ميكانيك التربة

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.
- الجدران الوتدية البيتونية.

مجالات تطبيق ميكانيك التربة

أساسات الأبنية والمنشآت

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

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 العديد من المشاريع ويتسبب ذلك بظهور العديد من المشاكل ويتطلب حلها كلفاً باهظة وقد تؤدي أحيانا إلى انهيارات جزئية أو كلية في المنشأ.

الدراسة الجيوتكنيكية أو الجيولوجية للموقع

تهدف الدراسة الجيوتكنيكية لموقع المشروع إلى:

١. تقييم خصائص التربة و الصخور .
٢. تحليل الاستقرارية.
٣. تقدير الإجهادات و الضغوط .
٤. تصميم الأساسات .
٥. تقييم تأثير المياه الجوفية .
٦. تحليل المخاطر الجيولوجية.
٧. التخطيط للتنقيب و البناء.
٨. توفير بيانات للتصميم و التنفيذ.

المشاكل المحتملة لتربة الموقع

يمكن لتربة الموقع أن تتسبب بالعديد من المشاكل، على سبيل المثال:

- تربة انتفاخية حساسة إلى التغيرات المناخية (يجب التأسيس على طبقة غير انتفاخية وفي حال عدم امكانية ذلك يجب اتخاذ الاجراءات اللازمة للتأسيس على ترب انتفاخية كالتحسين مثلاً).
- التكهفات الطبيعية والاصطناعية (يجب ردم هذه التكهفات بالتربة أو البيتون أو حقنها بالإسمنت).
- وجود مسيلات مائية ضمن موقع المشروع (يجب ضخ المياه باستمرار أو تحويل مسار المسيل المائي).
- وجود طبقة أو طبقات من التربة الرخوة الضعيفة.
- وقوع موقع المشروع ضمن منطقة فيضانات (يجب رفع مستوى الطابق الأرضي وعدم إنشاء أي قبو).
- وجود تربة ملوثة بمواد يمكن أن تهاجم بيتون الأساسات وتخربها (يجب استبدال هذه التربة).

الخواص الفيزيائية و طرق تصنيفها

يمكن القول بأن التربة مكونة من مجموعة من الجزيئات الصلبة محاطة بالفراغات. الجزيئات الصلبة مكونة من حبيبات من معادن مختلفة، بينما الفراغات يمكن أن تكون مملوءة بالماء أو الهواء أو الاثنين معاً.

الحجم الكلي للتربة Vt يكون مساوياً لمجموع حجم الجزيئات الصلبة Vs وحجم الفراغات Vv، ويتكون حجم الفراغات Vv من مجموع حجم الماء Vw وحجم الغاز Va.

أما الكتلة الكلية للتربة فتتكون من مجموع كتلة الجزيئات الصلبة ms وكتلة الماء الموجود في فراغاتها mw.

يمكن تمثيل هذه الأطوار الثلاث بالشكل ..

الخواص الفيزيائية و طرق تصنيفها

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

الكتل الحجمية والأوزان الحجمية

تستخدم في الجيوتكنيك عدة كتل حجمية: الكتلة الحجمية الكلية (أو الكتلة الحجمية الطبيعية) ρ, الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة ρ_s ، الكتلة الحجمية للماء ρ_w . الكتلة الحجمية الجافة ρ_d , الكتلة الحجمية المشبعة ρ_{sat} و الكتلة الحجمية المغمورة ρ_{sub} .

$$\rho = \frac{m_t}{V_t} = \frac{m_s + m_w}{V_t}$$

$$\rho_s = \frac{m_s}{Vs}$$

$$\rho_w = \frac{m_w}{Vw}$$

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

تتعلق الكتلة الحجمية الطبيعية بكمية الماء الموجودة في العينة وبالكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة. تتراوح قيم الكتلة الحجمية الكلية ρ بين $1g/cm^3$ و $2.4g/cm^3$, أما الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة ρ_s فتتراوح قيمتها لمعظم الترب بين $2.5g/cm^3$ و $2.8g/cm^3$. تتراوح قيمة ρ_s للرمل بين $2.6g/cm^3$ و $2.7g/cm^3$ ، ولمعظم الترب الغضارية بين $2.65g/cm^3$ و $2.8g/cm^3$ وذلك حسب طبيعة المينرال المسيطر , أما في حالة الترب العضوية فقيمة ρ_s تكون صغيرة وتكون عادة قريبة من $2.5g/cm^3$. بشكل عام، تغير الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة طفيف وذلك لأن العناصر المسيطرة في التربة هي الألمنيوم والسليسيوم، وأن للعنصرين أوزان ذرية متقاربة (26.98 للألمنيوم و 28.09 للسيليسيوم)، ولذلك فإن الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة لأغلب المعادن المكونة للتربة تتراوح بين 2.4 و2.9

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

يستخدم عادة الوزن النوعي Gs بدلاً من الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة، ويساوي الكتلة الحجمية للجزيئات الصلبة مقسومة على الكتلة الحجمية للماء، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

تتغير الكتلة الحجمية للماء ρ_w بشكل طفيف حسب درجة حرارة الماء, ففي الدرجة 4+ مئوية يبلغ الماء كتلته الحجمية العظمى المساوية لـ $1g/cm^3$. بشكل عام في الجيوتكنيك يمكن اعتبار $\rho_w=1g/cm^3$

هناك أيضاً ثلاث كتل حجمية مرجعية : الكتلة الحجمية الجافة ρ_d , الكتلة الحجمية المشبعة ρ_{sat} و الكتلة الحجمية المغمورة ρ_{sub} . يمكن حساب هذه الكتل الحجمية بالعلاقات التالية :

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_t}$$

$$\rho_{sat} = \frac{m_s + m_{w(Sr=1)}}{V_t}$$

$$\rho_{sub} = \rho_{sat} - \rho_w$$

تمثل S_r في العلاقة درجة الاشباع، وقيمتها تساوي 1 في حالة الاشباع.

تستخدم أحياناً عبارة الكثافة وهي تشير إلى الكتلة الحجمية منسوبة إلى الكتلة الحجمية للماء, أي أن الكثافة الطبيعية تساوي $\frac{\rho}{\rho_w}$ والكثافة الجافة $\frac{\rho_d}{\rho_w}$ وهي قيم لابعدية (بدون واحدة).

غالباً ما يستخدم الوزن الحجمي بدلاً عن الكتلة الحجمية أو الكثافة، وهو يساوي وزن واحدة الحجوم للتربة، أي أنه يساوي وزن العينة مقسوماً على حجمها، ويساوي أيضاً الكتلة الحجمية مضروبة بتسارع الجاذبية الأرضية، أي أن:

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

$$\gamma = \rho . g = \frac{P}{V_t} = \frac{m . g}{V_t}$$

حيث،

P تمثل وزن العينة

g تسارع الجاذبية الأرضية $g=9.81\ m/s^2$

تجدر الإشارة إلى أنه في ميكانيك التربة غالباً ما يتم الخلط بين الكتلة الحجمية والوزن الحجمي والكثافة.

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

نوع التربة	ρ_d g/cm^3	ρ_{sat} g/cm^3	ρ_{sub} g/cm^3
رمل و بحص	1.5–2.3	1.9–2.4	1–1.3
سيلت وغضار	0.6–1.8	1.4–2.1	0.4–1.1
حجر مكسر	1.5–2	1.9–2.2	0.9–1.2
تورب	0.1–0.3	1–1.1	0–0.1
غضار وسيلت عضوي	0.5–1.5	1.3–1.8	0.3–0.8

من أجل حساب الأوزان والكتل الحجمية فإنه يمكن مخبرياً قياس الكميات التالية: الكتلة الكلية m_t ،الحجم الكلي V_t ، كتلة الماء m_w وكتلة الجزيئات الصلبة m_s . بعد ذلك يمكن حساب المقادير الأخرى.

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

أبعاد الحبيبات والتدرج الحبي

منحني التدرج الحبي هو منحني يحدد النسب الوزنية لجزيئات التربة الصلبة بأبعاد أصغر من D (نسبة المار من المنخل ذي الفتحة D بدلالة البعد D). من أجل رسم منحني التدرج الحبي نلجأ إلى إجراء يدعى التحليل الحبي, حيث نقوم بهز عينة التربة ضمن سلسلة من المناخل ذات الفتحات المربعة المتناقصة تدريجياً. بمعرفة وزن العينة الكلي فإنه يمكن تحديد نسب الجزيئات المحجوزة على كل منخل عن طريق وزن الجزيئات المحجوزة على كل منخل ثم يتم نسبها إلى وزن العينة الكلي

رقم المنخل	4	10	20	40	60	100	200
فتحة المنخل بالمم	4.75	2	0.85	0.425	0.25	0.15	0.075

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

من الناحية العملية, يستحيل نخل التربة على مناخل ذات فتحات أصغر من 0.075mm لذلك نلجأ إلى التحليل الحبي بالترسيب للترب الناعمة كالسيلت والغضار. يرتكز التحليل الحبي بالترسيب على قانون ستوكس الذي يعبر عن سرعة سقوط جزيء كروي ضمن وسط لزج بدلالة قطر الجزيء. تتعلق هذه السرعة بقطر الحبيبات المنحلة ضمن الماء و بالكتلة الحجمية لجزيئات التربة وبلزوجة السائل، و تعطى بالعلاقة التالية:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_0}{1.8\eta} d^2$$

v سرعة السقوط cm/s
d قطر الجزيء cm
γ_0 الوزن الحجمي للسائل kN/m^3
η اللزوجة الديناميكية Pa/s

من الناحية العملية، من أجل تطبيق قانون ستوكس من المناسب استخدام محلول مبعثر للجزيئات بتركيز منخفض (حوالي 20 غرام لكل ليتر) وباستخدام جزيئات تربة ناعمة تتراوح أقطارها بين 1 ميكرون و75 ميكرون.
بحسب التجربة، قطر الجزيء يساوي قطر جزيء كروي له نفس الكتلة الحجمية ونفس سرعة السقوط.

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

نهتم في ميكانيك التربة ببعض الأقطار D الموافقة لنسبة محددة على منحني التدرج الحبي . على سبيل المثال, D10 تمثل قطر الحبيبات الموافق لنسبة مار 10% وزناً وهذا يعني أن 10% من الجزيئات أقطارها أقل من D10 .

من أجل توصيف التدرج الحبي لتربة ما نستخدم عادة عاملين أساسيين : عامل التجانس Cu وعامل الانحناء Cz، حيث :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

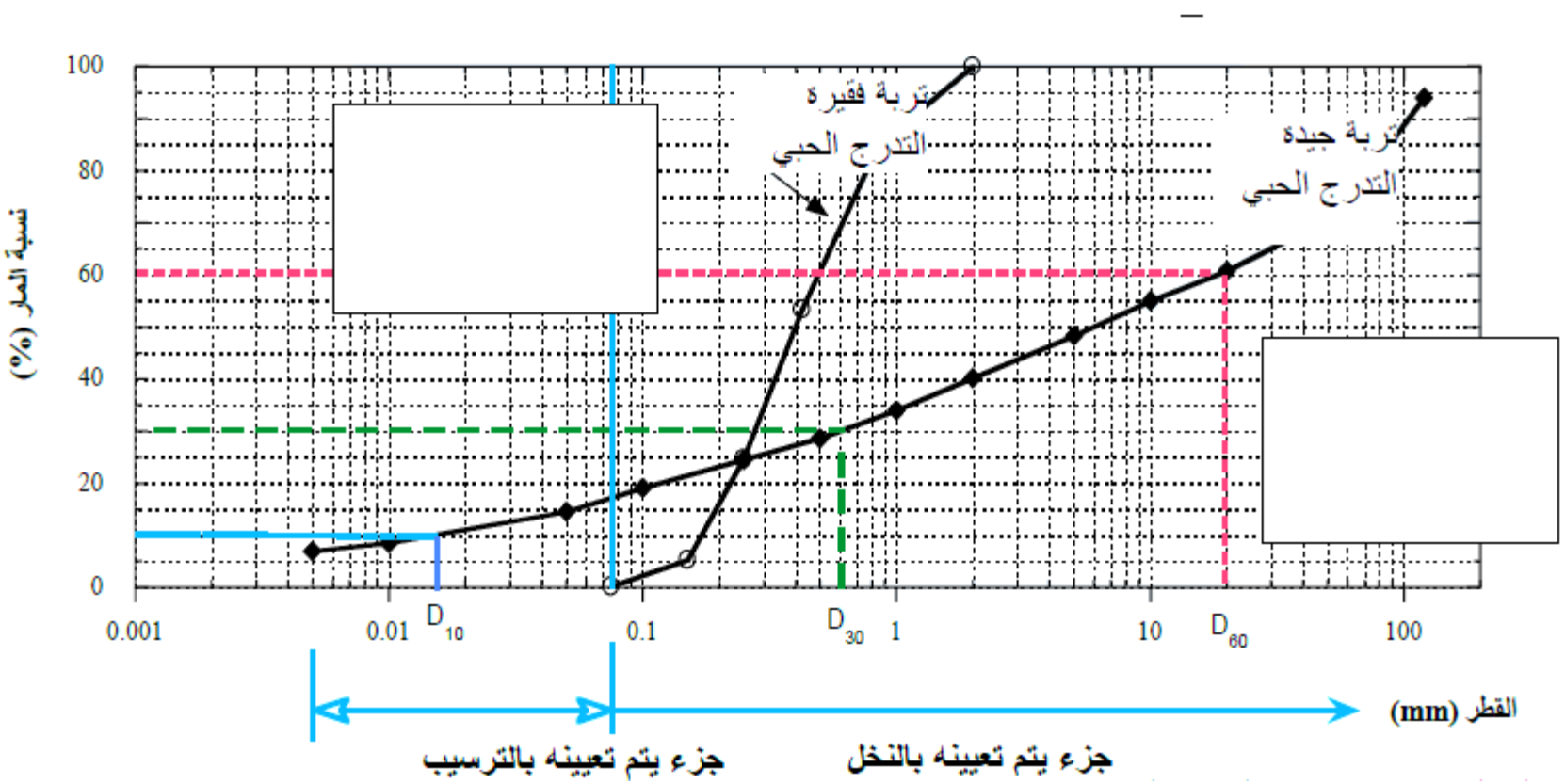
$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

D60 تمثل قطر الحبيبات بالمم الموافق لنسبة مار 60%

D30 تمثل قطر الحبيبات بالمم الموافق لنسبة مار 30%

عندما تكون Cu أكبر من 4 للبحص وأكبر من 6 للرمل وتكون قيمة Cz محصورة بين 1 و 3 فإننا نعتبر أن التربة غير متجانسة (جيدة التدرج)

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب



الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

المسامية، عامل المسامية والكثافة النسبية أو دليل الكثافة والرطوبة ودرجة الاشباع

المسامية n (Porosity)

تعبر المسامية عن حجم المسامات الموجودة في العينة مأخوذة كنسبة من الحجم الكلي للعينة, ويمكن كتابة علاقتها كما يلي :

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

يمتد مجال القيم الممكنة للمسامية بين الصفر والواحد

عامل المسامية e (Void ratio)

يعبر عامل المسامية عن حجم المسامات الموجودة في العينة مأخوذة كنسبة من حجم الجزيئات الصلبة, ويمكن كتابة علاقته كما يلي :

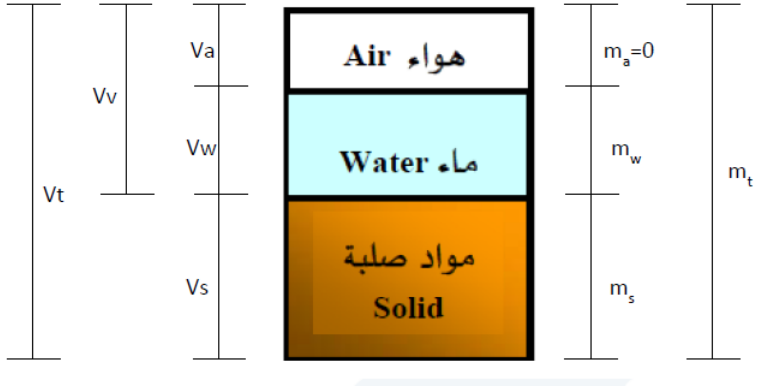
$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

يمتد مجال القيم الممكنة لعامل المسامية بين الصفر واللانهاية, أما القيم النموذجية فهي كالتالي: الرمل بين 0.4 و 1 أما الغضار فبين 0.3 و 1.5 .

$$n = \frac{V_v}{V_t}$$

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



$$n = \frac{e}{1+e}$$

$$e = \frac{n}{1-n}$$

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

الكثافة النسبية أو دليل الكثافة I_D (Density index)

تعرف الكثافة النسبية بالفرق بين معامل المسامية الأعظمي ومعامل المسامية في الحالة الطبيعية للترب المفككة منسوباً إلى الفرق بين معامل المسامية الأعظمي ومعامل المسامية الأصغري، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} = \left[\frac{\rho_d - \rho_{d(min)}}{\rho_{d(max)} - \rho_{d(min)}}\right]\frac{\rho_{d(max)}}{\rho_d}$$

حيث،

e_{max} و $\rho_{d(max)}$ عامل المسامية الأعظمي والكتلة الحجمية الجافة الأعظمية للتربة

e_{min} و $\rho_{d(min)}$ عامل المسامية الأصغري والكتلة الحجمية الجافة الأصغرية للتربة

e و ρ_d عامل المسامية الطبيعي والكتلة الحجمية الجافة الطبيعية للتربة

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

تعبر الكثافة النسبية عن حالة التربة المفككة (مخلخلة جداً أو مخلخلة أومتوسطة التراص أو متراصة أو متراصة جداً)، وبالتالي تعبر عن امكانية هبوط التربة تحت تأثير الحمولات الخارجية فالترب المخلخلة تتعرض لهبوط كبير بينما يكون هبوط الترب المتراصة صغير جداً. يمكن تصنيف الترب حسب كثافتها النسبية كالتالي:

الكثافة النسبية ID	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1
حالة التربة	مخلخلة جداً	مخلخلة	متوسطة التراص	متراصة	متراصة جداً

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

الرطوبة ω (Moisture content)ودرجة الاشباع S_r (Degree of saturation)

w الرطوبة

m_w كتلة الماء

m_s كتلة التربة الجافة

$$\omega(\%) = \frac{m_w}{m_s} * 100$$

تعبر درجة الاشباع عن نسبة حجم الفراغات المملوءة بالماء إلى حجم الفراغات الكلي الموجودة في هذه العينة, مأخوذة كنسبة مئوية, وتكتب علاقتها بالشكل التالي :

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

إذا كانت التربة جافة تماماً فإن Sr=0, أما عندما تكون عينة التربة مشبعة تماماً فإن Sr=100%.

الخصائص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

حالة التربة	درجة الاشباع Sr (%)
جافة	0
منخفضة الرطوبة	1-25
رطبة	25-50
مرتفعة الرطوبة	50-75
مشبعة	100

وفيما يلي العلاقات الأساسية التي تربط بين الخواص الفيزيائية المشتركة لجميع أنواع الترب

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} = (1-n)G_s\ \gamma_w$$

$$\gamma_{sat} = \rho_{sat} \cdot g = \left[(1-n)G_s + n\right]\gamma_w = \gamma_d + n\,\gamma_w$$

$$\gamma_{sub} = \rho_{sub} \cdot g = \gamma_{sat} - \gamma_w = \gamma_d + n\gamma_w - \gamma_w = \gamma_d - \gamma_w(1-n) = (\gamma_s - \gamma_w)(1-n)$$

$$S_r \,.\, e = \omega \,.\, G_s \Rightarrow S_r = \frac{\omega \,.\, G_s}{e}$$

نهاية المحاضرة

آمل أن تكونوا قد حققتم الفائدة

شكرا لحضوركم .....