جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
كود رقم ٢٠٢ - ٢٠٠١
ECP 202 - 2001

الجزء الخامس : ٢٠٢/٥
الأساسات على التربة ذات المشاكل

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

طبعة ٢٠٠٧

قرار وزارى
رقم (١٣٩) لسنة ٢٠٠١
فى شأن الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن تحديد أسس تصميم وشروط استكشاف الموقع وتحديد خواص التربة واختباراتها .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٧ لسنة ١٩٦٩ فى شأن أسس وشروط وتحديد إجهادات التحميل المسموح بها فى حالة الأساسات العادية .
- وعلى قرار السيد رئيس الجمهورية رقم ٤٦ لسنة ١٩٧٧ بشأن مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٤٨ لسنة ١٩٨٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى للأساسات .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٢ لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس التصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٤ لسنة ١٩٩٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ الاساسات وميكانيكا التربة .

- وعلى قرارات وزير الإسكان والمرافق أرقام ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ في شأن أجزاء الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .
- وعلى مذكرة السيد أ.د/ رئيس اللجنة الدائمة للكود والسيدة أ.د. / رئيس مركز بحوث الإسكان والبناء بشأن إصدار القرار الوزارى بنشر الكود .

قـــــرر

مادة (١): يستبدل الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات بأجزائه العشر الصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق أرقام ١٩٤، ١٩٥، ١٩٦، ١٩٧، ١٩٨، ١٩٩، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢، ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ وذلك بالكود المرفق لهذا القرار بأجزائه العشر والمتضمنة تعديل وتطوير وتحديث الأجزاء الصادرة بالقرارات الوزارية المشار إليها .

مادة (٢): تلتزم الجهات المعنية والمذكورة فى القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود .

مادة (٣): تتولى اللجنة الدائمة للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات اقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك . وتعتبر التعديلات بعد إصدارها جزءا لا يتجزأ من الكود .

مادة (٤): يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء المشار إليه العمل على نشر ما جاء بهذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٥): ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذا من تاريخ النشر .

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

٥ الأساسات على التربة ذات المشاكل

٥/١ عموميات

٥/١/١ تعريف التربة ذات المشاكل

هى التربة التى تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لظروف تكوينها أو التغير فى الظروف البيئية المحيطة . وتوجد أنواع كثيرة من هذه التربة ولكن سنقوم بالعرض المفصل لأكثر الأنواع انتشارا بمصر وهى :

٥/١/١/١ التربة القابلة للانتفاخ

تعرف التربة القابلة للانتفاخ على أنها التربة التى تعطى زيادة كبيرة فى الحجم عند امتصاصها للماء كما أنها تعطى نسبة انكماش عالية عند خروج الماء منها . وتتوقف نسبة الإنتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين، خاصة الطين ذو الفاعلية العالية مثل معدن المنتموريلونيت وكذلك انخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .

ومن خصائص هذه التربة أنها صلبة ولها قيمة عالية لمقاومة القص وذلك فى حالتها الجافة الابتدائية – وتفقد هذه الخصائص بوضوح كلما زادت نسبة الرطوبة تدريجياً .

٥/١/١/٢ التربة القابلة للانهيار

تعرف التربة القابلة للانهيار على أنها التربة التى من الممكن أن تتحمل إجهاد قيمته عالية نسبيا مع قيمة هبوط منخفضة . أما فى حالة تعرض تلك التربة لكمية رطوبة مرتفعة فأنها سرعان ما تعطى قيمة هبوط مرتفعة مصحوبة بانهيار فى تكوين التربة الداخلى .

ومعظم أنواع تلك التربة تتكون من رمل وطمى مع نسبة صغيرة من الطين كمادة لاحمة أو مواد لاحمة أخرى .

ومن خصائص هذه التربة أن لها كثافة جافة منخفضة نسبيا ونسبة الرطوبة الطبيعية بها أيضا منخفضة .

٣/١/١/٥ التربة الطينية اللينة

تعرف على أنها التربة الطينية المشبعة التى لها قيم منخفضة لمقاومة القص ومعامل القوام كما أن لها قيم عالية للانضغاط والانضغاط الثانوي وسلوك الزحف .

٢/١/٥ أنواع التربة ذات المشاكل

تتواجد التربة ذات المشاكل بمصر ضمن الترسيبات الصحراوية الجافة أو ضمن الترسيبات الساحلية المشبعة وسنعرض فيما يلى أكثر أنواع التربة ذات المشاكل المتواجدة بمصر .

١/٢/١/٥ أنواع التربة القابلة للانتفاخ

تتضمن أنواع التربة القابلة للانتفاخ تكوينات متماسكة نتيجة لتلاحم ظاهرى أو إنضغاط بسيط بين الحبيبات أو تحول وضعف التلاحم أو التبلور بين جبيبات الأحجار نتيجة تعرضها المستمر لعوامل التعرية الكيميائية فى الأزمنة الجيولوجية المختلفة .

وتتميز تلك التكوينات بارتفاع قيمة الكثافة الجافة نسبياً وإحتوائها معادن الطين النشطة مثل المونتموريلونيت ومن أمثلتها :

١/٢/١/٥ (أ) الشيل

الشيل(Shale) هو حجر طينى طمىى صفحى تتكون معظم حبيباته من الطين والطمى على هيئة طبقات رقيقة متتالية ومتوازية والأنواع القوية منه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Shale-like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Shale-like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطفلة الطينية الطميية التطابقية وذلك لإعطائها صفة الطين الصحراوى المتماسك .

١/٢/١/٥ (ب) الحجر الوحلى

الحجر الوحلى(Mudstone) هو حجر طينى طمىى كتلى تتكون معظم حبيباته من الطين والطمى على هيئة كتلية وليست تطابقية والأنواع القوية منه والتى لا تتأثر سلوكها الهندسى

بالمياه يطلق عليها (Mudstone–like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Mudstone–like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطفلة الطينية الطمية الكتلية.

٥/١/٢/١(ج) الحجر الطينى

تتكون معظم حبيبات الحجر الطينى (Claystone) من الطين فقط على هيئة تطابقية أو كتلية والأنواع القوية منه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Claystone–like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Claystone–like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطفلة الطينية .

٥/١/٢/١(د) المارل

المارل (Marl) هو حجر طينى طمى جيرى تتكون معظم حبيباته من الطين والطمى والجير على هيئة تطابقية أو كتلية والأنواع القوية منه والتى لا تتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Marl-like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Marl-like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطفلة الجيرية .

٥/١/٢/٢ أنواع التربة القابلة للانهيار

تتضمن التكوينات ضعيفة التماسك والناتج عن تماسك ظاهرى أو إنضغاط بسيط بين الحبيبات أو تحول وضعف التلاحم أو التبلور بين حبيبات الأحجار نتيجة تعرضها المستمر لعوامل التعرية الكيميائية فى الأزمنة الجيولوجية المختلفة .

وتتميز تلك التكوينات بإنخفاض قيمة الكثافة الجافة نسبياً وإنخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .

وتحافظ تلك التكوينات على تماسكها الظاهرى فى حالتها الجافة وعند تعرضها للمياه يتأثر سلوكها الهندسى تأثراً شديداً وسرعان ما تتحول من تربة متماسكة قبل الغمر إلى تربة قابلة للانهيار بعد الغمر ومن أمثلتها :

٢/٢/١/٥ (أ) الرمل المتلاصق

تتكون معظم حبيبات الرمل المتلاصق (Cemented Sand) من الرمل النظيف والأنواع القوية منه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Cemented Sand-like Rock) وفى حالة تأثرها يطلق عليها (Cemented Sand -like Soil) .

٢/٢/١/٥ (ب) الرمل الطينى المتلاصق

تتكون معظم حبيبات الرمل الطينى المتلاصق(Cemented Arg. Sand) من الرمل الطينى و الأنواع القوية منه والتى لايتأثر سلوكها الهندسى بالمياه(Cemented Arg.Sand-like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Cemented Arg. Sand-like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالرمل الطفلى .

٢/٢/١/٥ (ج) الرمل الجيرى المتلاصق

تتكون معظم حبيبات الرمل الجيرى المتلاصق (Cemented Calc.–Sand) من الرمل الجيرى والأنواع القوية منه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Cemented Calc. Sand–like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Cemented Calc. Sand–like Soil).

٢/٢/١/٥ (د) الطمى المتلاصق

تتكون معظم حبيبات الطمى المتلاصق (Cemented Silt) من الطمى والأنواع القوية ومنه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها (Cemented Silt-like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليها (Cemented Silt-like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطمى الطفلى .

٢/٢/١/٥ (هـ) الطمى الطينى المتلاصق

تتكون معظم حبيبات الطمى الطينى المتلاصق (Cemented Arg. Silt) من الطمى الطينى والأنواع القوية منه والتى لا يتأثر سلوكها الهندسى بالمياه يطلق عليها

(Cemented Arg. Silt-like Rock) وفى حالة تأثرها بالمياه يطلق عليه (Cemented Arg. Silt -like Soil) وفى تلك الحالة يتم تسميتها بالطمى الطينى الطفلى .

٢/٢/١/٥ (و) تربة اللوس

وتعتبر تربة اللوس (Locss) من أهم أنواع التربة المترسبة بالهواء والتى تنتشر فى معظم أنحاء العالم وهى عبارة عن ترسيبات كتلية من تراب مهب الريح يصل سمكها فى بعض الأحيان إلى مئات الأمتار ولا يوجد بها أى نوع من التركيب الطبقى . وتتكون معظم حبيباتها من الطمى من معادن الكوارتز والفلسبار والكالسيت والميكا مع وجود معادن أخرى كمواد لاصقة بين الحبيبات والتى بسببها يظهر هذا التكوين فى الحالة الجافة صلب نسبياً ولكن عند تعرضه للبلل سرعان ما ينهار هذا التكوين ومن أهم المواد اللاحمة كربونات الكالسيوم والطين . ويطلق على هذا النوع طمى طفلى.

٣/٢/١/٥ أنواع التربة الطينية اللينة

هى التربة الطينية المشبعة المتواجدة غالباً فى نهاية مصب نهر النيل وأفرعه عند إلتقائها بالبحر وتنتشر بمناطق بورسعيد ودمياط ورشيد والمنزلة وكفر الشيخ،ويتم تقسيمها إلى الأنواع التالية :

٣/٢/١/٥ (أ) الطين عادى التضاغط

يمتلك الطين عادى التضاغط (Normally Consolidated Clay) قوام لين إلى متوسط . وقد تضاغط عند نشأته بتأثير وزن عمود التربة الحالى فوقه ، ومقاومة هذا النوع ضعيفة جداً وذو هبوط كبير عند تعرضه للأحمال .

٣/٢/١/٥ (ب) التربة العضوية الليفية

تحتوى التربة العضوية الليفية (Fibrous Organic Soils) على كمية كبيرة من المواد العضوية على هيئة ألياف وعادة ما يكون تكوينها ضعيف وينتج عنه هبوط كبير جداً تحت تأثير زيادة الأحمال الواقعة عليه . وأكثر انتشاره فى البيئات البحرية والمستنقعات .

٥/١/٢/٣ (ج) البيت

البيت (Peat) أوالخث عبارة عن تكوين أسفنجى من بقايا نباتية غير مكتملة التفحم تتواجد فى المستنقعات والأماكن الرطبة بلون بنى قاتم يميل إلى السواد .

٥/١/٢/٣ (د) المك

المك (Muck) هو تربة طينية عضوية لينة معظم تكوينها من المواد العضوية المتحللة .

٥/١/٢/٣ (هـ) الطين القابل للتسيل

الطين القابل للتسيل (Quick Clay) هو الذى تتغير خصائصه نتيجة القلقلة لتصبح رطوبته الطبيعية مساوية أو أكبر من حد السيولة وفى بعض الأحيان يتحول إلى سائل .

٥/١/٢/٤ أنواع أخرى من التربة والصخور ذات المشاكل

٥/١/٢/٤ (أ) الردم

الردم (Fill) هو خليط من الأنواع المختلفة من التربة والأحجار والمخلفات وتكونت بفعل الإنسان ويجب التفريق بينها وبين التربة السطحية التى تعلو الطبقات الطبيعية بعد تعرضها لعوامل التعرية .

٥/١/٢/٤ (ب) التربة الكيميائية القابلة للإنتفاخ

أصل التربة الكيميائية القابلة للإنتفاخ (Chemical Swelling Soils) هو صخر الإنهيدريت الذى يتكون من حبيبات الجبس اللامائية وعند تعرض صخر الإنهيدريت إلى المياه يتحول إلى الجبس المائى مصاحباً بزيادة كبيرة فى الحجم قد تصل إلى حوالى ٦٠% .

٤/٢/١/٥ (ج) الطين النهرى المكتسب حالة الإنتفاخ

الطين النهرى المكتسب حالة الإنتفاخ (Alluvial Swelling Soils) هو تكوين من ترسيبات نهرية يحتوى على نسبة عالية من معادن الطين النشطة والذى كان موجوداً فى حالة تشبع دائم ولكن عند إنحفاض منسوب المياه الأرضية وتعرضه للجفاف أصبح له قابلية للإنتفاخ.

٤/٢/١/٥ (د) الطين المكتسب حالة الليونة

الطين المكتسب حالة الليونة (Softened Overconsolidated Clay) هو الطين الجاف الذى إذا أزيل عنه عمود التربة ثم تعرض للتشبع بالمياه قلت مقاومته بصورة كبيرة .

٤/٢/١/٥ (هـ) الصخور المتأثرة بعوامل التعرية

الصخور المتأثرة بعوامل التعرية (Weathered Rocks) هى نواتج تحلل وتفكك الصخور بعوامل التعرية المختلفة وبقيت بمكانها وتحولت إلى تربة متبقية فوق الصخر الأصلي حيث يختلف تكوينها إختلافاً كبيراً بينها وبين الصخر الأصلى ومنها الأمثلة الآتية :-

١ - الأحجار الجيرية الفجوية والمكهوفة المنتشرة بالتكوينات السطحية بمدن المنيا الجديدة وبنى سويف الجديدة .

٢ - الأحجار الجيرية الرملية الفجوية المنتشرة بالتكوينات السطحية بمناطق السلاسل الرفيعة بالساحل الشمالى .

٣ - أحجار الشعب المرجانية الجيرية ذات الفجوات والكهوف والمنتشرة بالتكوينات السطحية بمدن شرم الشيخ والغردقة .

٤ - صخور البازلت المتحول إلى تربة طفلية قابلة للإنتفاخ والمنتشرة فوق عرق البازلت الظاهر بالقرب من القاهرة ناحية الشرق عند نهاية مدينة نصر ، وتقاطعها مع طريق القاهرة السويس – الصحراوى وتمتد إلى بعض مناطق المنطقة السادسة وبعض مناطق المنطقة الأولى بالمدينة وكذلك من ناحية غرب القاهرة عند بعض الأماكن بمدينة ٦ أكتوبر.

٤/٢/١/٥ (و) الجلمود

الجلمود (Boulders) هى قطع صخرية كبيرة يزيد قطرها عن ٢٥٠ مم تترسب بالأودية العريضة من مجرى السيول والآتية من تحت صخور الجبال المختلفة .

٤/٢/١/٥ (ز) الرمل القابل للتسيل

الرمل القابل للتسيل (Liquified Sand) ناعم الحبيبات ذو تكوين سائب ويوجد تحت منسوب المياه الأرضية إذا تعرض للقلقلة او الإهتزازات سرعان ما تتحول خواصه إلى خواص المواد السائلة ويفقد مقاومته .

٤/٢/١/٥ (ح) الكثبان الرملية

الكثبان الرملية (Sand Dunes) هى ترسيبات رملية هوائية ذات تركيب وحبيبات ناعمة .

٤/٢/١/٥ (ط) التربة السبخية

التربة السبخية (Sabkha Soils) هى تربة عالية الملوحة حديثة التكوين نسبياً وتنتشر بالمناطق الضحلة المجاورة للبحار والبحيرات وتغطى جزء كبير من المناطق الساحلية . ويتم تقسيمها إلى قسمين أساسيين :

١ - تربة سبخية رملية متماسكة بواسطة الأملاح .

٢ - تربة سبخية طينية أو طمية تحتوى على بعض من الرمل الجيرى تم تكوينها بالبحيرات الضحلة والمناطق المنخفضة والتى كانت مغمورة بمياه البحر وبعد إنحسار البحر عنها أصبحت جافة . وتتميز التربة السبخية بصفة عامة بما يلى :-

- إنخفاض قوة تحملها إذا كانت مشبعة .
- قابليتها العالية للإنضغاط .
- قابليتها للإنهيار بالجزء السطحى الجاف منها وذلك عند تعرضها للبلل حيث تفقد حبيباتها ترابطها بالأملاح .

٥/١/٣ جيولوجية وظروف الترسيب للتربة ذات المشاكل

٥/١/٣/١ مقدمة

تعتمد جيولوجية أى نوع من التربة على ظروف البيئة الترسيبية له عند وقت الترسيب وكذلك بعد الترسيب ولذلك فمن المهم معرفة الظروف الترسيبية للتربة ذات المشاكل من الوجهة العامة قبل التعرف على جيولوجية تلك التربة. حيث تتوقف الخواص الجيوتكنيكية للتربة ذات المشاكل أساسا على بعض العمليات الكيميائية والفيزيائية التى حدثت أثناء الترسيب وبعد الترسيب ومنها على سبيل المثال :-

- الغسل Leaching
- التجفيف Dessication
- التجوية الكيميائية Chemical Weathering
- الإلتحام – الإلتصاق Cementation

وهى عمليات مرتبطة ومتداخلة بعضها ببعض .

٥/١/٣/٢ ظروف البيئة الترسيبية للتربة ذات المشاكل

٥/١/٣/٢ (أ) البيئة الصحراوية

يعتبر العامل الميكانيكى للتعرية هو العامل الأساسى فى البيئة الصحراوية (Desert Environment) والذى يشمل تشقق وتكسير الصخور ويساعد فى ذلك احتكاك ورمال وتراب فى مهب الرياح .

وعند تواجد بعض المياه الناتجة عن الأمطار الموسمية تتخلل الفواصل والشقوق الناتجة عن التعرية الميكانيكية ، تتحول المياه إلى محاليل كيميائية تساعد فى تآكل الصخور .

وفى هذه البيئة تتعرض المحاليل الكيميائية للتبخر الشديد وتنتشر الأملاح والاكاسيد التى كانت ذائبة أو معلقة فى تلك المحاليل وتترسب بالقرب من السطح أو على السطح مما يجعل ترسيبات هذه البيئة تكتسب العديد من الالوان . والوسط الترسيبى لهذه البيئة أما أن يكون وسط مائى أو وسط هوائى.

ومن مواصفات ترسيبات الوسط الهوائى :

١ - التطابق الافقى المتقاطع واتساع التموجات (Ripples) إن وجدت .

٢ - جودة التدرج للحبيبات الناعمة .

٣ - حجم الحبيبات يتراوح من ٠,٠٦ مم (طمى) إلى ١,٠٠ مم .

٤ - تتميز الحبيبات الخشنة من الرمل بالشكل المستدير .

٥ - يندر وجود حبيبات الطين والميكا .

وهذه الظروف من الناحية الجيولوجية مناسبة جداً لتكوين التربة الانهيارية .

ومن مواصفات ترسيبات الوسط المائى :

١ - التطابق غير متقاطع ويتميز بشكل التيارات المائية المستمرة .

٢ - تتميز بوجود طبقات الطين .

٣ - معظم أنواع الرمال تكون محملة بالطين (أو مغلفة به) أو بالحصى ويكون غير جيد التدرج .

٤ - عادة ما تتماسك الترسيبات بمعدن الكالسيت .

٥ - من الممكن بعد ترسيب تلك الترسيبات المائية فى البيئة الصحراوية ان يتعرض بعد ذلك لظروف الترسيبات الهوائية .

٦ - تتميز هذه البيئة بوجود غروق من الرمال وسط ترسيبات الطين .

٧ - تتسيز بوجود تشققات الحجر الطينى الممتلئ بالرمال .

وهذه الظروف مناسبة من الناحية الجيولوجية لتكوين التربة الإنتفاخية .

٢/٣/١/٥ (ب) البيئة النهرية

يعتبر النهر أحد العوامل الرئيسية فى نقل نواتج عمليات التعرية إلى أحواض الترسيب سواء فى البحار أو المحيطات أو البحيرات أو السهول لتتكون بعد ذلك ترسيبات سميكة ومتضاغطة .

وليس من الضروري ترسيب كل المواد المنقولة فى الأحواض الترسيبية السابقة ولكن يترسب جزء منها على ضفاف الأنهار أو فى قاع الأنهار تحت ظروف البيئة النهرية (Fluvial Environment) .

ومن الوجهة العامة يمكن تقسيم رواسب البيئة النهرية إلى ثلاثة أقسام رئيسية :-

١ - رواسب قاع النهر Channel Deposits

٢ - رواسب ضفاف النهر Bank Depoists

٣ - رواسب الفيضانات Flood Basin Deposits

وتتميز ترسيبات قاع النهر بالحبيبات الخشنة والزلط أما ترسيبات الفيضانات وضفاف النهر فتتميز بحبيبات الطمى والطين .

وبالنسبة للبيئة النهرية فى الأماكن الرطبة تتميز ترسيباتها بوجود المواد العضوية على السطح وهذه الظروف مناسبة لتكوين التربة الطينية اللينة .

أما بالنسبة للأماكن الجافة فالمواد العضوية تعتبر منعدمة تقريبا مع زيادة فرصة تواجد أملاح الكالسيوم والصوديوم والاكاسيد المختلفة وهذه الظروف مناسبة لتكوين التربة الإنتفاخية .

بالنسبة لترسيبات الطمى المروحية يمكن تواجدها أسفل المنحدرات ومع وجود حدود الصحراء وشواطئ البحار مما يجعلها مختلطة فى معظم الأحيان مع الكثبان الرملية ورواسب المنحدرات .

وتتميز ترسيبات البيئة النهرية على وجه العموم بالترتيب المتبادل من وحدات الرمل والطمى والطين أو الاختلاط بينهم .

٢/٣/١/٥ (ج) البيئة الدلتاوية

تعرف الدلتا على أنها جسم ترسيبي كبير ترسب فى قاع البحر أو المحيط عند التقاء النهر بالبحر أو المحيط والشكل المميز لها هو الشكل المخروطى والعوامل التى تتحكم فى تكوين شكل الدلتا هى :

١ - شكل شاطئ البحر الملتقى مع النهر .

٢ – اتجاهات وكثافة الأمواج الصادرة من البحر .

٣ – عملية المد والجزر .

وفى معظم الأحيان يعلو البحر الدلتا عند توقف الترسيب فى منطقة معينة وذلك أثناء حيود النهر عن مجراه إلى اتجاه آخر جانبى لتكوين دلتا أخرى مجاورة وقد وجد أن معظم دلتا العالم عبارة عن مجموعة دلتات صغيرة متداخلة ومتراكبة فوق بعض بها ترسيبات نهرية ويعلوها ترسيبات بحرية ثم ترسيبات نهرية وهكذا .

ونظرا لأن ترسيبات البيئة الدلتاوية هى من نواتج إلتقاء البيئة النهرية مع البيئة البحرية فإنه من الممكن تواجد طبقات من الطين اللين وجيوب الرمل السائب بين ترسيباتها.

٢/٣/١/٥ (د) بيئة البحيرات

البحيرات عبارة عن أجسام مائية ضخمة ثابتة ومياهها فى معظم الأحيان عبارة عن مياه غير مالحة ومع ذلك يوجد بحيرات كثيرة فى العالم ذات مياه مالحة وتتكون ترسيباتها من الحبيبات الناعمة المتدرجة المختلطة فى معظم الأحيان بالترسيبات العضوية أو بالترسيبات الكيميائية .

وظروف بيئة البحيرات (Lake Environment) هى أنسب الظروف لتكوين التربة الطينية اللينة.

٢/٣/١/٥ (هـ) البيئة الشاطئية

تتكون ترسيبات البيئة الشاطئية (Coast Environment) فى معظم الأحيان من الرمال وفى بعض الأحيان تكون ترسيبات زلطية وذلك اذا كان الصخر الأصلى قريبا من الشاطئ .

وهذه الترسيبات تكون فى حالة سائبة وبذلك تكون ظروفها أنسب الظروف لتكوين تربة الحبيبات السائبة . من الممكن تواجدها متداخلة مع ترسيبات الدلتا وترسيبات المياه الضحلة .

٢/٣/١/٥ (و) بيئة المياه الضحلة

وتعرف هذه البيئة على أنها البيئة الترسيبية التى تبعد عن الشاطئ بمقدار ما يقرب من ٢٠٠ متر وهى تجئ بعد البيئة الشاطئية والبيئة الانتقالية وبعمق يتراوح ما بين ١٠ إلى ٢٠ متر .

وترسيبات بيئة المياه الضحلة (Shelf Environment) عبارة عن الطين الوحلى والطمى المتبقى من ترسيبات الأنهار المنقولة بعد ترسيب الرمال فى البيئة الشاطئية والانتقالية والبيئة الانتقالية هى البيئة التى تتدرج ترسيباتها من ترسيبات الشاطئ الرملية إلى ترسيبات الطين الوحلى والطمى لبيئة المياه الضحلة وتعتبر بيئة المياه الضحلة من أنسب الظروف الجيولوجية لتكوين التربة الإنتفاخية .

٢/٣/١/٥ (ز) بيئة المستنقعات الشاطئية

المستنقعات الشاطئية (Coastal Lagoon) هى جسم مائى موازى للشاطئ ومتصلة بالبحر بمدخل ضيق ويفصلها عن البحر حواجز أو جزر من الرمال وترسيباتها عبارة عن طبقات من الرمال ذات التطابق الأفقي أو المتقاطع يتخللها فى معظم الأحيان عدسات من الطين والطمى ومن الممكن أن يكون رمال تلك الترسيبات نابعة من الرمل الهوائى أو من الرمل المائى المنقول عبر الأنهار وذلك فى حالة اتصال النهر بالبحيرة وظروف هذه البيئة تعتبر مناسبة لتكوين عدسات من التربة الطينية اللينة .

٢/٣/١/٥ (ح) بيئة المصبات الخليجية

يعرف المصب الخليجى (Estuarine) على أنه فتحة النهر بالبحر وعادة ما تأخذ شكل القمع ومياه هذه البيئة هى خليط من مياه البحر والنهر وترسيبات هذه البيئة عبارة عن ترسيبات متدرجة من الترسيبات النهرية إلى الترسيبات البحرية ولكن اذا زادت كمية الترسيبات النهرية زيادة كبيرة مع انخفاض فى منسوب البحر فسرعان ما تتكون الدلتا فى هذا المصب .

والفرق بين الترسيبات النهرية وترسيبات المصبات الخليجية هو أن الأخير عبارة عن ترسيبات الحبيبات الناعمة مع احتوائها فى معظم الأحيان على القواقع أو آثار منها . بالإضافة إلى أن ترسيبات المصب الخليجى تكون ذات سمك كبير وذات تطابق فى اتجاهات مختلفة حسب ظروف المد والجزر ومن الممكن تواجد جيوب رملية فى تلك الترسيبات وتعتبر هذه الظروف من أنسب الظروف الجيولوجية لتكوين التربة الإنتفاخية وعند تواجد الترسيبات العضوية الناتجة من المستنقعات والبرك مع ترسيبات الرمل والطين تعتبر هذه الظروف مناسبة لتكوين التربة الطينية اللينة .

٣/٣/١/٥ جيولوجية التربة ذات المشاكل

٣/٣/١/٥ (أ) جيولوجية التربة القابلة للانتفاخ

يرجع أصل البيئة الترسيبية لتكوين التربة القابلة للإنتفاخ إلى أى من البيئات الآتية :

١ - البيئة الصحراوية .

٢ - البيئة النهرية .

٣ - بيئة المياه الضحلة .

٤ - بيئة المصب الخليجى

وتعتبر هذه البيئات غنية بالأيونات المختلفة التى تساعد فى تكوين التربة القابلة للإنتفاخ حيث أن العامل الاساسى الذى يؤثر فى خواص التربة القابلة للإنتفاخ هو التركيب المعدنى لمحتوى الطين. فإذا وجد فى التركيب المعدني معدن المونتموريلونيت المحتوى على أحد الأيونات الشرهة للمياه (مثل أيونات الصوديوم) بين طبقات تركيبة المعدنى فإنه يصبح ذو قابلية عالية لامتصاص المياه ، وتباعد تلك الطبقات عن بعضها يؤدى إلى انتفاخ التربة . ومن الوجهة العامة فإن التربة القابلة للإنتفاخ تتواجد فى المناطق الصحراوية التى يلعب التغيير فى نسبة الرطوبة بها دوراً أساسيا فى خواصها الإنتفاخية .

٣/٣/١/٥ (ب) جيولوجية التربة القابلة للانهيار

يرجع أصل تكوين التربة القابلة للانهيار لأحد من البيئات الترسيبية الآتية :-

١ - البيئة الصحراوية

٢ - البيئة النهرية .

٣ - البيئة الشاطئية .

وفى بعض الأحيان تتحول التربة المتبقية إلى تربة قابلة للإنهيار بواسطة عوامل التعرية الكيميائية حيث يتحول معدن الفلسبار إلى واحد أو أكثر من معادن الطين والتى تتجمع مع المواد الناعمة فى التكوين الحبيبى للتربة حتى إذا تخلل التربة مياه الأمطار أو أى من مصادر المياه

حمل تلك المواد الناعمة وترك التركيب الجبيبى شبه مفرغا من الداخل ، حيث يظهر فى الحالة الجافة بأنه مستقر ولكن عند تشبعه بالمياه سرعان ما يتحول هذا التركيب إلى تركيب قابل للإنهيار .

ومن الوجهة العامة فإن القابلة للإنهيار تتواجد فى المناطق الصحراوية التى يلعب التغيير فى نسبة الرطوبة بها دوراً أساسيا فى خواصها الإنهيارية .

ومن الممكن تواجد هذا التركيب أيضا أسفل الجبال فى المناطق شبه الجافة ويتكون من الرمل الناعم مع وجود نسبة من الطمى والطين أو كربونات الكالسيوم كمواد لاحمة .

٣/٣/١/٥ (ج) جيولوجية التربة الطينية اللينة

يرجع أصل تكوين التربة الطينية اللينة إلى أحد البيئات الترسيبية الآتية :-

١ - البيئة النهرية

٢ - البيئة الدلتاوية .

٣ - بيئة المياه الضحلة .

٤ - بيئة البحيرات .

٥ - بيئة المستنقعات الشاطئية .

٤/١/٥ التوزيع الطبوغرافى للتربة ذات المشاكل بمصر

١/٤/١/٥ توزيع الترسيبات السطحية بمصر

تنحصر ظواهر السطح الطبوغرافية (Geomorphology) للترسيبات السطحية فى مصر فى ثلاث أقسام رئيسية هى (الصحراء – وادى النيل – الدلتا) .

١/٤/١/٥ (أ) الصحراء

وهى تشغل الجزء الأكبر من مساحة مصر حيث تحد الصحراء الغربية وادى النيل والدلتا من جهة الغرب وتحدهما الصحراء الشرقية من جهة الشرق . أما صحراء سيناء فهى امتداد

حمل تلك المواد الناعمة وترك التركيب الجبيبى شبه مفرغا من الداخل ، حيث يظهر فى الحالة الجافة بأنه مستقر ولكن عند تشبعه بالمياه سرعان ما يتحول هذا التركيب إلى تركيب قابل للإنهيار .

ومن الوجهة العامة فإن القابلة للإنهيار تتواجد فى المناطق الصحراوية التى يلعب التغيير فى نسبة الرطوبة بها دوراً أساسيا فى خواصها الإنهيارية .

ومن الممكن تواجد هذا التركيب أيضا أسفل الجبال فى المناطق شبه الجافة ويتكون من الرمل الناعم مع وجود نسبة من الطمى والطين أو كربونات الكالسيوم كمواد لاحمة .

٣/٣/١/٥ (ج) جيولوجية التربة الطينية اللينة

يرجع أصل تكوين التربة الطينية اللينة إلى أحد البيئات الترسيبية الآتية :-

١ - البيئة النهرية

٢ - البيئة الدلتاوية .

٣ - بيئة المياه الضحلة .

٤ - بيئة البحيرات .

٥ - بيئة المستنقعات الشاطئية .

٤/١/٥ التوزيع الطبوغرافى للتربة ذات المشاكل بمصر

١/٤/١/٥ توزيع الترسيبات السطحية بمصر

تنحصر ظواهر السطح الطبوغرافية (Geomorphology) للترسيبات السطحية فى مصر فى ثلاث أقسام رئيسية هى (الصحراء – وادى النيل – الدلتا) .

١/٤/١/٥ (أ) الصحراء

وهى تشغل الجزء الأكبر من مساحة مصر حيث تحد الصحراء الغربية وادى النيل والدلتا من جهة الغرب وتحدهما الصحراء الشرقية من جهة الشرق . أما صحراء سيناء فهى امتداد

للصحراء الشرقية ولكنها مفصولة عنها بخليج وقناة السويس ويتكون معظمها من صخور الحجر الجيرى والحجر الرملى ويتخللها فى بعض الأحيان التربة ذات المشاكل .

ومن أهم الظواهر الطبوغرافية التى تغلب على الصحراء الغربية هو انتشار عدد من الواحات تربتها من تكوينات الحجر الرملى والجيرى . وبالنسبة للصحراء الشرقية وصحراء سيناء فأهم ما يميزها وجود سلاسل الجبال والمرتفعات التى تتخللها كثير من الأودية والأخاديد .

وتنتشر الكثبان الرملية فى كثير من الصحارى المصرية حيث يوجد بحر الرمال فى الصحراء الغربية ويمتد بطول ٥٠٠ كم بالقرب من واحة سيوة فى اتجاه الجنوب حتى واحة الفرافرة والداخلة ، كما تنتشر الكثبان الرملية بصورة متقطعة ما بين وادى النيل والواحات .

وتوجد كميات كبيرة من الكثبان الرملية فى شمال سيناء ممتدة من العريش إلى قناة السويس . أما بالنسبة للصحراء الشرقية فالكثبان الرملية أقل انتشاراً .

وتنتشر كثبان الشاطئ على امتداد شواطئ البحر المتوسط وهى تجمع حبيبات الكوارتز مع الماجنتيت الناتجة من ترسيبات الدلتا وذلك مع شواطئ الدلتا ، أو تجمع حبيبات الرمل الجيرية وذلك على الشاطئ الغربى للبحر المتوسط .

وتمتلىء الأجزاء المنخفضة والمستوية من الأودية التى تتخلل الصحراء المصرية بترسيبات الرمال و الزلط يتخللها فى بعض الحيان تربة ذات مشاكل. أما ترسيبات الركام (الكتل الصخرية السائبة) فتتواجد دائما بالقرب من رأس تلك الأودية.

١/٤/١/٥ (ب) ترسيبات وادى النيل والدلتا

يبلغ السمك المتوسط للترسيبات الحديثة لنهر النيل فى السهل الفيضى بوادى النيل والدلتا حوالى ٩ متر نتجت عن ترسيبات مياه الفيضانات فى العصور المختلفة .

والقيمة المتوسطة لعرض تلك الترسيبات فى وادى النيل هو حوالى ١٠ كم من أسوان إلى القاهرة. بينما تشغل ترسيبات الدلتا حوالى ٢٢٠٠٠ كم^{٢} وبداية تلك الترسيبات هو العصر النوليتيك التابعة للعصر الحديث أى من حوالى ٨٠٠٠ سنة قبل الميلاد .

وهذه الترسيبات تتواجد على شكل مستوى تقريبا يحدها من الجهة الغربية من نهر النيل ترسيبات أفرع الأنهار القديمة التى تتواجد على مستويات مختلفة كل حسب العصر التابع له .

٢/٤/١/٥ إحتمالات تواجد التربة ذات المشاكل بمصر

٢/٤/١/٥ (أ) التربة القابلة للانتفاخ

تتواجد تكوينات التربة القابلة للانتفاخ على الأرجح فى معظم المناطق الصحراوية على شكل ترسيبات إما سمكية أو على مستويات مختلفة من طبقات الرمل وتتميز هذه التكوينات بأنها صلبة وذات كثافة جافة عالية وبأن المحتوى الطينى بها كبير نسبياً .

ولقد ظهرت أنواع من هذه التربة ببعض المناطق منها على سبيل المثال وليس الحصر :

مدينة نصر ، طريق القاهرة – السويس ، الفيوم ، كوم أمبو ، أسوان ، الوادى الجديد ، ومدينة السادات ، مدينة العاشر من رمضان ، مدينة العبور ، مدينة الشروق ، مدينة ٦ أكتوبر .

٢/٤/١/٥ (ب) التربة القابلة للانهيار

تتواجد تكوينات التربة القابلة للانهيار على الأرجح فى بعض المناطق الصحراوية على شكل ترسيبات أحيانا هوائية وفى بعض الأحيان نهرية أو بحرية . وتتميز هذه التكوينات بأنها غير متضاغطة وذات كثافة منخفضة نسبيا فى معظم الحالات ونسبة الرطوبة الطبيعية لها منخفضة والمحتوى الطينى بها ضعيف أو غير متواجد . ولقد ظهرت أنواع من هذه التربة على سبيل المثال فى بعض المناطق بالساحل الشمالى الغربى ، مدينة ٦ أكتوبر ، مدينة العبور ، مدينة الصف الجديدة ، مدينة العاشرمن رمضان ، مدينة الشروق ، مدينة برج العرب ، مدينة الحمام .

٢/٤/١/٥ (ج) التربة الطينية اللينة

تتواجد ترسيبات عميقة من التربة الطينية اللينة عادة عند مصبات النيل بالدلتا وعلى الشاطئ الشمالى فى بعض المناطق بالقرب من بورسعيد ، المنزلة ، دمياط ، الإسكندرية ، وكفر الشيخ .

المراجع:

1- Aboushook, M.(1994). "Engineering Geological Classification of Weakly Argillaceous Rocks in Some Egyptian Deserts". Proc. of 7th Congress of the Int. Ass. of Engineering Geology, Lisboa, Portugal, Vol. II, pp. 421-428.

2- Brand, E.W., and Brenner, R. P., (1981), "Soft Clay Engineering" Edward Arnold Publishers.

3- Dobereiner, L. and de Freitas, M.H. (1986). "Geotechnical Properties of Weak Sandstones." Geotechnique, Vol. 36, pp. 79-94.

4- Dudley, J.H., (1970) , "Review of Collapsing Soils" ASCE. J. Soil Mechanics and Found. Eng. Div., SM3, pp. 925-947.

5- El-Sohby, M.A; Mazen , S.O. and Aboushook, M., (1998) "Classification of some Dry Hard Soils, Tafla Deposits in Egypt." Proc. of the 2nd Int. Symp. on Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks, Naples, Italy.

6- Gillot, J.E., (1968) "Clay in Engineering Geology" Elsevier Pub. Comp., (London) N.Y.

7- Glenie,K.W.,(1970), "Desert Sedimentary Environments-Developments in Sedimentology," Vol. 14, 222 p. Elsevier pub., Amsterdam.

8- Grainger, P. (1984), "The Classification of Mudrocks for Engineering Purposes". Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol.17, pp. 381-387.

9- Kranck,K.,(1975), "Sediment Deposition from Flocculated Suspension", Sedimentology, Vol. 22, pp. 111-124.

10- Legget and Karrow, (1983), "Handbook of Geology in Civil Engineering", McGraw-Hill Book Comp., Canada.

11- Mathewsson, C.C., (1981) "Engineering Geology" Charles & Merill Publishing comp., Toronto, London.

12- Morgenstern, N.R. and Eigenbrod, K.D., (1974), "Classification of Argillaceous Soils and Rocks". ASCE 100, GT10, pp.1137-1156.

13- Scruton, P.C., (1960) , "Delta Building and the Delta Sequence"., An Assoc. Petroleum Geologists, pp. 82-102.

14- Smalley, I.J., (1971), "Nature of Quick Clays", Nature ,pp. 231-310.

15- Taylor, R.M., (1981), "Colour in Soils and Sediments", Proc. of the VII Int. Clay Conf., Italy, pp. 749-761.

16- Taylor, R.K. (1988), "Coal Measures Mudrocks". Q.J., of Engineering Geology, London, Vol.21, pp. 85-99.

17- Terzaghi,K.,(1955),"Influence of Geological Factors on the Engineering Properties of Sediments", Economic Geology,Vol. 50, pp. 557-618

18- Underwood, L.B., (1967), "Classification and Identification of Shales", J. of the Soil Mech. and Found. Div., ASCE, Vol. 93, pp.97-116.

٢/٥ الأساسات على التربة القابلة للانتفاخ

١/٢/٥ عمـــوميـــات

تساعد الظروف المناخية وطبيعة التربة بمصر على تواجد التربة القابلة للانتفاخ. لذلك فانه من الضرورى إعطاء أهمية خاصة لأسس التصميم للاساسات على هذا النوع من التربة.

١/١/٢/٥ المشكلة والعوامل المؤثرة

تعتبر المشكلة الأساسية لهذا النوع من التربة هو الإنتفاخ أو الانكماش المصاحب للتغير فى الحجم الناشئ عن التغير فى محتوى الرطوبة.

وعند التأسيس فوق التربة فان المنشأ قد يتعرض للتصدع نتيجة للانتفاخ أو الانكماش غير المتكافئ للتربة أسفل الأساسات . وكذلك فى حالة إستخدام الأساسات العميقة فقد تتعرض للانهيار إذا كانت محصورة داخل التربة بسبب تعرضها لضغوط جانبية وقوى رفع لأعلى نتيجة انتفاخ التربة وتحركها حول هذه الأساسات .

لذلك فانه يلزم الأخذ فى الاعتبار عند التصميم احتمالات الحركة أو زيادة الضغوط نتيجة لانتفاخ هذه التربة . كما يلزم تقدير قيمة هذه الحركة .

ويعزى هذا الإنتفاخ أساسا إلى امتصاص الماء الحر بواسطة معادن الطين الداخلة فى تركيبه . وتختلف درجة الإنتفاخ باختلاف التركيب المعدنى للطين وبصفة خاصة إلى نشاط معدن الطين . ويعتمد هذا التغير فى الحجم قيمة واتجاها على عوامل طبيعية وبيئية مختلفة . وتشمل هذه العوامل نوع معدن الطين ونسبة وجوده وكثافة التربة ونسبة الحبيبات الطينية النشطة الى الحبيبات غير الطينية ، محتوى الماء الطبيعي والتكوين البنائى للتربة والجهد الواقع على التربة والظروف البيئية المستحدثة وغير ذلك . كما تعتمد معدلات التغير فى الحجم على معامل سريان الماء فى التربة وعلى التكوين العام للتربة بما فيها من شقوق أو فواصل . كما تعتمد على درجة الحرارة وتغيراتها بالمواقع .

٢/١/٢/٥ تعـريـفات

١/١/٢/٥ (أ) الفاعلية

عرف الفاعلية (Activity) بأنها نسبة دليل اللدونة إلى النسبة المئوية لمحتوى الطين بالتربة حسوبا بالوزن للجزء من التربة ذو الحبيبات أقل من ٢ ميكرون.

$$A = \frac{I_p}{C} \qquad (٥-١)$$

يث:

A الفاعلـيـة

Ip دليل اللدونة

C النسبة المئوية لمحتوى الطين (الحبيبات الأقل من ٢ ميكرون)

٢/١/٢/٥ (ب) ضغط الإنتفاخ

ضغط الإنتفاخ (Swelling Pressure) هو الضغط المناظر لحالة عدم التغير فى الحجم يتولد عند غمر عينة من التربة القابلة للانتفاخ فى الماء . ويقاس ضغط الإنتفاخ معمليا بعدة طرق ويختلف التعريف طبقا للطريقة المستخدمة معملياً فى تعيينه.

٣/١/٢/٥ (ج) الإنتفاخ المحورى

الإنتفاخ المحورى (Axial Swell) هو النسبة المئوية لأقصى تغير فى الحركة الرأسية لعينة محاطة جانبيا ومحملة بضغط رأسى مقداره ٠,١ كجم / سم ٢ عند غمرها الماء .

٤/١/٢/٥ (د) طاقة الإنتفاخ

طاقة الإنتفاخ (Swelling Potential) هى النسبة المئوية لأقصى تغير فى الحركة الرأسية لعينه محاطة جانبيا ومحملة بضغط رأسى مقداره ٠٧و كجم/سم٢ عند غمرها بالماء بشرط أن

تكون العينة مدموكة لأقصى كثافة جافة مع نسبة الرطوبة المثلى طبقا للمواصفات القياسية لتجربة الدمك فى (AASHO) .

٢/١/٢/٥ (هـ) الإنتفاش الحر

الإنتفاش الحر (Free Swell) هو النسبة المئوية للتغير فى الحجم مقاس داخل مخبار مدرج سعة ١٠٠ مم ٣ لعينة من التربة بحجم ١٠سم٣ مارة من منخل مقاس فتحته ٤٢٥و٠ مم .

$$\text{Free swell} = \frac{V_f - V_c}{V_c} \times 100 \qquad (٢-٥)$$

حيث V_f , V_c هى الحجم الابتدائي والنهائي على الترتيب.

٢/١/٢/٥ (و) دليل الإنتفاخ

دليل الإنتفاخ (C_s , Swell Index) هو ميل منحنى الارتداد الذى يربط بين نسبة الفراغات ولوغاريتم إجهاد الانضغاط (Log P) طبقا لمواصفات ASTM: D 4546 –96 .

٢/٢/٥ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

١/٢/٢/٥ مقدمة

التعرف المبكر على وجود التربة القابلة للانتفاخ يعتبر من الأهمية بمكان حيث يمكن أخذ ذلك فى الاعتبار سواء بالنسبة لاستقصاء التربة أو بالنسبة للتصميم ليتفق مع طبيعة هذه التربة .

وعند القيام بعمل برنامج متكامل لاستكشاف الموقع فأنه يجب الاهتمام بصورة خاصة بالمعلومات المتعلقة بطبوغرافية الموقع والتكوين الجيولوجى للطبقات السطحية وكذلك الحالة العامة للمنشآت المقامة حول الموقع حيث أن هذه الدراسات ستساعد المهندس فى تحديد عدد ومواقع الجسات الابتدائية (أنظر الجزء الأول دراسة الموقع) .

ومن الضرورى التعرف على المنشآت المقامة فى المناطق المجاورة من حيث حالة هذه المنشآت وعمرها ونوع الاساس المستخدم وتركيبات المياه والصرف الصحى .

٢/٢/٢/٥ طرق استكشاف الموقع

توجد طرق متعددة لاستكشاف التربة بالموقع عن طريق الحفر المفتوح أو الجسات وبالنسبة للتربة القابلة للانتفاخ فأنه يجب أن يتم الحفر أو التثقيب بدون إضافة الماء ويتم استخراج عينات بحالتها الطبيعية وبنفس محتوى الرطوبة بالموقع وذلك للقيام بالاختبارات اللازمة بالمعمل .

ويعتمد عمق الجسات على حجم ونوع المنشأ المقترح ولكن فى جميع الأحوال يجب أن تخترق الجسات كل الطبقات التى يحتمل ان تحتوى على التربة القابلة للإنتفاخ فى المناطق الجديدة والتى لم يسبق تحديد طبيعة التربة بها فانه لا يمكن تحديد نوع الاساس قبل عمل الجسات لذلك فانه يجب ان تكون الجسة الاولى بعمق كاف لاعطاء المعلومات اللازمة لاى من الاختبارات سواء لاساسات سطحية أو عميقة .

ويجب أن يتم التثقيب حتى عمق أكبر من عمق المنطقة المؤثرة على سلامة واتزان المبنى .

ونظرا لأنه فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث منسوب المياه الارضية لا يظهر عادة فى الجسات ويكون على اعماق كبيرة، لذلك فإن الحفر المفتوح هو أنسب طرق الاستكشاف فى هذه الحالة . ومع ذلك يمكن استخدام طرق أخرى مثل التثقيب البريمى أو التثقيب الدورانى أو التثقيب بالدق .

٢/٢/٢/٥ (أ) الحفر المفتوح

يتميز الحفر المفتوح (Open Pit) بأنه يسمح بفحص طبقات التربة بدقة فى كل من الاتجاهين الافقى والرأسى ، كما أنه يسمح بكشف مناطق عدم الاتصال والفواصل بين طبقات التربة . وباستخدام طريقة الحفر هذه يمكن الحصول على عينات بحالتها الطبيعية من الاماكن والاعماق المرغوب فيها بسهولة وبالمقارنة بطرق الحفر الأخرى فإن الحفر المفتوح لا يؤدى الى اهتزازات كما هو الحال فى حالة التثقيب الميكانيكى الذى يتسبب فى قلقلة التربة المجاورة لعمليات التثقيب . وفى حالة التربة المتماسكة التى يمكن القيام بعمليات الحفر فيها بدون الحاجة إلى سند جوانب الحفر ، فإن العمق المناسب للحفر يكون فى حدود ٥,٠٠ متر .

واذا زاد عمق الحفرة عن ذلك فيجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتقوية جوانب الحفر لمنعها من الانهيار . واذا كان عمق الحفر كبيراً فيجب أن يتم سند الجوانب بأى من الطرق المناسبة المستخدمة عادة لهذا الغرض .

ومن الجدير بالذكر أن هناك خبرة محلية لعمل حفر مفتوح لتربة صحراوية متماسكة إلى أعماق كبيرة بدون سند الجوانب .

٢/٢/٢/٥ (ب) التثقيب بالبريمة (القاسون)

يمكن عمل الجسات عن طريق التثقيب بالبريمة (Auger Drilling) واستعمال القاسون حيث يتم فى معظم الأحوال استعمال التشغيل اليدوى أو الميكانيكى مع اخراج التربة على مراحل متفرقة . ومن المهم أن يتم الحفر على مراحل بحيث يتراوح عمق الحفر فى كل مرحلة من ١,٠٠ متر الى ١,٥٠ متر ثم ترفع البريمة للتعرف على طبقات التربة المختلفة وسمك كل طبقة ويجب مراعاة أن التربة التى نحصل عليها بهذه الطريقة تكون مزيج من المواد التى تم اختراقها فى كل مرحلة وبالتالى فالعينات فى هذه الحالة ليست بحالتها الطبيعية ولكن هذه العينات يمكن استخدامها فى حساب القيمة المتوسطة لنسبة الرطوبة الطبيعية والتدرج الحبيبى وحدود أتربرج .

ويمكن فى حالة عمل الجسات بالبريمة الحصول على عينات بحالتها الطبيعية وذلك عن طريق التقدم فى الحفر حتى يظهر التغير فى نوع التربة . ثم يتم تنظيف الثقب ونزع الاجهزة المستخدمة فى الحفر ، بعد ذلك يتم أخذ العينة بحالتها الغير مقلقلة الطبيعية من أسفل الحفرة بالاجهزة الخاصة المناسبة لهذا النوع من التربة وتعرف هذه الطريقة فى مصر بالتثقيب باستعمال القاسون.

٢/٢/٢/٥ (ج) التثقيب الدورانى

يمكن ان يتم عمل الجسات بالتثقيب الدورانى (Rotary Drilling) باستخدام قاطع ذو سرعة دوران عالية . ويوجد طريقتان للحفر بالتثقيب الدورانى وهما التثقيب بالتخريم والتثقيب بالحفر المفتوح . والاولى تستخدم بكثرة فى حالات التربة القابلة للانتفاخ المتصلدة حيث يتم عمل ثقب اسطوانى بالقاطع ثم يتم إدخال جهاز لأخذ عينة من داخل هذا الثقب الاسطوانى وفى هذه الطريقة

يجب الأخذ فى الاعتبار أنه من المحتمل أن نسبة الرطوبة الطبيعية لعينة التربة تزيد نتيجة استخدام سوائل فى عملية التثقيب ولذلك فإن هذه العينة لا تستخدم فى القياسات المباشرة لخصائص الانتفاخ وتستخدم الطريقة الثانية ايضاً للحفر فى التربة القابلة للانتفاخ والصخرية الضعيفة حيث يتم الحفر عن طريق جزء قاطع يقوم بتثقيب التربة داخل القطر المحدد للحفرة ويفضل استخدام هذه الطريقة فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث أنه يمكن استخدام الهواء أثناء عمليات الحفر لازالة التربة المتفتتة بدلاً من استخدام الماء كما هو الحال فى الطريقة السابقة.

٢/٢/٢/٥ (د) التثقيب بالدق

عند استخدام طريقة التثقيب بالدق (Percussion Drilling) يجب مراعاة سند جوانب الحفر إذا ما كانت الجوانب قابلة للانهيار نتيجة الاهتزازات . وفى هذه الطريقة يتم إزالة التربة المتفتتة داخل الحفرة باستخدام الهواء المضغوط بدلاً من استخدام الماء . ويمكن اخراج عينات من أسفل الحفرة باستخدام الاجهزة الخاصة بذلك ولكن يجب الأخذ فى الاعتبار أن هذه العينات قد لا تمثل عينات بحالتها الطبيعية تماماً نتيجة الاهتزازات المتولدة أثناء عمليات الحفر.

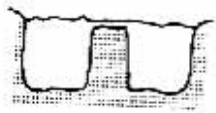
٣/٢/٢/٥ طرق استخراج العينات

من المهم فى حالة التربة القابلة للانتفاخ الحصول على عينات فى حالتها الطبيعية (أى عينات غير مقلقلة بقدر الامكان وتحتوى على نسبة الرطوبة الطبيعية) وفيما يلى طرق استخراج العينات المناسبة لهذا النوع من التربة:

٣/٢/٢/٥ (أ) أخذ عينة على شكل كتلة

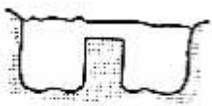
تعتبر طريقة أخذ عينة شكل كتلة (Chunk Sample) من أفضل الطرق الحصول على عينات غير مقلقلة ويوضح شكل (٥-١) الخطوات المتبعة للحصول على هذه العينات . وفى هذه الطريقة يتم عمل حفرة فى المكان والى العمق المراد أخذ عينة منه فتزال التربة بحذر من حول العينة حيث تبقى العينة بارزة فى جانب أو أسفل الحفرة . فى حالة التربة القوية المتماسكة يمكن استخراج العينة من مكانها مباشرة باستخدام جاروف مسطح ثم تغلف العينة بغطاء رقيق من

البلاستيك وتنقل الى المعمل للقيام بالاختبارات اللازمة وأما فى حالة العينات الضعيفة فيجب استخدام طريقة اضافية لوقاية العينة حيث يتم استخدام صندوق من الخشب ، بعد نزع الجزء العلوى والسفلى فيه ، ثم يوضع فوق العينة ويترك فراغ بين العينة والصندوق من جميع الجوانب بسمك ٢,٥ مم ثم يتم ملء هذا الفراغ بشمع البرافين فى صورة سائلة . ثم يرفع الصندوق الخشبى والعينة بداخلة ويضاف شمع البرافين لتغليف أعلى واسفل العينة ثم يوضع غطاء الصندوق العلوى والسفلى. للحفاظ على العينة من الاهتزازات أثناء عملية النقل يوضع الصندوق الخشبى داخل صندوق أخر كبير يحتوى على نشارة الخشب ويجب وضع علامة تبين اتجاه العينة.



ا-الحفر حول العينة

ج-العينة مغطاة بشمع البرافين



ب-تجميز جوانب العينة

هـ- استخراج عينة من جانب الحفر

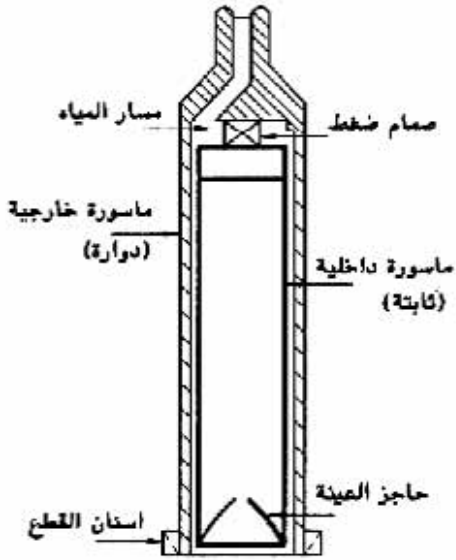
د- العينة مغلفة بشمع البرافين داخل الصندوق

شكل (٥-١) إستخراج عينات غير مقلقلة على شكل كتل

٣/٢/٢/٥ (ب) أخذ عينة باستخدام جهاز العينات الدوار

يجمع جهاز أخذ العينات الدوار (Rotary Samplers) بين التثقيب واخذ العينة مما يقلل من قلقلة العينة ويبين شكل (٥-٢) مثال لجهاز أخذ العينات والذى يتكون من ماسورتين واحدة داخل الأخرى . الماسورة الداخلية والتى يتم اخذ العينات بها يتراوح قطرها ما بين ٧٥ الى ١٣٠ ملليمتر وطولها ٠,٦٠ م بطانتها من الصلب ولها قاطع قوى عند نهايتها السفلية . أما الماسورة الخارجية فتتقدم بالدوران داخل التربة بعد تفتيتها وتخرج التربة المفتتة بضغط المياه فى المسافة بين الماسورتين وأثناء ذلك تظل الماسورة الداخلية ثابته محتفظة بالعينة داخلها.

وتستخدم هذه الطريقة فى التربة القابلة للانتفاخ الشديدة التماسك ولما كان استخدام المياه يؤثر على طبيعة العينة المستخرجة فإنه يفضل استخدام الهواء المضغوط.



شكل (٥-٢) جهاز إستخراج العينات

٤/٢/٢/٥ التجارب الحقلية

فى المناطق التى تتصف بوجود تربة ذات خصائص انتفاخ عالية يمكن عمل تجارب حقلية لقياس الانتفاخ بالموقع لمقارنته بالقياسات المعملية ولمعرفة سمك طبقات التربة الفعالة لما لذلك من

أهمية فى المشروعات الكبيرة والحساسة لفروق الحركة حيث يمكن للمهندس الاستشارى تحديد هذه التجارب وتشتمل عادة على أجهزة وتجهيزات وقياسات دقيقة تختلف بإختلاف طبيعة التجربة.

٣/٢/٥ الإختبارات المعملية للتصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ

يتم التصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ بعدة طرق تعتمد على تعيين خصائص التربة الطبيعية والهندسية وفيما يلى بعض طرق التصنيف شائعة الاستخدام عالميا:

١/٣/٢/٥ التصنيف على أساس دليل اللدونة وحد الانكماش و محتوى الطين

يتم التصنيف طبقا للجدول التالى (٥-١) والذى يستخدم من قبل عدة جهات مثل مكتب الإستصلاح الأمريكي (USBR) وكذلك الجمعية الكندية الجيوتكنيكية.

جدول (٥-١) تصنيف التربة على أساس دليل اللدونة وحد الانكماش ونسبة الحبيبات ذات القطر أقل من ٢ ميكرون . USBR (1974) & Holtz and Kovacs (1981)

نسبة الحبيبات ذات قطر أقل من ٢ ميكرون (%)	دليل اللدونة (%) Ip	حد الانكماش (%) W_s	نسبة الإنتفاخ (%) تحت حمل ٠,٠٧ كجم/سم٢	درجة الإنتفاخ
أكبر من ٢٨	أكبر من ٣٥	أصغر من ١١	أكبر من ٣٠	عالية جدا
من ٢٠ إلى ٣١	من ٢٥ إلى ٤١	من ٧ إلى ١٢	من ٢٠ إلى ٣٠	عالية
من ١٣ إلى ٢٣	من ١٥ إلى ٢٨	من ١٠ إلى ١٦	من ١٠ إلى ٢٠	متوسطة
أصغر من ١٥	أصغر من ١٨	أكبر من ١٥	أصغر من ١٠	منخفضة

أهمية فى المشروعات الكبيرة والحساسة لفروق الحركة حيث يمكن للمهندس الاستشارى تحديد هذه التجارب وتشتمل عادة على أجهزة وتجهيزات وقياسات دقيقة تختلف بإختلاف طبيعة التجربة.

٣/٢/٥ الإختبارات المعملية للتصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ

يتم التصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ بعدة طرق تعتمد على تعيين خصائص التربة الطبيعية والهندسية وفيما يلى بعض طرق التصنيف شائعة الاستخدام عالميا:

١/٣/٢/٥ التصنيف على أساس دليل اللدونة وحد الانكماش و محتوى الطين

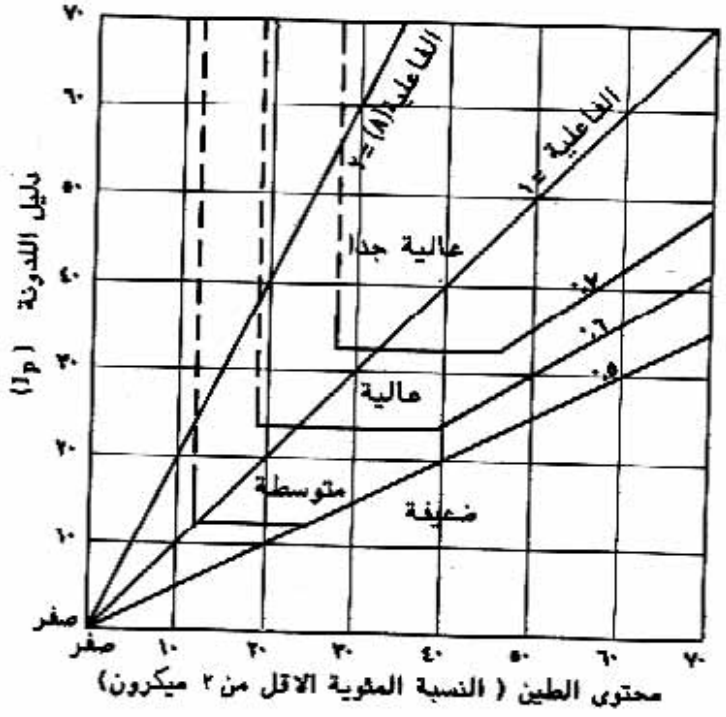
يتم التصنيف طبقا للجدول التالى (٥-١) والذى يستخدم من قبل عدة جهات مثل مكتب الإستصلاح الأمريكي (USBR) وكذلك الجمعية الكندية الجيوتكنيكية.

جدول (٥-١) تصنيف التربة على أساس دليل اللدونة وحد الانكماش ونسبة الحبيبات ذات القطر أقل من ٢ ميكرون . USBR (1974) & Holtz and Kovacs (1981)

نسبة الحبيبات ذات قطر أقل من ٢ ميكرون (%)	دليل اللدونة (%) Ip	حد الانكماش (%) W_s	نسبة الإنتفاخ (%) تحت حمل ٠,٠٧ كجم/سم٢	درجة الإنتفاخ
أكبر من ٢٨	أكبر من ٣٥	أصغر من ١١	أكبر من ٣٠	عالية جدا
من ٢٠ إلى ٣١	من ٢٥ إلى ٤١	من ٧ إلى ١٢	من ٢٠ إلى ٣٠	عالية
من ١٣ إلى ٢٣	من ١٥ إلى ٢٨	من ١٠ إلى ١٦	من ١٠ إلى ٢٠	متوسطة
أصغر من ١٥	أصغر من ١٨	أكبر من ١٥	أصغر من ١٠	منخفضة

٢/٣/٢/٥ التصنيف على أساس دليل اللدونة ومحتوى الطين

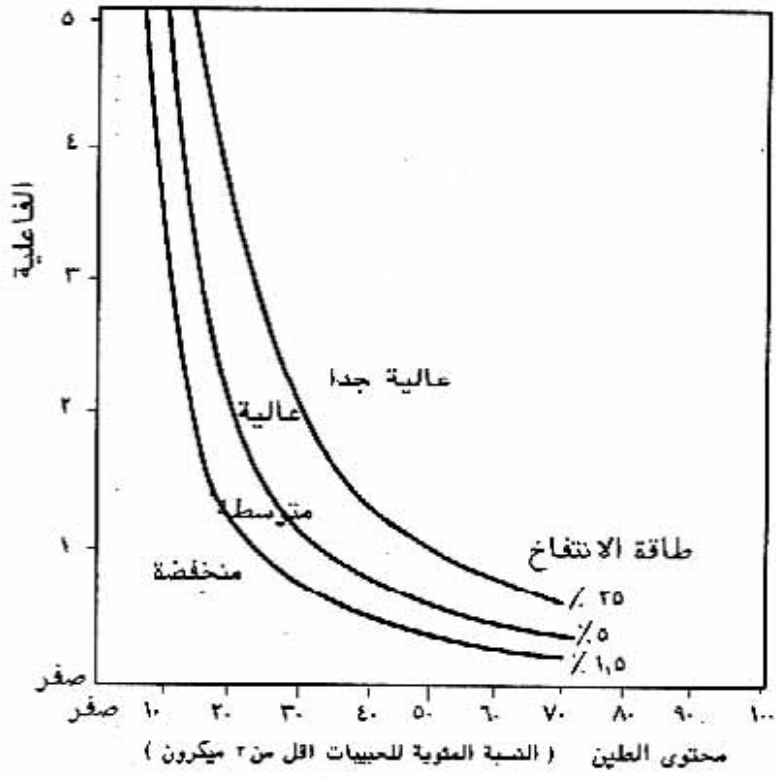
الشكل رقم (٥ – ٣) يوضح طريقة لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ باستخدام العلاقة بين دليل اللدونة ومحتوى الطين وهذه العلاقة تكون غالباً خط مستقيم يقترب من نقطة الأصل ويمثل ميل هذا الخط الفاعلية.



شكل (٥ – ٣) رسم بياني لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ على أساس دليل اللدونة ومحتوى الطين. Van Der Merwe (1964)

٣/٣/٢/٥ التصنيف على أساس الفاعلية ومحتوى الطين

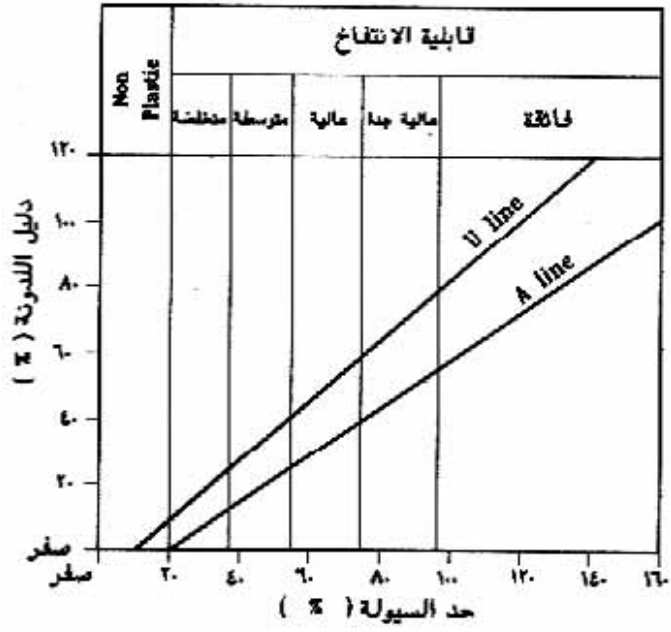
الشكل رقم (٥ – ٤) يوضح طريقة لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ تعتمد على الفاعلية والنسبة المئوية للحبيبات ذات قطر أقل من ٢ ميكرون .



شكل (٥ – ٤) رسم بيانى لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ على أساس الفاعلية ومحتوى الطين.Seed et al (1962)

٤/٣/٢/٥ التصنيف على أساس دليل اللدونة وحد السيولة

الشكل رقم (٥ – ٥) يبين طريقة لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ تعتمد على إيجاد حدى السيولة واللدونة فقط وهى تعتبر طريقة مبسطة وأقل دقة من الطرق السابقة حيث انها لا تعتمد على ايجاد محتوى الطين او تجربة الا يدومتر.



شكل (٥ – ٥) رسم بيانى لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ على أساس دليل اللدونة وحد السيولة. Dakshanamurthy and Raman (1973)

٥/٣/٢/٥ التعرف على التربة القابلة للإنتفاخ باستخدام نتائج إختبار الإنتفاش الحر

يعتبر اختبار الإنتفاش الحر (Free Swell) من أبسط الاختبارات للتعرف على التربة القابلة للإنتفاخ . ويجرى هذا الاختبار على عينه مطحونة من التربة بعد تجفيفها وتمريرها من منخل مقاس فتحته ٠,٤٢٥جم . يؤخذ من العينة المجهزة ١٠ سم ^{٣} و يتم وضعهم فى مخبار مدرج سعته ١٠٠ سم ^{٣} يضاف الماء إليه و يترك ٢٤ ساعة ثم يتم تعيين الزيادة فى الحجم ويحسب الإنتفاش الحر. و يمكن الإستعانة بنتائج قيم الإنتفاش الحر كما يلى:-

أقل من ٥٠% إنتفاش حر	لا يتوقع مشاكل
من ٥٠ إلى ١٠٠% انتفاش حر	احتمال مشاكل
أكثر من ١٠٠% انتفاش حر	ضرورة إجراء اختبارات على عينات بحالتها الطبيعية لتحديد الخواص الإنتفاخية بدقة .

٦/٣/٢/٥ التعرف على التربة القابلة للانتفاخ من التركيب المعدنى

يمكن التعرف على التركيب المعدنى للتربة باستخدام الأشعة السينية والميكروسكوب الضوئى الألكترونى وغيرها حيث يتم فى هذه الحالة تحديد نوع المعادن غير الطينية والمعادن الطينية ونسب تواجدها لمعرفة الأنواع الفعالة منها مثل المونتموريلونيت والفرميكوليت والتى يؤثر وجودها على خصائص الإنتفاخ للتربة.

وتوجد طريقة بسيطة وسهلة نسبياً وسريعة بالمقارنة بالطرق السابقة تعتمد على إختبار إمتصاص الأصباغ . وفى هذا الاختبار تضاف للتربة بعض الأصباغ التى لها خاصية إكتساب ألوان معينة تعتمد على معدن الطين الموجود.

٧/٣/٢/٥ قياس خصائص الإنتفاخ

عند التعامل مع التربة القابلة للإنتفاخ يجب الحصول على خصائص الإنتفاخ للتربة سواء كان ذلك بغرض استكمال التوصيف والتصنيف أو للأغراض التصميمية . ويجب عند اختيار العينات التى تجرى عليها إختبارات قياس خصائص الإنتفاخ مراعاة الآتى :-

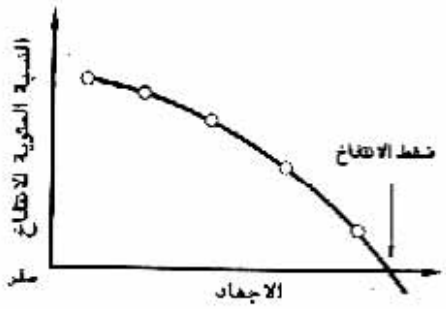
- أن تكون العينات ممثلة لطبقة التربة المستخرجة منها.
- الحفاظ على العينات غير المتلفلة فى حالة مماثلة للتربة فى الطبيعة وذلك لاستخدامها فى الإختبارات المباشرة.
- حيث أن خصائص الإنتفاخ لا تعتمد فقط على طبيعة حبيبات التربة بل أيضا تعتمد على الكثافة ومحتوى المياه الطبيعى فأنه يجب إختبار العينات التى تتضمن أقل محتوى مائى وأكبر كثافة جافة لأنها تعطى أعلى قيم لخصائص الإنتفاخ .والمراجع بها طرق عديدة لتقدير

خصائص الإنتفاخ بدون اللجوء للقياس المباشر ولكن يظل القياس المباشر باستخدام الايدومتر هو الأكثر ملاءمة لتعيين كل من الإنتفاخ المحورى وقيمة ضغط الإنتفاخ. ونظراً لأن هناك عدة طرق لتحديد ضغط الإنتفاخ فإن قيمته وتعريفه تعتمد على الطريقة المتبعة . وتعتبر الإختبارات التى تجرى باستخدام جهاز الايدومتر على عينات بحالتها الطبيعية هى أفضل الطرق وأكثرها استعمالاً وأهمها الطرق التالية :

٧/٣/٢/٥ (أ) طريقة الاجهادات المختلفة

فى طريقة الاجهادات المختلفة (Different Pressure Method) يتم تحضير ثلاث عينات متماثلة أو أكثر ويجرى تحميل كل عينة بإجهاد مختلف ويتم غمر العينات ورصد حركتها الرأسية حتى تتوقف الزيادة فى الحجم . توقع العلاقة بين نسبة الإنتفاخ النهائى وبين الإجهاد المؤثر كما هو موضح فى شكل (٥-٦). عند مد المنحنى للحصول على الإجهاد المناظر لنسبة إنتفاخ تساوى صفر% فتكون هذه القيمة هى قيمة ضغط الإنتفاخ . وتعتبر هذه الطريقة هى أقرب الطرق تمثيلاً لما يحدث فى الطبيعة كما ثبت من الأبحاث ولذلك يفضل استخدامها لتعيين ضغط الإنتفاخ .

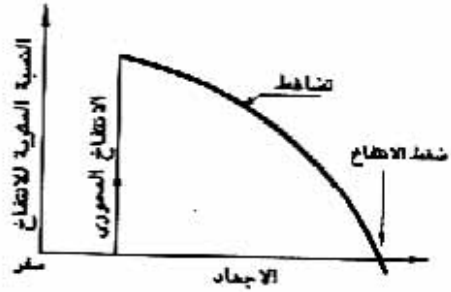
ويعرف ضغط الإنتفاخ فى هذه الطريقة بأنه الاجهاد اللازم للإحتفاظ بحجم العينة من التربة ثابتاً بعد تشبعها تماماً بالماء تحت هذا الاجهاد .



شكل (٥-٦) تعيين ضغط الإنتفاخ بطريقة الإجهادات المختلفة

٧/٣/٢/٥ (ب) طريقة الإنتفاخ المسبق

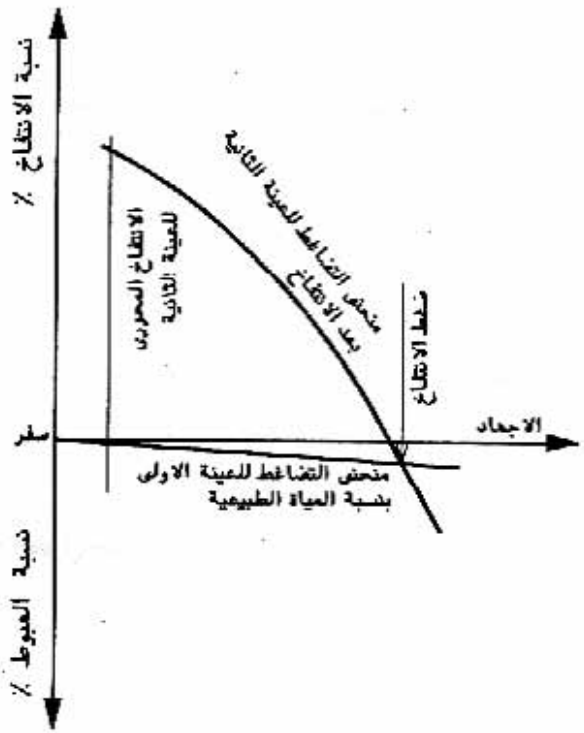
فى طريقة الإنتفاخ المسبق (Preswelled Method) يتم تركيب العينة فى جهاز الايدومتر ويسمح لها بالإنتفاخ تحت تأثير اجهاد ذو قيمة صغيرة ثم يتم التأثير على العينة بعد الإنتفاخ بإجهاد خارجى يتزايد حتى تتضاغط وتعود إلى حجمها الأصلى ويكون هذا الاجهاد هو ضغط الإنتفاخ كما هو موضح فى شكل (٥-٧). وهذه الطريقة تحتاج إلى عينة واحدة فقط ولكن فى بعض الأحيان قد تعطى نتائج لضغط الإنتفاخ أعلى من القيم المستنتجة من الطرق الأخرى. ومن مميزات هذه الطريقة إمكانية إيجاد نسبة الإنتفاخ المحورى من نتائجها إذا تم السماح للعينة بالإنتفاخ تحت تأثير اجهاد ابتدائى مقداره ٠,١كجم/سم^2 ويعرف ضغط الإنتفاخ فى هذه الطريقة بأنه الإجهاد الخارجى الذى يجب التأثير به على عينة منتفخة حتى تعود إلى حجمها الابتدائى .



شكل (٥-٧) تعيين ضغط الإنتفاخ بطريقة الإنتفاخ المسبق

٧/٣/٢/٥ (ج) طريقة الإستخدام المزدوج للايدومتر

فى طريقة الاستخدام المزدوج للايدومتر (Double Oedometer Method) تؤخذ عينتان متماثلتان بحالتهما الطبيعية وتوضع كل منهما فى جهاز ايدومتر يتم تحميل العينة الاولى وهى محتوية على نسبة الرطوبة الطبيعية لها ويتم رسم منحنى العلاقة بين الاجهاد والتضاغط . أما بالنسبة للعينة الثانية فيسمح لها بالإنتفاخ تحت تأثير إجهاد ابتدائى ذو قيمة صغيرة ثم يتم تحميلها بإجهاد خارجى يتزايد حتى تتضاغط العينة وتعود الى حجمها الأصلى. ويتم رسم المنحنى المناظر على نفس المنحنى السابق. نقطة تقاطع المنحنيين تمثل ضغط الإنتفاخ كما هو مبين بالشكل (٥-٨). من نتائج هذه الطريقة يمكن تقدير الإنتفاخ المتوقع عند قيم مختلفة من الإجهادات الرأسية.



شكل (٥-٨) تعيين ضغط الإنتفاخ بطريقة الإستخدام المزدوج للايدومتر

٥/٢/٣/٧ (د) طريقة الحجم الثابت

فى طريقة الحجم الثابت (Constant Volume) تستخدم عينة واحدة يتم التحكم فى حجمها ليبقى ثابتاً عند غمرها بالماء ويقاس ضغط الإنتفاخ إما بإستخدام حلقة قياس تقيد حرية الحركة للعينة. أو يتم ملاحظة العينة وزيادة الحمل تدريجياً لمعادلة أى تغيير فى الحجم. ويعيب استخدام حلقة القياس (Proving Ring) أن القيم المقاسة تعتمد على جساءة الحلقة، ويفضل لذلك إستخدام خلية ضغط (load Cell). وهذه الطريقة هى الأقل تمثيلا لما يحدث بالطبيعة. ويعرف ضغط الإنتفاخ فى هذه الطريقة بأنه عند غمر عينة محاطة جانبياً فى الماء فإنه يتولد ضغط إنتفاخ وفى حالة عدم السماح بأى تغير فى الحجم فإن الضغط الأقصى الناتج عن ذلك هو ضغط الإنتفاخ.

٨/٣/٢/٥ تعيين مقاومة القص

تجرى اختبارات تعيين معاملات مقاومة القص على العينات غير المقلقلة فى الظروف التى تستلزم ذلك مثل حساب قدرة التحميل القصوى أو وجود هذا النوع من التربة على حافة ميول وفى هذه الحالات يجب حساب مقاومة القص المناظرة لأسوأ الظروف المتوقعة من خلال اجراء اختبار القص باستخدام جهاز الثلاث محاور لعينات بحالتها الطبيعية يتم السماح لها بالإنتفاخ تحت تأثير الإجهاد المتوقع فى الطبيعة ثم يتم اجراء اختبار القص عليها مع قياس ضغط المياه بالفراغات . ويمكن استخدام جهاز صندوق القص على العينات غير المقلقلة بنفس الخطوات السابقة .

٤/٢/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس

١/٤/٢/٥ مقدمة

اذا كانت تربة الموقع المزمع الأنشاء عليها قابلة للإنتفاخ فإنه توجد عدة اختيارات أمام مهندس التصميم أو الإنشاء لتقليل أو منع تأثر الأساسات او المنشآت بإنتفاخ التربة .

وبعض هذه الطرق التى تم تطبيقها على نطاق واسع فى البلاد المختلفة هى :

أ - إستبدال التربة القابلة للإنتفاخ تحت الأساسات بتربة رملية أو رملية زلطية .

ب - استخدام تربة رملية حول الأساسات السطحية لعزلها عن التربة المحيطة القابلة للإنتفاخ.

ج - منع تسرب المياه إلى تربة الأساس.

د - التصميم باسلوب يجعل الأحمال الأنشائية على الأساسات السطحية عالية لمعادلة ضغط أو تقليل الإنتفاخ المنتظر ، أو تقليل تأثيره .

هـ- استخدام الخوازيق ذات النهايات العريضة .

و - تصميم المنشأ بحيث يسمح بإمتصاص الحركة الناشئة من الإنتفاخ أوالهبوط خلال الإنتفاخ أوالإنكماش للتربة أسفل الأساس .

ز - تصميم المنشأ مع الأساسات كوحدة واحدة تتحمل حركة رفع التربة للمنشأ أو هبوط المنشأ نتيجة الإنكماش.

ح - معالجة التربة كيميائيا باستعمال الجير أو الأسمنت أو الحرارة أو غيرها .

٨/٣/٢/٥ تعيين مقاومة القص

تجرى اختبارات تعيين معاملات مقاومة القص على العينات غير المقلقلة فى الظروف التى تستلزم ذلك مثل حساب قدرة التحميل القصوى أو وجود هذا النوع من التربة على حافة ميول وفى هذه الحالات يجب حساب مقاومة القص المناظرة لأسوأ الظروف المتوقعة من خلال اجراء اختبار القص باستخدام جهاز الثلاث محاور لعينات بحالتها الطبيعية يتم السماح لها بالإنتفاخ تحت تأثير الإجهاد المتوقع فى الطبيعة ثم يتم اجراء اختبار القص عليها مع قياس ضغط المياه بالفراغات . ويمكن استخدام جهاز صندوق القص على العينات غير المقلقلة بنفس الخطوات السابقة .

٤/٢/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس

١/٤/٢/٥ مقدمة

اذا كانت تربة الموقع المزمع الأنشاء عليها قابلة للإنتفاخ فإنه توجد عدة اختيارات أمام مهندس التصميم أو الإنشاء لتقليل أو منع تأثر الأساسات او المنشآت بإنتفاخ التربة .

وبعض هذه الطرق التى تم تطبيقها على نطاق واسع فى البلاد المختلفة هى :

أ - إستبدال التربة القابلة للإنتفاخ تحت الأساسات بتربة رملية أو رملية زلطية .

ب - استخدام تربة رملية حول الأساسات السطحية لعزلها عن التربة المحيطة القابلة للإنتفاخ.

ج - منع تسرب المياه إلى تربة الأساس.

د - التصميم باسلوب يجعل الأحمال الأنشائية على الأساسات السطحية عالية لمعادلة ضغط أو تقليل الإنتفاخ المنتظر ، أو تقليل تأثيره .

هـ- استخدام الخوازيق ذات النهايات العريضة .

و - تصميم المنشأ بحيث يسمح بإمتصاص الحركة الناشئة من الإنتفاخ أوالهبوط خلال الإنتفاخ أوالإنكماش للتربة أسفل الأساس .

ز - تصميم المنشأ مع الأساسات كوحدة واحدة تتحمل حركة رفع التربة للمنشأ أو هبوط المنشأ نتيجة الإنكماش.

ح - معالجة التربة كيميائيا باستعمال الجير أو الأسمنت أو الحرارة أو غيرها .

وإختيار واحد أو أكثر من الطرق السابقة يعتمد على الإمكانات المتاحة مثل الناحية الإقتصادية أو المستوى التكنولوجى أو نوعية المعدات أو غير ذلك وفيما يلى لمحة سريعة عن بعض الطرق الأكثر ملاءمة للظروف المحلية :

٢/٤/٢/٥ إستبدال التربة

يعتبر إستبدال التربة (Soil Replacement) أحد الطرق البسيطة والسهلة لتأسيس الأساسات السطحية فى حالة التربة القابلة للإنتفاخ . ويتم إستبدال التربة بأخرى غير قابلة للإنتفاخ ولإتمام عملية الإستبدال يجب تحديد (أ) نوع التربة المستخدمة (ب) عمق الإستبدال (ج) إمتداد الإستبدال (د) درجة الدمك .

وعلى المهندس الاستشارى أخذ النقاط التالية فى الاعتبار :

- يجب أن تتم عملية الإستبدال تحت إشراف هندسى مستمر .
- يجب أن يتم دمك تربة الإستبدال جيداً وعلى طبقات لاتزيد عن ٠,٣٠ متر .
- يجب التأكد من عدم وصول المياه إلى تربة الموقع قبل إتمام عملية الإستبدال .

٢/٤/٢/٥ (أ) نوع تربة الإستبدال

أى من أنواع التربة التى تتراوح من تربة زلطية إلى تربة رملية تكون صالحة ويجب الأخذ فى الإعتبار أنه إذا كانت التربة من الزلط والرمل فإن المياه السطحية يمكنها التسرب من خلالها بسهولة وتسبب بلل التربة القابلة للإنتفاخ تحتها.

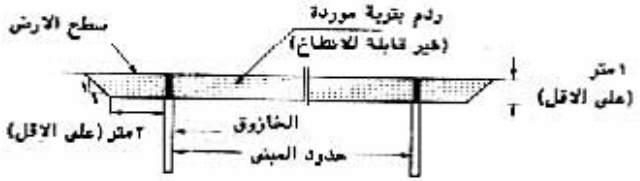
٢/٤/٢/٥(ب) عمق الإستبدال

لا يمكن تحديد عمق الإستبدال إلا بعد تحديد قيمة الإنتفاخ تحت الحمل التصميمى وعمق التربة الفعال المتوقع أسفل الأساسات.

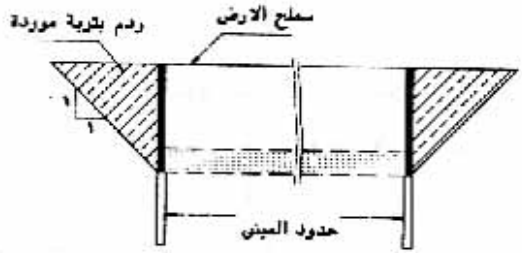
٢/٤/٢/٥(ج) إمتداد الإستبدال الأفقى

شكل (٥ – ٩) يوضح إمتداد الإستبدال الأفقى المقترح فى حالة المبانى التى لها بدروم والمبانى بدون بدروم . ويوضح الشكل أن إمتداد الإستبدال مساويا لعمقه وفى حالة المبانى التى تحتوى على بدروم فأن التربة المستخدمة فى الردم فوق منسوب الأساسات يجب أن تكون من نفس نوع

التربة الغير منتفخة المستخدمة فى عملية الإستبدال أسفل الأساسات ويجب دمك الردم حول المبنى بطريقة سليمة حتى يقلل من وصول المياه السطحية أسفل الأساسات .



ا-فى حالة عدم وجود بدروم



ب-فى حالة وجود بدروم

شكل (٥-٩) إمتداد الإستبدال الأفقى

٢/٤/٢/٥ (د) درجة الدمك

يتم تحديد درجة دمك تربة الإستبدال بمعرفة المهندس الاستشارى تبعاً لنوع هذه التربة والظروف التى يتعامل معها.

٣/٤/٢/٥ التحكم فى نسبة الرطوبة

بالإضافة إلى إستخدام طرق الصرف الصحى السطحية المناسبة وطرق الصرف تحت السطحى، تستخدم معظم طرق التحكم فى نسبة الرطوبة حول المحيط الخارجى للمبنى ويتم ذلك إما باستخدام حواجز رأسية أو أفقية أو كليهما كما يلى :

٣/٤/٢/٥ (أ) حواجز التحكم الأفقية

يمكن تركيب حواجز أفقية للتحكم حول المبنى فى صورة أغشية غير منفذة وذات مقاومة عالية للظروف المحيطة مثل النايلون والبولييثيلين أو رصف صلد أو رصف مرن حول المحيط

الخارجى للمبنى كما هو مبين فى شكل (٥ - ١٠) .

والغرض من إستخدام هذه الحواجز هو منع المياه السطحية من التسرب الى تربة التأسيس . ولكن يجب الأخذ فى الإعتبار أن التربة الجافة أسفل الغشاء قد تصبح مبتلة بعد فترة من الزمن نتيجة منع الغشاء لتبخر أى مياه تصل إلى هذه التربة . كما أنه من الممكن للمياه السطحية أن تتسرب الى داخل التربة أسفل المبنى خلال الحدود الخارجية للغشاء أو خلال أى ثقوب قد تظهر

شكل (٥-١٠) حواجز التحكم الأفقية

فى الغشاء بعد فترة من الزمن . ولذلك فإن الفائدة من استخدام الأغشية حول المبانى هو زيادة الفترة الزمنية لتسرب المياه وتخلل الرطوبة إلى داخل التربة وكذلك توزيع الرطوبة داخل التربة بصورة أكثر إنتظاماً .

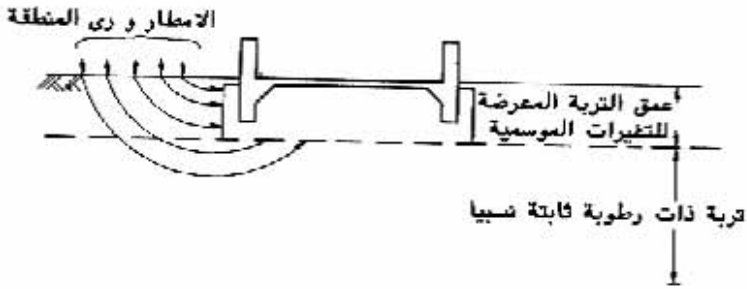
وفى حالة إستخدام الرصف الصلد مثل الخرسانة أو المشايات يجب أن تكون الفواصل بين الأرصفة الصلبة وبين حوائط المبنى محكمة حتى لا تسمح بنفاذ المياه . فإذا كانت الفواصل غير محكمة فإن المياه سوف تتسرب إلى داخل التربة فى هذه المناطق متسببة بدورها فى إنتفاخ التربة أسفل الأساسات . ولذلك يجب مراعاة عمل ميول سطحية بالرصف لصرف المياه بعيداً عن المبنى ومنع تجميع المياه فى صورة برك بالقرب من المبنى ، وذلك لأن التربة أسفل الرصف قد تنتفخ وتسبب حركة الرصف رأسيا بحيث يميل الرصف ويؤدى إلى سريان المياه السطحية فى لإتجاه المبنى بدلا من بعيداً عنه .

أما الرصف المرن فهو عبارة عن أغشية أسفلتية يمكن أن توضع لمنع نفاذ المياه أو الرطوبة إلى التربة أسفل المبنى . وهذه الأغشية قد تكون سابقة التصنيع أو تقام برش الأسفلت فوق سطح التربة القابلة للإنتفاخ فى الموقع .

٣/٤/٢/٥ (ب) حواجز التحكم الرأسية

يمكن استخدام حواجز رأسية للتحكم فى الرطوبة حول المحيط الخارجى للمبنى وتعوق هذه الحواجز الرأسية مسار المياه المتجهة إلى أسفل المبنى .

ويمكن إنشاء الحواجز الرأسية بإستخدام أغشية من البلاستيك أو حواجز من الخرسانة أو الأنسجة الجيوتكنيكية أو غيرها من المواد غير المنفذه للمياه وعالية المقاومة للظروف المحيطة . وتعوق هذه الحواجز مسار المياه إلى التربة أسفل الأساسات كما هو موضح فى شكل (٥ - ١١). ونظراً لأن الحواجز الرأسية تقلل من معدل نفاذ المياه إلى أسفل المبنى وتوزع المياه بانتظام فان نسبة الرطوبة تصبح متقاربة فى الأماكن المختلفة للتربة أسفل المبنى .



شكل (٥-١١) إعاقة مسار المياه إلى الأساسات باستخدام الحواجز الرأسية

٣/٤/٢/٥ (ج) صرف المياه تحت السطحى

يستخدم الصرف تحت السطحى للأغراض الآتية :-

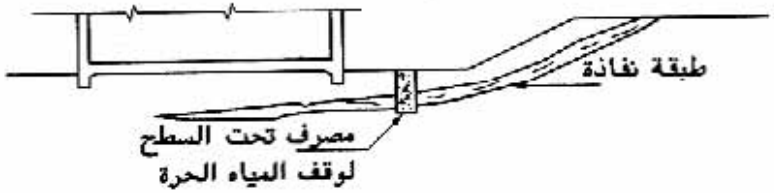
١- وقف مسار المياه الحرة الحركة .

٢- خفض منسوب المياه المتسربة إلى أسفل المبنى أو المياه المحجوزة فى خزان ماء أرضى مغلق أو مرتفع .

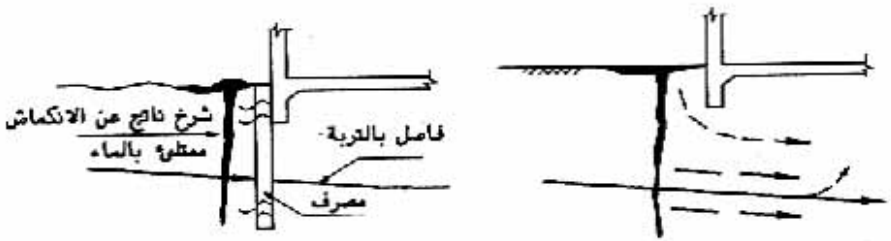
٣- إعاقة حركة المياه نتيجة الخاصية الشعرية.

تكون حركة المياه فى التربة نتيجة للسريان الحر تحت تأثير الجاذبية الأرضية خلال طبقة منفذة أسفل سطح الأرض ، مثل طبقة من تربة زلطية أو طبقة من الطين المشققة كما هو موضح فى شكل (٥-١٢) يجب أن يملأ المصرف بزلط كما أنه يجب أن يكون عميق بالقدر الكافى حتى يصل إلى طبقة التربة المنفذة ويجب ألا يقل عمق المصرف عن ١,٠ متر أسفل الأساسات ويجب أن يؤدى إلى مخرج مناسب لصرف المياه بعيداً عن المبنى . ويوضح شكل (٥ - ١٢) المكان

المناسب لإقامة المصارف لإعاقة مسار المياه .



شكل (٥-١٢) طريقة وقف المياه الحرة باستخدام المصرف تحت السطحى



شكل (٥-١٣) وقف مسار المياه باستخدام المصارف تحت السطحية

٣/٤/٢/٥ (د) صرف المياه السطحى

يجب أن يشكل سطح الأرض حول المبنى بحيث تتسبب الميول السطحية فى صرف المياه بعيداً عن المبنى فى جميع الإتجاهات .

كما يجب الإهتمام بصيانة المواسير التى تمر أسفل المبنى والتأكد من عدم تسرب المياه منها مع عدم تعرض المواسير لإجهادات إضافية نتيجة إنتفاخ التربة حول وأسفل المبنى. وكذلك عدد زراعة أى نباتات أو أشجار حول المبنى فيجب أن تبعد مسافة ٣,٠٠ متر على الأقل من المحيط الخارجى للمبنى حيث أنه من المتوقع أن الأشجار تغير محتوى الرطوبة داخل التربة .

٤/٤/٢/٥ طرق التأسيس

يتوقف مقدار الإنتفاخ المتوقع فى الطبيعة على ظروف كثيرة منها نوع التربة والسمك المتوقع تشبعه تحت الأساسات والظروف المحيطة لذلك فإنه يترك للمهندس الاستشارى إختيار طريقة التأسيس المناسبة بعد ترجمة المعلومات المتاحة من الطبيعة ومن المعمل من خلال التجارب السابق الإشارة إليها لتعيين خصائص الإنتفاخ .

وفيما يلى نتعرض لبعض طرق التأسيس للإسترشاد بها سواء فى التصميم أو التنفيذ.

٤/٤/٢/٥ (أ) الأساسات السطحية

يفضل استخدام الأساسات السطحية (قواعد منفصلة أو قواعد شريطية أو لبشة) اذا كان سمك التربة المنتفخة ممتد إلى أعماق كبيرة وبالتالى يصعب أو يستحيل استخدام الأساسات العميقة . ويمكن إستخدام الأساسات السطحية بنجاح فى حالة التربة القابلة للإنتفاخ باستخدام أحد الوسائل الآتية :-

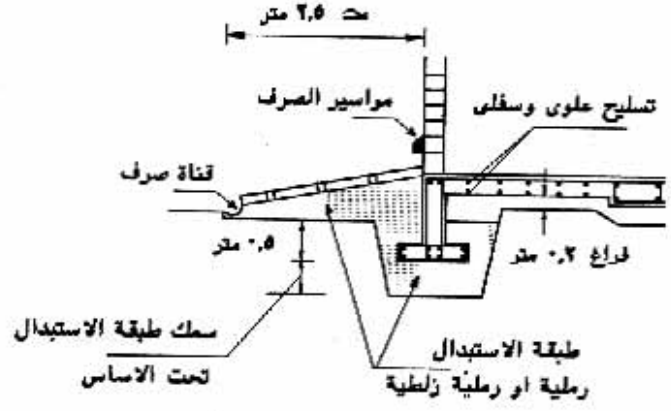
- تقليل أو ملاشاة طاقة الإنتفاخ المؤثرة على الأساسات.
- التحكم فى الاجهادات بحيث يكون الحمل الميت المؤثر على التربة كاف لمنع الإنتفاخ.
- جعل المبنى جاسئ بالقدر الكافى بحيث لا يتأثر بالحركة نتيجة الإنتفاخ النسبى .

ويفضل فى جميع الأحوال عدم التأسيس مباشرة على التربة القابلة للإنتفاخ الا مع إستخدام طبقة إستبدال تصمم بحيث تتحمل أحمال المنشأة وبدرجة دمك تناسب طاقة الإنتفاخ المتوقع . مع اجراء تجارب حقلية للتأكيد من كفاءة طبقة الإستبدال . ويبين شكل (٥ - ١٤) نماذج لطبقة إستبدال علما بأن استخدام وسادة من التربة (رملية - رملية زلطية) أسفل الأساسات يؤدى إلى توزيع حركة التربة أسفل الوسادة بصورة أكثر إنتظاماً وبالتالى تقليل الإنتفاخ النسبى .

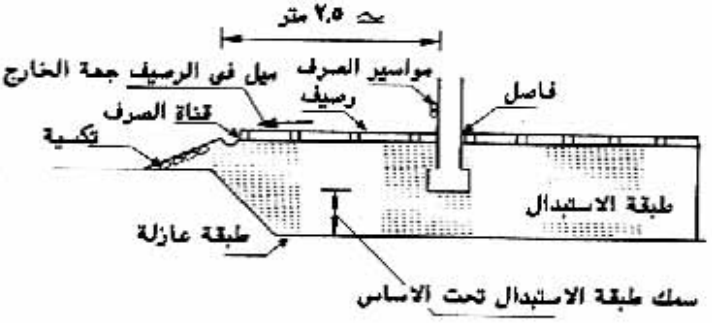
(١) القواعد المنفصلة

تعتبر القواعد المنفصلة هى الأكثر استخداماً بالنسبة للأساسات السطحية حيث من الممكن التحكم فى تركيز الاجهادات أسفلها . وفى جميع الحالات يراعى ما يلى :-

- ربط القواعد فى الاتجاهين بميد لمقاومة أى فروق فى الحركة بين القواعد .
- يجب ترك فراغ بين الميد وسطح التربة اذا لم تكن تربة الإستبدال مستمرة تحت الميد .



نموذج استرشادى (أ)



نموذج استرشادى (ب)

شكل (٥-١٤) نماذج إسترشادية لإستخدام طبقة الإستبدال

(٢) القواعد الشريطية

يفضل استخدام القواعد الشريطية ذات العصب فى الاتجاهين وفى حالة استخدامها يراعى ما يلى:

- يتناسب قطاع العصب مع الإنتفاخ النسبى .
- أن تكون القواعد الشريطية بعرض صغير لزيادة تركيز الاجهادات أسفلها .
- فى حالة استخدام القواعد الشريطية فى اتجاه واحد فقط يتم ربطها فى الاتجاه العمودى بميد.

(٣) أساس اللبشة

لا يفضل استخدام اللبشة إلا فى حالات خاصة حيث أنها تحد من تحرك التربة المنتفخة لذلك فإنه فى حالة الإضطرار لاستخدامها فيجب أن تصمم على افتراضات لميكانيكية التشكل المتوقعة كما هو موضح بالشكل (٥ - ١٥) والذى يبين افتراض إنتفاخ التربة فى الوسط أو أنكماشها عند الأطراف كما يبين الأفتراض الآخر وهو إنتفاخ التربة عند الأطراف أو إنكماشها فى الوسط .

٤/٤/٢/٥ (ب) الأساسات العميقة

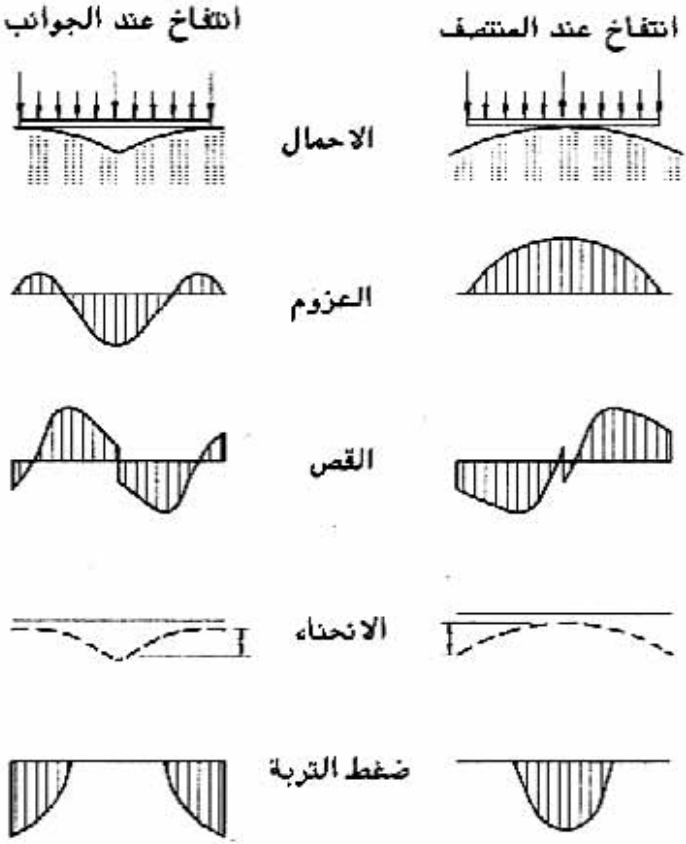
من أهم الأنواع المستخدمة كأساسات عميقة هى الآبار أو الخوازيق موسعه النهايات (Underreamed Piles) .

وفى حالة استخدام الأبار يتم الحفر يدوياً حتى الوصول للتربة غير القابلة للإنتفاخ شكل(٥-١٦) أما الخوازيق موسعة النهايات فيتم تنفيذها بالتفريغ حتى الوصول إلى الطبقة غير القابلة للإنتفاخ شكل (٥ - ١٧) . وفى هذه الأحوال يجب مراعاة ما يأتى :

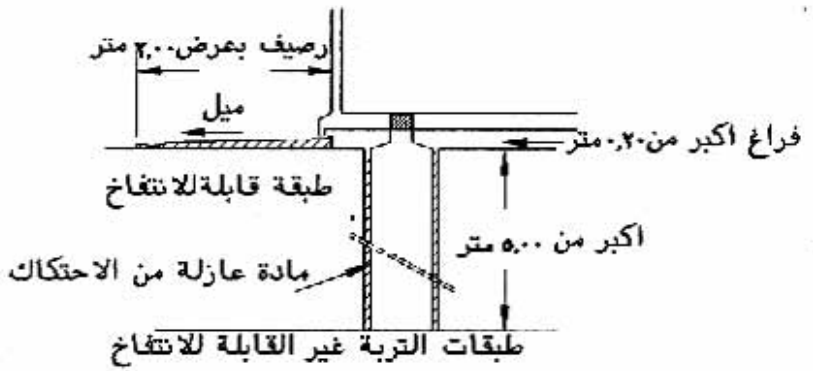
١ - أن تكون جميع الميد والبلاطات وعناصر المنشأ الأخرى غير ملامسة للتربة الإنتفاخية.

٢ - يراعى تسليح الخوازيق لمقاومة اجهادات الشد المتولدة من قوى الرفع على جسم الخازوق .

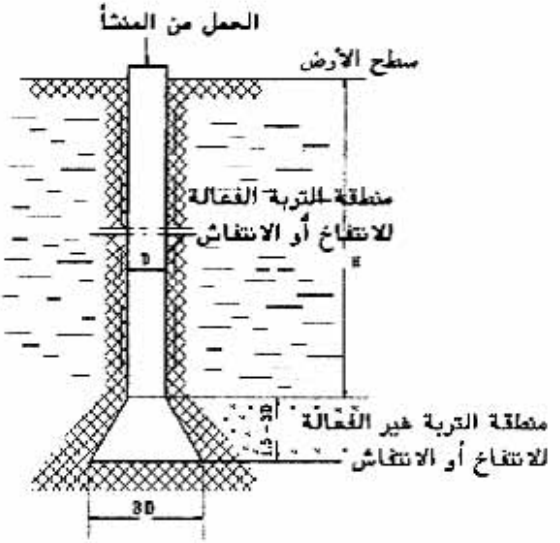
٣ - يمكن عزل الخازوق بكامل طوله عن التربة المحيطة ويتم ذلك بالتثقيب بدائرة أوسع من قطر الخازوق ثم توضع ماسورة صلب داخل الحفرة ويتم ملئ الفراغ بين الماسورة والتربة بالرمل وأثناء صب الخرسانة يتم سحب الماسورة . وهناك بدائل للرمل مثل الصوف الزجاجى والفرميكوليت الممدد والبوليثين .



شكل (٥-١٥) منحنيات العزوم و القص و الإنحناء وضغط التربة بتاثير الإنتفاخ



شكل (٥-١٦) نموذج إسترشادى للأبيار المستخدمة فى التربة القابلة للإنتفاخ



شكل (٥-١٧) مواصفات الخازوق ذو النهاية الموسعة

٥/٢/٥ المتطلبات الاساسية لتقرير أبحاث التربة

بالإضافة إلى المتطلبات الأساسية لإعداد تقرير دراسة التربة والاساسات فإنه فى حالة تواجد التربة القابلة للإنتفاخ فإن التقرير يجب أن يحتوى على معلومات إضافية أهمها :

١ - طبوغرافية الموقع ومنسوب سطح الأرض به بالنسبة لمنسوب سطح البحر .

٢ - تواجد المياه الأرضية من عدمه ومصادر المياه المحتمل وصولها لموقع الانشاء (سيول - صرف صحى - صرف زراعى) .

٣ - معلومات جيولوجية عن الموقع .

٤ - اختبارات لتحديد خصائص الإنتفاخ بالاضافة الى الخصائص الطبيعية مثل الكثافة الجافة والرطوبة الطبيعية ومحتوى الطين.

٥ - اعتبارات خاصه بالتصميم الإنشائى مثل احتمالات الحركة الرأسية والحركة الافقية .

٦ - فى حالة وجود أكثر من حل خصوصاً فى اقتراحات المعالجة يتم تقديم دراسة مالية واقتصادية مقارنة .

٧ - توضيح طرق التحكم فى المياه المحتمل وصولها إلى تربة الأساس فى حالة وجود أغشية أفقية أو رأسية .

كما يجب أن يحتوى التقرير على إحتياطات أهمها :-

١ - وجود رصف حول المبنى مع جعل ميوله فى اتجاه بعيد عن المبنى للتحكم فى المياه .

٢ - عدم وجود خطوط للصرف مارة تحت المبنى سواء فوق الأرض أو تحتها .

٣ - ان تكون التركيبات الصحية الخارجية مصممه بحيث لايكون هناك احتمال لكسر الوصلات (تحميل غرف التفتيش والجاليتراب على أساسات منفصلة أو على كابولى خارج من المبنى) وكذلك عدم إستخدام المواسير الفخار .

٤ - عدم زراعة أشجار بالقرب من المبنى وفى حالة وجود صنابير لمياه الرى أن تكون بعيدة عن المبنى .

المراجع :

1- Canadian Geotechnical Society, (1992) "Foundation Engineering Manual" 3rd Edition, 512 p.

2- Annual Book of ASTM Standard, (1999) Volume 04.08. D 4829-95, D4564-96.

3- Departement of the Army, (1983), "Technical Manual TM5 - 818 – 7", "Foundations in Expansive Soils". USA.

4- Fredlund, D.G., (1983) "Prediction of Ground Movement in Swelling Clay", Presented at the 31st Annual Soil Mech. and Foun. Eng. Conf. of Minnsota, Minneapolis. (quoted by Nelson et al, 1992).

5- Hamberg, D.J., (1985) "A Simplified Method for Predicting Heave in Expansive Soils" M.Sc. Thesis, Colorado State Univ., Fort Collins, 275p.

6- Holtz, W.G. and Gibbs, H.G.,(1956) "Engineering Properties of Expansive Clays" Transactions ASCE, Vol. 121, pp 641-677.

7- Rama, R., Rahadjo, H., and Fredlund, D.G. (1988) "Closed Form Heave Solutions for Expansive Soils" Journal of Geotechnical Engineering ASCE, Vol. 144, No. 5, pp. 573-589.

8- Van Der Merwe, D.H., (1964), "The Prediction of Heave from the Plasticity Index and Percentage Clay Fraction of Soils", "Civil Eng. in South Africa, Vol. 6, No. 6, June, pp 103-107.

9- Seed, H.B. Woodward, R.J., Jr., and Lundgren, R., (1962), "Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays", "Soil Mech. and Foun. Division, ASCE, vol. 88, No. SM3, June, pp. 53-87.

10- Dakshanamurthy,V. and Raman,V., (1973), "A Simple Method of Identifing an Expansive Soil", Soils and Foundations, Japanese Society, Vol. 13, No. 1, March, pp. 97-104.

11- NAVFAC DM- 7.3, (1982), "Soil Dynamics, Deep Stabilization, and Special Geotechnical Construction", Virginia. USA.

12- Mouroux,P., Margron,P., and Pinte, J. (1988), "la Construction Economique sur Sols Gonflants", Manuels et Methodes No. 14, BRGM, France.

13- Mohan, D., Jain, G.S, and Sharma, D., (1967), "Bearing Capacity of Multiple Underreamed Bored Piles", Proc. of the 3rd Asian reg. Conf. of Soil Mech. & Foun. Eng. Haifa, vol. I, pp. 103-106.

14- Kamtey, B.A., (1980), "Some Secrets of Building Structures on Expansive Soils", Civil Eng. ASCE, Dec., pp. 53-55.

15- Gidigasu, M.D., (1980), "General Report on Foundations on Problem Soils" Proc. of 7th Reg. Conf. Africa Accra, Vol. 2, pp. 689-703.

٥/٣ الاساسات على التربة القابلة للانهيار

٥/٣/١ عموميات

التربة القابلة للانهيار هى التربة التى ينقص حجمها عند وصول الماء اليها والذى يؤدى الى تفكك التماسك بين حبيباتها وفى بعض أنواع التربة يمكن حدوث الهبوط عندما تتعرض التربة للاهتزاز بعد تشبعها بالماء. وتتواجد التربة القابلة للانهيار بأنواع مختلفة خاصة فى المناطق الجافة والمتوسطة الجفاف حيث يسود النقص فى نسبة الرطوبة . والمكونات الرئيسية فى التربة القابلة للانهيار هى الرمل والطمى مع وجود نسبة من الطين كمادة لاحمة او مواد لاحمة أخرى .

٥/٣/١/١ المشكلة والعوامل المؤثرة

هناك شرطين أساسين لكى يحدث انهيار التربة وهما أن يكون تركيب التربة يحتوى على نسبة فراغات كبيرة نسبيا وأن تكون نسبة الرطوبة ضئيلة وأقل بكثير من درجة التشبع. بالإضافة الى ذلك يجب تواجد مصدر مؤقت لتماسك التربة يساعد على مقاومتها لقوى القص. والمصدر الرئيسى لهذه المقاومة ناتج عن التلاصق بين الحبيبات بمواد لاحمة أو عن طريق الشد السطحى فى المياه داخل الفراغات التى تزيد من الضغط المؤثر ومن التماسك بين الحبيبات .

وبتأثر كل من مقدار ومعدل الانهيار بعوامل تتوقف على خصائص التربة مثل محتوى الطين فى التربة والتركيب المعدنى للمواد المكونة للتربة، وشكل حبيبات التربة والتوزيع الحجمى لهذه الحبيبات، ونسبة الرطوبة الطبيعية، والكثافة الجافة، ونسبة الفراغات وحجم وشكل هذه الفراغات وتركيز الأيونات، والمواد اللاحمة مثل الجبس وكربونات الكالسيوم والأملاح وأكاسيد الحديد والمواد الطينية. وكذلك عوامل خارجية مثل العمق المتأثر يتغير محتوى الرطوبة نتيجة لتعرض التربة للمياه وكذلك العمق المتأثر بأحمال المنشأ .

٥/٣/١/٢ تعريفات

٥/٣/١/٢ (أ) طاقة القابلية للانهيار

يقدر احتمال الهبوط بقياس طاقة القابلية للإنهيار(Collapsibility Potential) والتى تعرف بأنها مقدارالانضغاط الذى يحدث عند اضافة الماء الى عينة التربة فى تجربة الأيدومتر تحت ضغط قدرة ٢٠٠ كيلو نيوتن / متر مربع (٢كجم /سم^{٢}).

٢/١/٣/٥ (ب) درجة التشبع الحرجة

درجة التشبع الحرجة (Critical Degree of Saturation) هى درجة التشبع التى اذا زادت درجة التشبع الطبيعية عنها يقل احتمال الانهيار بينما يتزايد هذا الاحتمال اذا قلت درجة التشبع الطبيعية عنها .

٢/٣/٥ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

١/٢/٣/٥ مقدمة

عند عمل جسات فى التربة القابلة للانهيار بصفة خاصة وجميع أنواع التربة المشبعة جزئياً بصفة عامة يجب تنفيذ الجسة بالطريقة الجافة لضرورة الاحتفاظ بنسبة الرطوبة الطبيعية ولذلك يوصى باستخدام الطرق التالية فى استكشاف الموقع :

٢/٢/٣/٥ طرق استكشاف الموقع

٢/٢/٣/٥ (أ) الحفر المفتوح

نظراً لتواجد طبقات التربة القابلة للانهيار عادة فوق منسوب الماء الأرضى وإنها فى معظم الأحوال متماسكة فأنه يمكن استخدام الآبار المفتوحة بدون أى صعوبات . وقد أفادت الخبرة المحلية بأنه يمكن الحصول على عينات كتلية غير مقلقلة من أعماق مختلفة تصل أحياناً إلى أكثر من ١٥ متر من هذه الآبار .

وهناك تحذير هام وهو ضرورة وضع علامة على العينات توضح اتجاه الترسيب حتى لا نحصل على نتائج غير صحيحة إذا ما اختبرت العينات فى المعمل فى اتجاه مخالف لاتجاه ترسيبها فى الطبيعة .

وطريقة الابار المفتوحة لايصلح استخدامها فى حالة التربة المكونة من رمل سائب حيث يتعذر تنفيذ هذه الطريقة والحصول على عينات غير مقلقلة، وبالتالى فإن إجراء التجارب الحقلية يساعد فى التعرف على طبيعة مكونات هذا النوع من التربة القابلة للإنهيار .

٢/٢/٣/٥ (ب) الجسات الميكانيكية

الجسات الميكانيكية تساعد على التعرف على تتابع طبقات التربة والتى قد يصعب اختراقها يدوياً لأعماق كبيرة مع ملاحظة أن استخدام سوائل الحفر يزيد بشكل ملحوظ من نسبة الرطوبة وقلقلة العينات المستخرجة. وللحصول على عينات غير مقلقلة يجب أن تكون هناك نسبة من الجسات

يتم تنفيذها بالسفر المفتوح كما انه يمكن استخدام الجسات الميكانيكية باستعمال الهواء فى التبريد.

٣/٢/٣/٥ طرق إستخراج العينات

إستخراج عينات جيدة غير مقلقلة تصلح للقياسات المعملية شيء اساسى فى تقدير مدى قابلية التربة للإنهيار.

وعادة ما تستخرج عينات كتلية تقطع باليد من جوانب او قاع حفر الإختبار لأن أخذ العينات بواسطة القوالب و المواسير ذات الجوانب الرفيعة ينتج عنه إنضغاط للعينات أثناء عملية استخراج العينات هذا الانضغاط يؤثر على نتائج تجارب القابلية للانهيار عند اجرائها فى المعمل باستخدام هذه العينات .

ومطلوب منتهى العناية بالمحافظة على نسبة الرطوبة الطبيعية للعينات وأن تصل الى المعمل بدون حدوث أى جفاف لها . فيجب ان تحفظ العينات فى أكياس من البلاستيك أو أوعية غير منفذة للهواء وترسل عقب استخراجها مباشرة الى المعمل لتعيين نسبة الرطوبة الطبيعية فى اسرع وقت ممكن .

كما يجب عدم استخراج العينات من مواسير اخذ العينات فى الموقع ، مع تجنيب تعرض العينات الى اى صدمات او اهتزازات أثناء النقل الى المعمل .

٤/٢/٣/٥ التجارب الحقلية

عند استخدام آى تجارب حقلية فى التربة القابلة للانهيار يجب ان يسمح باجراء التجربة مرتين المرة الأولى على التربة فى حالتها الطبيعة والثانية عند التشبع بالماء وذلك لمقارنة انضغاط التربة تحت الاحمال وهى فى الحالة الطبيعة وانضغاطها وهى مشبعة بالماء واستنتاج معامل الإنضغاط فى كلتا الحالتين للمقارنة بينهما . كما يجب اجراء التجارب الحقلية فى عدة أماكن متفرقة من الموقع (بحيث لا تقل عن ٣ تجارب) لبيان مدى تماثل النتائج وتجانس طبقات التربة بالموقع .

٤/٢/٣/٥ (أ) تجارب الاختراق

من المعتاد استخدام كل من اختبار الاختراق القياسى واختبار المخروط الديناميكى لقياس الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة . ومن أهم العوامل التى تؤثر على نتائج تجارب الاختراق الحقلية فى حالة التربة القابلة للانهيار هو درجة الترابط بين حبيبات التربة حيث أن هذا الترابط عادة

يؤدى الى زيادة عدد الضربات مما ينتج عنه تقدير قيمة الكثافة الحقلية أكثر من الواقع . وقد تكون درجة الترابط شديدة الى الحد الذى يصعب معه اجراء تجارب الاختراق أو حتى عدم امكان اجرائها. وبمقارنة عدد دقات الاختراق القياسى قبل وبعد الغمر بالماء فانه يمكن اعتبار النقص فى عدد الدقات نتيجة الغمر بالماء كمؤشر لإحتمال قابلية التربة للإنهيار .

٤/٢/٣/٥(ب) الكثافة الحقلية

تعتبر قيمة الكثافة الحقلية مؤشراً مفيداً لقابلية التربة على التغير الحجمى الضار وذلك للتربة المشبعة جزئياً بالماء . فمعرفة قيمة الكثافة الحقلية بالإضافة الى نسبة الرطوبة الطبيعية لقطاع التربة من الممكن ان تدل على درجة القابلية للإنهيار وفى بعض الأحيان فأن الكثافة الحقلية للتربة الانهيارية قد تكون عالية نسبياً فى حين ان محتوى الرطوبة الطبيعية قليل جداً .

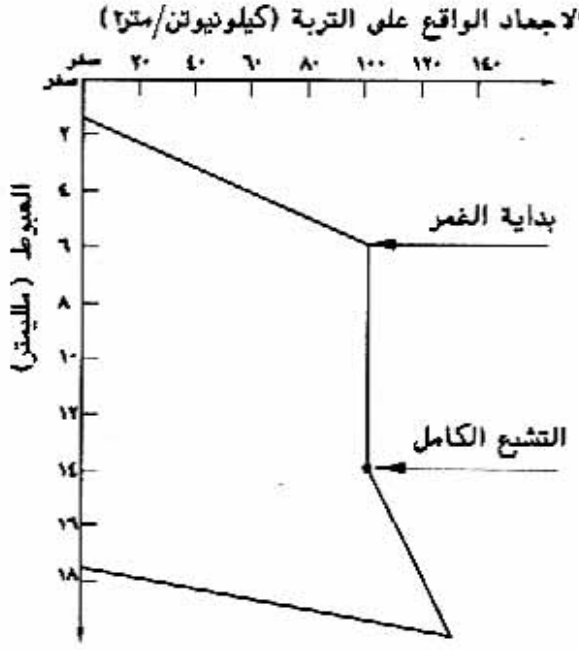
ومن الصعب تحديد قيم ثابته للكثافة لجميع انواع التربة القابلة للانهيار ومع ذلك يمكن الحصول على مثل هذه الحدود لأى نوع من التربة . ومن الطرق القياسية لتعيين الكثافة الحقلية ما يلى:-

- العينات غير المقلقلة مباشرة .
- مخروط الرمل .
- البالون المطاط .
- الطرق النووية .

٤/٢/٣/٥(ج) اختبارات التحميل

عرفت اختبارات التحميل كأول التجارب الحقلية المستخدمة فى ابحاث التربة والصخور وتحتوى أسس تصميم وشروط تنفيذ المبانى عادة على هذا الإختبار بغرض التحقق من اجهاد التأسيس ومقاومة التربة للقص وانضغاطها ولتعيين معامل رد فعل التربة .ولقياس درجة الانهيار يمكن استخدام اختبارات تحميل باللوح قطر ٣٠٠ مم على سبيل المثال بحيث يجرى الاختبار عند مواقع مختارة فى حدود عمق يتراوح من ١,٠٠ إلى ٢,٠٠ متر أو عند عمق التأسيس الموصى به حيث يتم تحميل اللوح تدريجياً على مراحل مع تسجيل الهبوط المناظر لكل حمل وعند ضغط معين (وليكن مساوياً لاجهاد التأسيس المقترح) يتم غمر التربة أسفل اللوح بالماء إلى درجة التشبع مع قياس الهبوط الحادث من الانهيار . ويبين الشكل رقم (٥-١٨) مثالاً لنتيجة اختبار تحميل لوحى . وعادة يعبر عن الهبوط الحادث من الانهيار كنسبة مئوية من قطر اللوح ويمكن تحليل نتائج التحميل اللوحى بفرض أن اللوح يمثل مساحة دائرية عالية الجساءة محملة على كتلة

نصف لانهائية . وتستخدم المعادلة التالية لحساب معامل الانضغاط للتربة عند نسبة الرطوبة الطبيعية وكذا بعد التشبع .



شكل (٥-١٨) الشكل العام لنتائج إختبار لوح التحميل

$$E = \frac{\pi P r}{2S}(1-\upsilon)^2 \qquad (٥-٣)$$

حيث:

S الهبوط الرأسى

υ نسبة بواسون للتربة (يمكن أن تفرض ٠,٣)

P متوسط الجهد المؤثر .

r نصف قطر اللوح الدائرى .

E معامل الانضغاط (Modulus of Compressibility)

ويعكس الانخفاض في معامل الانضغاط للتربة نتيجة التشبع قابلية التربة للانهيار وبالنظر إلى

إحتمال البلل الموضعى فى التربة القابلة للانهيار فأنه يوصى بأخذ الهبوط النسبى على أنه يساوى نصف الهبوط عند نسبة الرطوبة الطبيعية مضافاً اليه الهبوط الحادث من الانهيار بالكامل .
يمكن عمل عدة اختبارات عند أماكن مختارة مع الغمر عند ضغوط مختلفة للحصول على علاقة بين الهبوط واجهاد التحميل. ويستفاد من هذه العلاقة فى تحديد اجهاد تحميل التربة الآمن فى ضوء الهبوط المسموح به لكل نوع من المنشآت .
وهنا يجب الاشارة الى أن اختيار قطر لوح التحميل يجب ان يتناسب مع عمق الطبقة القابلة للانهيار. وعامة فقد أوضحت بعض الدراسات أن اختبار التربة الانهيارية باستخدام لوح تحميل ٥٠٠ مم أو أكثر يحسن من واقعية النتائج .

٤/٢/٣/٥ (د) اختبارات برك الغمر

هذا الاختبار من الاختبارات الحقلية البسيطة التى يمكن إجراؤها أثناء استكشاف الموقع التعرف على احتمال الهبوط الإنهيارى وتناسب حالة المساحات الكبيرة عندما تكون طبقات التربة القابلة للانهيار سطحية .

يتم تكوين سد ترابى صغير حول مساحة ٦×٦ متر وتغمر المساحة على فترات منتظمة سواء بالرش أو بالخرطوم لمدة ١٤ يوماً ويثبت ٥ أوتاد مساحية فى التربة ، ٤ منها فى الأركان وواحدة فى منتصف المساحة . ويتم رصد منسوب هذه الاوتاد يومياً بالنسبة لنقط ثابتة . يستخدم إصطلاح سطح الأرض " متزن " أو " غير متزن " إذا كان هبوط هذه الأوتاد صغيراً أو كبيراً على الترتيب .

٣/٣/٥ الاختبارات المعملية للتصنيف والتعرف على التربة

١/٣/٣/٥ مقدمة

يمكن التعرف مبدئياً على التربة القابلة للانهيار بفحصها بالعين المجردة وفى معظم الأحيان تكون التربة القابلة للانهيار متماسكة قليلاً بحيث يمكن قطعها باليد وعند غمرها فى الماء تفقد هذا التماسك فى الحال. كذلك تحتوى التربة القابلة للانهيار دائما على نسبة صغيرة من المواد الداعمة مثل الطمى والطين وعموماً تتميز ترسيبات التربة القابلة للانهيار بتركيب هيكلى كثير الفراغات مكون من حبيبات من الطمى والرمل كما فى شكل (٥-١٩) وتلعب بنية وتركيب حبيبات التربة

إحتمال البلل الموضعى فى التربة القابلة للانهيار فأنه يوصى بأخذ الهبوط النسبى على أنه يساوى نصف الهبوط عند نسبة الرطوبة الطبيعية مضافاً اليه الهبوط الحادث من الانهيار بالكامل .
يمكن عمل عدة اختبارات عند أماكن مختارة مع الغمر عند ضغوط مختلفة للحصول على علاقة بين الهبوط واجهاد التحميل. ويستفاد من هذه العلاقة فى تحديد اجهاد تحميل التربة الآمن فى ضوء الهبوط المسموح به لكل نوع من المنشآت .
وهنا يجب الاشارة الى أن اختيار قطر لوح التحميل يجب ان يتناسب مع عمق الطبقة القابلة للانهيار. وعامة فقد أوضحت بعض الدراسات أن اختبار التربة الانهيارية باستخدام لوح تحميل ٥٠٠ مم أو أكثر يحسن من واقعية النتائج .

٤/٢/٣/٥ (د) اختبارات برك الغمر

هذا الاختبار من الاختبارات الحقلية البسيطة التى يمكن إجراؤها أثناء استكشاف الموقع التعرف على احتمال الهبوط الإنهيارى وتناسب حالة المساحات الكبيرة عندما تكون طبقات التربة القابلة للانهيار سطحية .

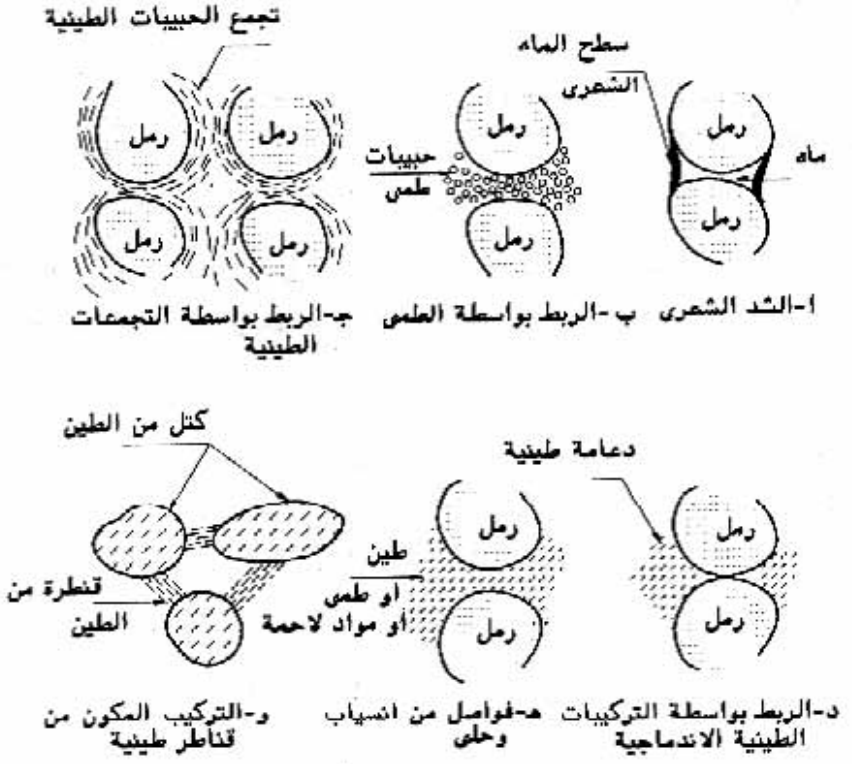
يتم تكوين سد ترابى صغير حول مساحة ٦×٦ متر وتغمر المساحة على فترات منتظمة سواء بالرش أو بالخرطوم لمدة ١٤ يوماً ويثبت ٥ أوتاد مساحية فى التربة ، ٤ منها فى الأركان وواحدة فى منتصف المساحة . ويتم رصد منسوب هذه الاوتاد يومياً بالنسبة لنقط ثابتة . يستخدم إصطلاح سطح الأرض " متزن " أو " غير متزن " إذا كان هبوط هذه الأوتاد صغيراً أو كبيراً على الترتيب .

٣/٣/٥ الاختبارات المعملية للتصنيف والتعرف على التربة

١/٣/٣/٥ مقدمة

يمكن التعرف مبدئياً على التربة القابلة للانهيار بفحصها بالعين المجردة وفى معظم الأحيان تكون التربة القابلة للانهيار متماسكة قليلاً بحيث يمكن قطعها باليد وعند غمرها فى الماء تفقد هذا التماسك فى الحال. كذلك تحتوى التربة القابلة للانهيار دائما على نسبة صغيرة من المواد الداعمة مثل الطمى والطين وعموماً تتميز ترسيبات التربة القابلة للانهيار بتركيب هيكلى كثير الفراغات مكون من حبيبات من الطمى والرمل كما فى شكل (٥-١٩) وتلعب بنية وتركيب حبيبات التربة

دوراً هاماً فى سلوك التربة القابلة للانهيار .



شكل (٥-١٩) نماذج التكوينات الداخلية للتربة القابلة للانهيار .

٢/٣/٣/٥ التعرف على التربة القابلة للانهيار (من الإختبارات البسيطة)

من الاختبارات البسيطة التى يمكن اجرائها الاختبار التالى :

أخذ عينة فى حجم اليد من التربة المراد اختبارها وتقسم هذه الكمية الى قطعتين وتسوى كل منهما حتى يصيرا متماثلتين فى الحجم . وبعد ذلك تبلل أحدى القطعتين بالماء وتعجن باليد لتكون كرة رطبة ويمكن مقارنة الحجمين مرة أخرى فاذا كانت الكرة المبللة أصغر حجماً فان ذلك يشير الى احتمال وجود خاصية القابلية للانهيار .

٣/٣/٣/٥ التعرف على التربة القابلة للإنهيار من الخواص الطبيعية

ومن الخواص الطبيعية التى تساعد على التعرف على التربة القابلة للانهيار نسبة الرطوبة الطبيعية، الكثافة الطبيعية، الكثافة الجافة ، حدود أتربرج، التدرج الحبيبى والكثافة النسبية .

(أ) نسبة الرطوبة الطبيعية

تتواجد التربة القابلة للانهيار فى المناطق الجافة وتتميز بأن نسبة رطوبتها الطبيعية منخفضة . لذا فإنه من الأهمية تعيين نسبة الرطوبة الطبيعية لهذه الأنواع من التربة .

ويجب العناية التامة بالاحتفاظ بنسبة الرطوبة الطبيعية لعينات التربة فيجب تغليف هذه العينات بحرص شديد فور استخراجها ونقلها إلى المعمل مباشرة دون أى تأخير .

(ب) الكثافة الطبيعية والكثافة الجافة :

تحتوى التربة القابلة للانهيار على كمية كبيرة من الفراغات ، وتكون كثافتها الجافة منخفضة وبوجود نسبة رطوبة ضئيلة تكون الكثافة الطبيعية منخفضة كذلك. وعادة تزداد القابلية للانهيار كلما قلت الكثافة . وتتراوح الكثافة الجافة لأنواع التربة القابلة للإنهيار بين ١١,٠٠ إلى ١٧,٠٠ كيلو نيوتن/م^{٣} (١,١ إلى ١,٧ جم /سم^{٣})، وترتبط القيم العالية للكثافة الجافة بوجود حبيبات تربة كبيرة .

(ج) حدود أتربرج

اذا كان من الممكن تعيين حدود اتربرج للتربة المختبرة فإنه يمكن الاستفادة بها فى توقع وجود خاصية القابلية للانهيار ، فاذا كانت نسبة الفراغات فى التربة كافية للإحتفاظ بنسبة رطوبة – عند تشبعها بالماء – مساوية لحد السيولة للمار من منخل مقاس فتحته ٠,٤٢٥ مم فإن هذه التربة تكون معرضة للانهيار عند تعرضها لزيادة نسبة الرطوبة .

(د) التدرج الحبيبى

منحنى التدرج الحبيبى يمكن أن يساعد فى التعرف على التربة القابلة للانهيار فهى غالباً ما تتكون من رمل ناعم وطمى بنسبة كبيرة قد يكون مختلطاً بكميات قليلة من الطين . التحليل المنخلى بالطريقة الجافة قد يعطى نتائج مضللة لأن الحبيبات الكبيرة عادة ما تكون مغلفة بمواد ناعمة لاصقة لذلك يوصى باستخدام الماء فى غسل الحبيبات فى التحليل المنخلى بالإضافة إلى

استخدام الهيدرومتر لتعيين نسبة المواد الناعمة .

(هـ) الكثافة النسبية

مع تواجد النسبة العالية من الفراغات وانخفاض الكثافة الجافة من المتوقع أن تكون الكثافة النسبية للتربة القابلة للانهيار ضئيلة .

(و) درجة التشبع

وجود التربة القابلة للانهيار فى حالة مشبعة جزئياً بالماء فى الطبيعية شىء أساسى بالنسبة لهذه الأنواع من التربة . وهناك درجة تشبع حرجة يقل بعدها احتمال انهيارية التربة بينما ينعدم هذا الاحتمال إذا زادت درجة التشبع عنها . هذه القيمة تعتمد على التدرج الحبيبى وهناك حدود مستنتجة من الخبرة تشير الى قيم درجة التشبع الحرجة وهى :

- الزلط الرفيع مقاس من ١ إلى ٦مم درجة التشبع الحرجة له تتراوح بين ٦و١٠%.
- الرمل الطمبى الناعم مقاس من ١٥٠ إلى ٢ ميكرون درجة التشبع الحرج له تتراوح بين ٥٠ و٦٠%.
- الطمى الطينى مقاس من ٢ إلى ٠.٢ ميكرون درجة التشبع الحرجة له تتراوح بين ٩٠ و٩٥% .

وتتولد المشكلة الحقيقة من تغير قيمة الضغوط فى التربة بواسطة القوى الشعرية التى تنتج من تشبع التربة جزئياً .

٤/٣/٣/٥ تعيين طاقة القابلية للإنهيار

٤/٣/٣/٥ (أ) إختبار الايدومتر

١-إعداد العينة للاختبار

عادة يستخدم جهاز الانضغاط (الايدومتر) لتعيين درجة قابلية التربة للإنهيار من الاشياء الهامة فى التجربة العادية بوضع العينة فى حلقة الجهاز فيجب أن تكون الأقراص المسامية من النوع الذى لا يمتص الماء مثل النحاس .

يجب أن تجهز العينات بعناية من العينات الكتلية بحيث يمكن وضعها باحكام داخل حلقة جهاز الانضغاط ومن المهم وضع العينة فى جهاز الانضغاط فى الاتجاه الصحيح للترسيب مع ضرورة توافر شرطين : المحافظة على نسبة الرطوبة الطبيعية وعدم ترك أى مسافات بين جوانب العينة وجدار الحلقة. كما يجب تغطية العينة بغطاء رقيق من البلاستيك ويتم إمساكه حول خليه جهاز الانضغاط بواسطة حلقات من المطاط وذلك للإحتفاظ بنسبة الرطوبة لحين بداية الاختبار .

٢-إجراء التجربة

فى هذا الاختبار يتم تحميل العينة فى جهاز الايدومتر عند نسبة الرطوبة الطبيعية وذلك باتباع الطريقة المعتادة فى اختبار الانضغاط حتى جهد ٢٠٠ كيلو نيوتن /م^{٢} (٢كجم /سم^{٢}) .

وفى نهاية هذه المرحلة من التحميل يتم غمر العينة بالماء وتترك لمدة ٢٤ ساعة وبعدها يستأنف الاختبار حتى أقصى حمل . ويبين الشكل رقم (٥-٢٠) المنحنى الناتج من هذا الاختبار لتربة قابلة للانهيار .

وتعرف طاقة القابلية للانهيار CP كما يلى :

$$CP\% = \frac{\Delta e_c}{1+e_o} x100 \qquad (٥-٤)$$

$$CP\% = \frac{\Delta H}{H_o} x100 \qquad (٥-٥)$$

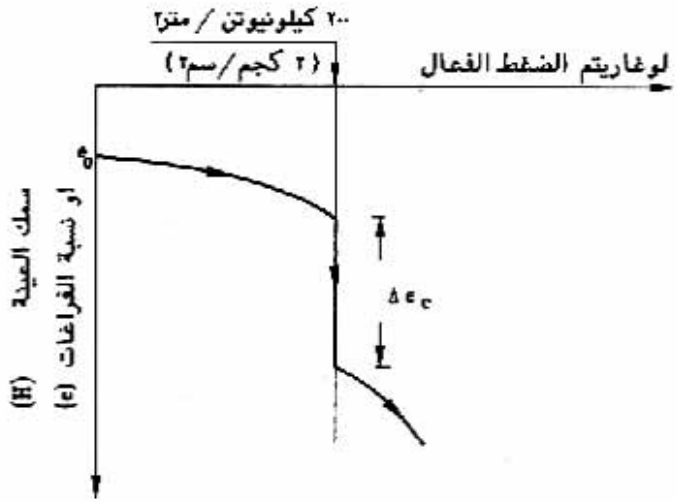
حيث:

Δe_c التغير فى نسبة الفراغات نتيجة الغمر بالماء

e_o نسبة الفراغات الطبيعية

ΔH التغيير فى سمك العينة نتيجة الغمر بالماء

H_o السمك الابتدائى للعينة



شكل(٥-٢٠) الشكل العام لنتائج إختبار القابلية للإنهيار

وقد أقترحت طريقة لتقييم مدى خطورة المشكلة فى حالة التربة القابلة للإنهيار تعتمد على نتائج تجربة طاقة القابلية للإنهيار، وهذه الطريقة يمكن الإسترشاد بها لتصنيف التربة القابلة للإنهيار كما فى الجدول (٥-٢) .

جدول رقم (٥-٢) تصنيف التربة القابلة للإنهيار تبعاً لقيم طاقة القابلية للإنهيار

طاقة القابلية للإنهيار	خطورة المشكلة
من صفر إلى ١%	لاتوجد مشكلة
من ١إلى ٥%	مشكلة معتدلة
من ٥ إلى ١٠%	مشكلة
من ١٠ إلى ٢٠%	مشكلة خطيرة
أكبر من ٢٠%	مشكلة خطيرة جداً

ويلاحظ أن طاقة الإنهيار لاتمثل قيمة دقيقة يمكن إستخدامها فى التصميم أو فى حساب مقدار الهبوط الذى يمكن ان يحدث نتيجة الإنهيار لحالة معينة و إنما هى فقط مؤشر إسترشادى ويجب الأخذ فى الإعتبار الهبوط المقابل للحمل التصميمى.

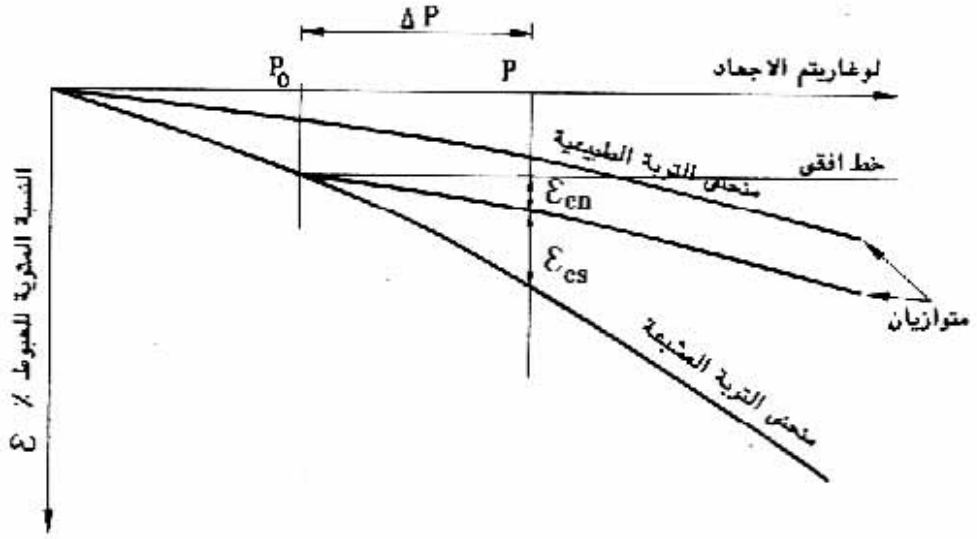
٤/٣/٣/٥ (ب) إختبار الاستخدام المزدوج للايدومتر

إختبار الإستخدام المزدوج للايدومتر (Double Oedometer Test) هو اختبار مقترح لحساب طاقة انهيار التربة عند اجهاد معين ، وفيه تؤخذ عينتين من نفس العينة الكتلية غير المقلقلة وتوضعا فى جهازى ايدومتر متماثلين.

تترك كل من العينتين لمدة ٢٤ ساعة تحت إجهاد خفيف قدره ١ كيلو نيوتن / المتر المربع (٠,٠١ كجم /سم^{٢}). وبعد مرور اليوم الأول يتم غمر إحدى العينتين لمدة ٢٤ ساعة أخرى ، ويتم بعد ذلك استكمال التحميل بالطريقة المعتادة فى تجربة التضاغط حتى أقصى حمل ويمكن ايضاً عمل دورة رفع الحمل – اعادة التحميل (أنظر شكل ٥-٢٠) .

وحيث أن نسبة الفراغات الابتدائية للعينتين ليستا متساويتين بالضرورة ــ فإنه يلزم عمل تصحيح لمنحنيات الإنضغاط وبمقارنة المنحنيين عند اجهاد معين فانه يمكن استنتاج قيمة طاقة الانهيار عند هذا الاجهاد .

وبصفة عامة فإن الطرق المتاحة حتى الآن لتقدير طاقة الانهيار باستخدام جهاز الايدومتر هى طرق تقديرية ، والذى يتوقف مقداره على عوامل كثيرة منها نسيج التربة والعمق المتوقع تشبعه تحت الأساسات . وبناء على ذلك فإنه يترك للمهندس الاستشارى تقييم هذه المعلومات واختيار طريقة التأسيس المناسبة وذلك بالنسبة للمشروعات العادية . أما فى المشروعات الكبيرة فإنه يفضل عدم الاعتماد على نتائج إختبارات طاقة الانهيار فقط وينصح بإجراء تجارب التحميل اللوحى فى الموقع تحت إشراف المهندس الاستشارى للمشروع ويتم تقدير الهبوط للأساسات السطحية على التربة القابلة للإنهيار باستخدام نتائج اختبار الايدومتر المزدوج كما هو معطى بالملحق (٣/٥).



شكل (٥-٢١) نتائج إختبار الإستخدام المزدوج للايدومتر

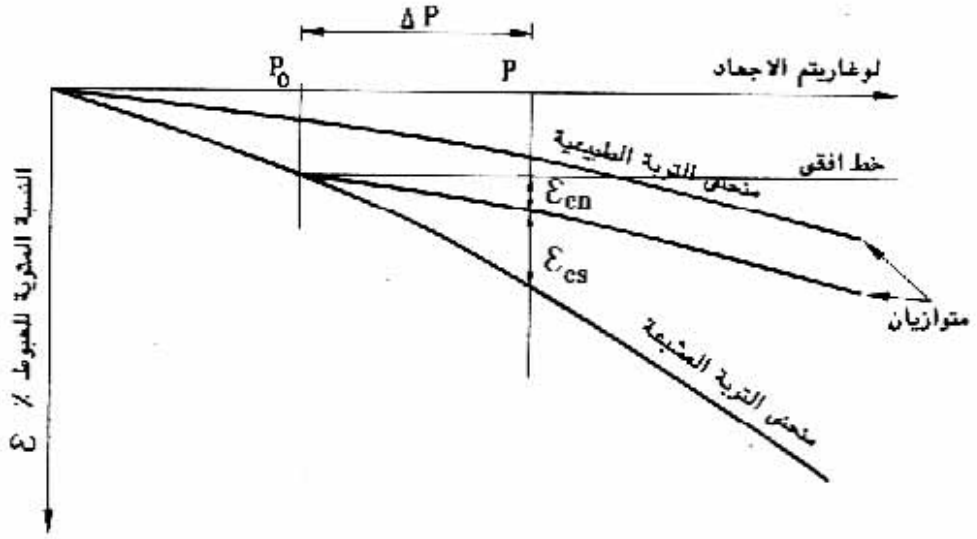
٥/٣/٣/٥ تعيين مقاومة القص

يمكن اجراء تجربة صندوق القص على عينات غير مقلقلة قبل وبعد غمرها بالماء لتحديد تأثير الانهيار الناتج من الغمر بالماء على معاملات مقاومة القص.

٥/٣/٤ معالجة التربة وطرق التأسيس

٥/٣/٤/١ مقدمة

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للانهيار للتأسيس عليها باساسات سطحية هى إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للانهيار بصورة مقبولة وكذلك طرق التكثيف المختلفة سواء بالهرس السطحى أو الدق السطحى او الاهتزاز مع الغمر . وإذا كانت قابلية التربة للانهيار عالية يفضل أن يستبدل بها تربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الإستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة بإضافات مختلفة وإن كانت طرق للتثبيت للتربة القابلة للانهيار مازالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .



شكل (٥-٢١) نتائج إختبار الإستخدام المزدوج للايدومتر

٥/٣/٣/٥ تعيين مقاومة القص

يمكن اجراء تجربة صندوق القص على عينات غير مقلقلة قبل وبعد غمرها بالماء لتحديد تأثير الانهيار الناتج من الغمر بالماء على معاملات مقاومة القص.

٥/٣/٤ معالجة التربة وطرق التأسيس

٥/٣/٤/١ مقدمة

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للانهيار للتأسيس عليها باساسات سطحية هى إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للانهيار بصورة مقبولة وكذلك طرق التكثيف المختلفة سواء بالهرس السطحى أو الدق السطحى او الاهتزاز مع الغمر . وإذا كانت قابلية التربة للانهيار عالية يفضل أن يستبدل بها تربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الإستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة بإضافات مختلفة وإن كانت طرق للتثبيت للتربة القابلة للانهيار مازالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .

أما إذا كان عمق الطبقات القابلة للإنهيار لا يسمح من الناحية الاقتصادية باستخدام الطرق السابقة فإنه يمكن استعمال الأساسات العميقة إذا كان هناك تربة غير قابلة للانهيار على عمق مناسب.

٢/٤/٣/٥ معالجة التربة

٢/٤/٣/٥ (أ) الازالة والدمك

فى هذه الطريقة تزال التربة القابلة للانهيار حتى عمق معين ثم تردم وتدمك التربة المزالة نفسها (ناتج الحفر) ويجب تعيين خواص التربة وبصفة خاصة منحنى التدرج الحبيبى وحدود القوام حتى يمكن تقدير درجة وطريقة الدمك المناسبة ويجب بصفة عامة أن يجرى الدمك عند نسبة رطوبة أعلى من النسبة المثلى وذلك للتغلب على المشاكل التى قد تنشأ نتيجة انهيار التربة المدموكة .

٢/٤/٣/٥ (ب) التكثيف بالهرس السطحى

١- هراسات الصدم

أمكن تحقيق نتائج جيدة باستخدام هراسات الصدم (Impact Rollers) مع بعض أنواع التربة الرملية القابل للانهيار وقد أشارت هذه النتائج الى انه بعد ٣٠ مرة من مرور هراس صدم تم تحقيق كثافة تزيد عن ١٠٠% من الكثافة القصوى بتجربة الدمك المعدلة فى عمق ما بين صفر و ١,٠٠ متر ، ٩٣ % عند عمق ٤ متر ويدل ذلك على قدرة كبيرة لهراسات الصدم فى تحسين خواص التربة القابلة للانهيار بالموقع . ومع ذلك لم تعطى هذه الطريقة نتائج جيدة مع بعض أنواع التربة الأخرى مثل الرمل الطمىى المنقول بواسطة الهواء . وزيادة الكثافة الناتجة عن استخدام هراسات الصدم يؤدى على تحسن كاف لخاصية القابلية للإنهيار مما يسمح باستخدام الاساسات السطحية التقليدية للمنشآت ذات الأحمال الخفيفة وبصفة عامة فأنه يجب دراسة ظروف الموقع جيداً قبل تقرير جدوى استخدام طريقة هراسات الصدم. وفى حالة إستخدام هراسات الصدم يجب أخذ العوامل الآتية فى الاعتبار :

- يجب ان تكون التربة بالقرب من سطح الأرض ذات مقاومة قص عالية لمقاومة إنهيار التربة تحت تأثير عجل الهراس .

– فى حالة وجود ترابط بين حبيبات التربة بواسطة مواد ناعمة مثل حبيبات الطين فإنه يلزم التغلب على هذا الترابط أثناء الهرس بإضافة الماء أو أى طريقة ميكانيكية أخرى .

– من الأفضل دائماً وجود طبقات صلبة نسبياً أسفل طبقة التربة القابلة للانهيار وذلك لينعكس عليها جزء من طاقة الدمك مما يسهل عملية الدمك . ويمثل هذه الحالة تواجد التربة القابلة للانهيار فوق طبقات كثيفة من التربة المحتوية على مركبات الحديد .

– فى حالة التربة ذات محتوى الرطوبة العالى فأنه من المفضل وجود طبقة منفذة اسفل الطبقة القابلة للانهيار وذلك للسماح بتشتت ضغط مياه الفراغات الذى يتولد أثناء الدمك وتوجد هذه الحالة فى الطبيعة عندما يكون هناك أسفل الطبقة القابلة للإنهيار طبقة من الحصى الرفيع أو الزلط .

٢– الهراسات الاهتزازية

اشارت النتائج التى امكن الحصول عليها باستخدام الهراسات الاهتزازية (Vibratory Rollers) بأنه بالرغم من استخدام أساليب مختلفة مع الهراسات الاهتزازية الا ان الكثافة على عمق حوالى ١,٠٠ متر لم يمكن زيادتها. ومع ذلك فقد أمكن الحصول على نتائج جيدة اذا أزيلت التربة القابلة للانهيار حتى العمق المطلوب ثم اعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها حوالى ٢٥ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام الهراسات الإهتزازية مع وضع كمية الماء المناسبة والتى تعطى اقصى كثافة جافة . ويعتمد عمق الطبقات المدموكة على احمال المنشآت ودرجة القابلية للانهيار للطبقات العميقة .

٥/٣/٤/٢(ج) التكثيف بالدق السطحى

يظهر من طبيعة التربة القابلة للانهيار ان طريقة الدق السطحى (Surface Ponding) أو التى تسمى ايضاً بالدمك الديناميكى (Dynamic Consolidation) تكون مناسبة تماماً لتكثيف التربة ومع ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة بسبب ارتفاع تكلفتها . وتتوقف كفاءة هذه الطريقة على نوع التربة القابلة للانهيار وكذلك على الطبقات الموجودة أسفلها.

٢/٤/٣/٥ (د) التكثيف بالاهتزاز مع الغمر

استخدمت هذه الطريقة بنجاح لزيادة إجهاد تحمل التربة القابلة للانهيار . وفى هذه الطريقة يتم الدمك عن طريق الجمع بين الاهتزاز والغمر (Vibrofloatation) ويمكن زيادة قدرة تحمل التربة للاجهادات بواسطة التكثيف مع إستعمال أعمدة من الزلط تعمل كخوازيق . وهذه الطريقة تناسب التربة القابلة للانهيار التى لا تحتوى على نسب عالية من المواد الناعمة .

٢/٤/٥/٥(هـ) إستبدال التربة

فى حالات ما تكون القابلية كبيرة للانهيار وإذا لم تعطى أى من الطرق السابقة نتائج مرضية فأنه ينصح بإستبدال التربة الطبيعية القابلة للانهيار. ويتوقف عمق الطبقات التى سيتم إزالتها على درجة الانهيار المتوقع حدوثه عند حمل التشغيل وعلى درجة تضاغط باقى التربة أسفل الجزء المستبدل . وعادة تستبدل بالطبقات السطحية رمل سليمى جيد التدرج. وهذه الطريقة مكلفة نسبياً نظراً لأنها تشتمل على تكاليف الحفر وأزالة التربة الطبيعية ونقلها ثم الاحلال والدمك ويجب بالطبع دمك تربة الاحلال على طبقات طبقاً للمواصفات لتعطى اجهاد تحمل التربة المطلوب. وفى كثير من الأحيان فأنه يمكن استخدام نفس التربة الطبيعية المزالة فى حالة تحسن خصائصها بالدمك على طبقات وباستخدام نسبة الرطوبة المناسبة بحيث يقلل ذلك من درجة انهيارها الى القيمة المسموح بها .

ويمكن استخدام المصنعات الجيوتكنيكية (Geosynthetics) لتقوية طبقات الإستبدال وفى هذه الحالة يقل السمك الكلى لطبقات الاحلال وبحيث نحصل على نفس قدرة تحمل الطبقة للاجهادات. ويتوقف قرار استعمال هذه المصنعات(مع تقليل سمك طبقة الإحلال) أو عدم أستعمالها (مع زيادة السمك) على دراسة مقارنة للتكاليف فى الحالتين .

ويتوقف اختيار النوع المناسب للمصنعات الجيوتكنيكية على نوع التربة والاحمال وقيمة الهبوط المسموح به للمنشأ . وينصح بعمل اختبارات حقلية أو معملية للمساعدة فى تعيين الامتداد الرأسى والافقى لطبقات المصنعات الموضوعة فى داخل تربة الإستبدال ويؤخذ فى الاعتبار مدى كفاءتها مع الزمن .

٥/٣/٤/٢(و) تثبيت التربة

بالنظر الى طبيعة ظاهرة الانهيار يظهر ان استخدام بعض أنواع مثبتات التربة سيكون له تأثير جيد . وعموماً يكون دور المادة المثبتة للتربة إما تقوية الروابط بين الحبيبات أو ملأ الفراغات بينها . ومعظم هذه المواد المثبتة غير متوفرة فى مصر ومن المتوقع أن تكون غالية الثمن نسبيا بالمقارنة بتكاليف الطرق الأخرى . ولم تتوفر حتى الآن معلومات كافية لتقييم استخدام هذه الطريقة . وعلى هذا فإن طريقة تثبيت التربة (Soil Stabilization) من المجالات المفتوحة للبحث والتطبيق فى المستقبل القريب .

٥/٣/٤/٣ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها

٥/٣/٤/٣(أ) الاساسات السطحية

عندما تكون التربة ذات قابلية للإنهيار ضعيفة إلى متوسطة بحيث يكون الهبوط المتوقع نتيجة إنهيار التربة يمكن للأساسات مقاومته وتحمله بأمان فان الاساسات تصمم فى هذه الحالة لمقاومة هذا الهبوط المتوقع وتنفذ بدون أى من طرق معالجة التربة السالفة الذكر .

وفى مثل هذه الحالة يوصى عادة بتنفيذ هيكل جاسيء للمنشأ أى بنظام الهيكل ذو البلاطات الكمرية وهناك أيضاً طريقة عملية تم استخدامها محلياً للتأسيس على التربة القابلة للانهيار وفيها يتم غمر حفر الاساسات لفترة كافية غمراً تاماً بالماء قبل صب خرسانة الاساسات .

١- القواعد المنفصلة

عند استعمال القواعد المنفصلة كأساسات على تربة ذات طاقة انهيارية ضعيفة فانه يجب تصميم وتنفيذ ميد عالية الجساءة فى الاتجاهين لمقاومة فروق الهبوط المتوقعة نتيجة انهيار التربة . ويفضل أن تكون هذه الميد الرابطة فى منسوب القواعد حتى يمتد حديد تسليحها فى داخل القواعد وايضاً لتفادى عمل رقاب أعمدة حيث تكون نقاط ضعف وفى هذه الحالة تكون الميد امتداداً طبيعياً للقواعد ويجب اخذها فى الاعتبار عند تصميم الاساسات .

٢- القواعد الشريطية

يفضل استخدام القواعد الشريطية من الخرسانة المسلحة فى كل من الاتجاهين الطولى والعرضى

أى التى تكون على شكل شبكة وذلك نظراً لجساءتها العالية وفى حالة تنفيذ قواعد شريطية فى الاتجاه الطولى فقط فأنه يلزم ربطها فى الإتجاه العرضى بواسطة ميد عالية الجساءة ويجب أن يكون القطاع العرضى للقاعدة الشريطية المسلحة جاسئاً ذو عصب رأسى .

٣- أساسات اللبشة

من المفضل عموماً عند التأسيس على التربة القابلة للانهيار تقليل الاجهادات على التربة بقدر الامكان . ويجب ان تكون اللبشة عالية الجساءة لمقاومة فروق الهبوط الناتجة من انهيار التربة ولذلك يفضل استعمال اللبشة المنفذة بنظام البلاطة والكمرات المقلوبة وليس بنظام البلاطة المستوية .

٥/٣/٤/٣(ب) الاساسات العميقة

فى كثير من الحالات وخاصة عندما تكون التربة منقولة فإن طبقات التربة القابلة للانهيار تكون ذات أعماق سطحية نسبيا ويقع أسفلها غالبا طبقات مستقرة أو صخرية. وتحت هذه الظروف فإن نقل الاحمال الانشائية خلال طبقة التربة القابلة للانهيار بواسطة الخوازيق او الآبار يكون حلا اقتصادياً فى الغالب .

وعند حساب حمل الخازوق يجب عدم الاعتماد نهائياً على مقاومة الاحتكاك على جوانب الخازوق فى التربة القابلة للانهيار . بل على العكس فأنه من الاصوب أن تؤخذ مقاومة الاحتكاك فى هذه الحالة على انها مقاومة احتكاك سالبة تضاف الى حمل الخازوق أو البئر. وفى بعض الحالات التى يتم فيها انهاء الخازوق داخل الطبقة القابلة للانهيار ذاتها ولكن عند أعماق معينة لا يتوقع حدوث زيادة فى نسبة رطوبتها بعد الانشاء. يمكن الاعتماد على مقاومة الاحتكاك فى الطبقات السفلية التى لا يتوقع وصول المياه اليها .

٥/٣/٥ المتطلبات الأساسية لتقرير أبحاث التربة

علاوة على البنود الأساسية التى يجب أن يشملها تقرير ابحاث التربة . ومع الأخذ فى الاعتبار ما ورد بهذا الجزء فانه فى حالة وجود طبقة أو طبقات تربة قابلة للانهيار ولتقييم سلوك هذا النوع من التربة ذات المشاكل للوصول الى أنسب الطرق للتأسيس فإن تقرير ابحاث التربة يجب أن

يتضمن نتائج الاختبارات والمعلومات التالية :

١- يجب توافر معلومات عن طبوغرافية الموقع بالنسبة للمنطقة المحيطة لبيان احتمال تأثر موقع الإنشاء بالمياه الجوفية (إن وجدت) أو تعرض الموقع لحركة مياه رشح قد تنتج من مصادر مياه مرتبطة بالموقع أو تجمع مياه أمطار ، أو أحتمال تعرض الموقع لمياه سيول موسمية نتيجة ظروف مناخية معينة .

٢- اختبار التحميل الحقلى للمشروعات الكبيرة .

٣- الخواص الطبيعية لعينات ممثلة لأعماق الطبقة القابلة للانهيار وكذلك لطبقات التربة الأخرى التى تظهر فى حدود عمق الجسات .

٤- إجراء إختبار طاقة القابلية للإنهيار لعينات ممثلة لطبقات التربة وغير مقلقلة .

٥- إختبار تعيين معاملات مقاومة التربة للقص فى حالة احتمال استخدام اساسات عميقة خلال طبقة تربة قابلة للإنهيار ، أو تعرض جزء من المنشأ لضغط جانبى من تربة قابلة للإنهيار.

و يفضل أن يحتوى التقرير وخاصة فى المناطق العمرانية الجديدة على توصية بأنه فى حالة عمل طبقة احلال أن يتم تنفيذها داخل حائط من المبانى يتم عزلها جيداً وبالارتفاع الذى يتناسب مع الأعمال الإنشائية للمبنى، وذلك حتى لاتتأثر طبقة الإحلال و الحاملة لأساس المنشأ من أعمال الحفر او رشح المياه التى قد تتم فى المواقع المجاورة.

المراجع:

1. American Society of Testing & Materials (1993), D5333-92. "Standard Test Method for Measurement of Collapse Potential of Soils". ASTM Annual Book of Standards. Vol. 04-08, January, Philadelphia, pp. 1391-1393.
2. Barden. L., McGown. A., and Collins, K., (1973), "The Collapse Mechanism in Partly Saturated Soil", Engineering Geology, Amestrdam, Netherland, pp. 49-60.
3. Canadian Foundation Engineering Manual (1992), "Settlements Claculated from Plate Bearing Test", Canadian Geotechnical Society, 3rd Edition, pp. 180-181.
4. Chen. Z.Y., Qian H.J. and Bao, C.G. (1987), "Problems of Regional Soils", Eight Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Theme lectures, Kyoto, Japan. pp. 101-124.
5. Dudley. J.H.(1970), "Review of Collapsing Soils". Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proc. ASCE, Vol. 96. No. SM3. May, pp. 925-947.
6. El-Ehwany, M. and Houston. S.L. (1990), "Settlement and Moisture Movement in Collapsible Soils" Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 116, No. 10, October, pp. 1521-1535.
7. Jennings. J.E. and Knight. K. (1975), "A Guide to Construct on or with Materials Exhibiting Additional Settlement due to Collapse of Grain Structure", Sixth Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Durban South Africa, pp. 99-105.
8. Milovic. D. and Bodganovic. H. (1992), "Deformation Properties of Collapsing Loess Soils", Proc. of the 7th International Conference on Expansive Soils. Dallas. Texas. pp. 274-279.
9. Schwartz, K. and Yates. J.R. (1980), "Engineering Properties of Aeolian Kalahari Sands", Seventh Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Accra. pp. 67-74.
10. U.S. Bureau of Reclamation (1974), "Earth Manual," 2nd Edition, Denever.
11. Weston. D.J. (1980), "Compaction for Collapsing Sand Roadbeds", Proc. 7th Regional Conference for South Africa SMEF, Accra.

٥/٤ الأساسات على التربة الطينية اللينة

٥/٤/١ عموميات

تمثل التربة الطينية اللينة مشكلة ذات أهمية خاصة عند تصميم المنشآت المراد أقامتها عليها ، وبالتالى فإنها تمثل تحدى لمهندس ميكانيكا التربة والاساسات حيث تجبره على استخدام معاملات أمان ذات قيمة ضئيلة والتى عليها يتوقف الى حد كبير النتائج الاقتصادية للمشروع .

تهدف هذه المقدمة الى توضيح مشكلة التربة الطينية اللينة والعوامل المؤثرة فيها وتعريف للمصطلحات الهندسية الاساسية التى تساعد على فهم خصائص هذا النوع من التربة .

٥/٤/١/١ المشكلة والعوامل المؤثرة

إن مشكلة التربة الطينية اللينة ترجع الى انخفاض مقاومتها لاجهادات القص والتى قد لا تتعدى ٥٠ كيلو نيوتن / متر٢ (٠,٥ كجم /سم٢) هذا بجانب قابليتها العالية للتضاغط التى تسبب الهبوط الكبير للمنشآت وهذا الهبوط يستمر لمدة زمنية طويلة ويرجع هذا الى قابلية الطين الكبيرة للهبوط الثانوى بالإضافة الى خصائص الزحف للحبيبات .

يتوقف سلوك التربة الطينية تحت تاثير الأحمال على التركيب المعدنى للطين وخصائص نظام حبيبات الطين والمياه المحتواه بها وكذلك يعتمد على ظروف الترسيب والتاريخ الجيولوجى وتاريخ التحميل للطين .

٥ /٤/١/٢ تعريفات

٥/٤/١/٢ (أ) مصطلحات خاصة بمقاومة الطين للقص

١- معاملات مقاومة القص

إن مقاومة القص للتربة τ_f (Shear Strength) يعبر عنها بدلالة قوة التماسك (C) وبزاوية مقاومة القص (Φ) باستخدام معادلة كولوم (Coulomb)

$$\tau_f = c + \sigma'_f \tan \Phi \qquad (٥-٦)$$

σ' هو الاجهاد العمودى المؤثر على سطح القص .

٢- مقاومة القص غير المصروفة

هى مقاومة القص غير المصروفة (Undrained shear strength) للطين تحت ظروف عدم خروج ماء المسام البينى . بالنسبة للطين المشبع عند تعرضه للقص بدون خروج الماء فأن زاوية الاحتكاك الداخلى الظاهرية (Φ) تساوى صفراً وفى هذه الحالة تكون مقاومة القص مساوية للتماسك الظاهرى (C_u) .

٣- مقاومة القص المصروفة

هى مقاومة القص المصروفة (Drained Shear Strength) للطين تحت ظروف خروج ماء المسام البينى وبالتالى فإن معاملات القص المقاسة تكون هى زاوية الإحتكاك الفعالة (Φ') والتماسك الفعال(C').

٤- الحساسية

الحساسية (Sensitivity) هى النسبة بين مقاومة القص للطين فى حالته الطبيعية غير المقلقلة الى مقاومة القص له بعد اعادة تشكيله والمقاسة باستخدام تجربة الضغط غير المحاط أو باستخدام تجربة القص المروحى .

٥- الطين القابل للتسيل

الطين القابل للتسيل (Quick Clay) هو الطين الذى يتغير قوامه بالتشكيل من الحالة الصلبة الى حالة السائل اللزج .

٦- خاصية إستعادة القوام

خاصية إستعادة القوام (Thixotropy) تحدث عند ظروف تركيب وحجم ثابت حيث تزيد مقاومة التربة مع الزمن فى حالة السكون وتتحول الى حالة الليونة أو السيولة عند تعرضها للتشكل .

٥/١/٤/٢(ب) مصطلحات خاصة بتضاغط الطين .

١-الهبوط الفورى

الهبوط الفورى (Immediate Settlement) هو الهبوط الذى يحدث بعد التحميل مباشرة. وبالنسبة للطين المشبع فإن التشكلات تحدث فيه نتيجة اجهادات القص بدون تغير فى الحجم (بدون خروج الماء المسام البينى)

٢- هبوط التضاغط

هبوط التضاغط (Consolidation Settlement) هو الهبوط الناتج عن خروج ماء المسام البينى وانتقال الحمل الى الهيكل الحبيبى . هذا الهبوط يتوقف على الزمن وينتج عنه تغير فى الحجم مصحوباً باجهادات قص .

٣- هبوط التضاغط الثانوى

هبوط التضاغط الثانوى (Secondary Consolidation Settlement) هو الهبوط الذى يحدث معظمه بعد تلاشى ضغط ماء المسام البينى كلياً .وعمليا فأن ذلك يحدث عندما تصل الضغوط الفعالة الى قيم ثابته .

٤- دليل الانضغاط

دليل الانضغاط (C_c , Compression Index) هو ميل المنحنى الذى يربط العلاقة بين نسبة الفراغات (e) ولوغاريتم الاجهاد (log P)

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log P} \qquad (٧-٥)$$

٥- دليل إعادة الانضغاط

دليل إعادة الانضغاط (C_{cr} , Recompressison index) هو ميل منحنى إعادة الانضغاط الذى يربط بين نسبة الفراغات (e) ولوغاريتم إجهاد إعادة الانضغاط (log P)

$$C_{cr} = \frac{\Delta e}{\Delta \log P} \qquad (٨-٥)$$

٦- معامل التضاغط

معامل التضاغط (C_v , Coefficient of Consolidation) يتم تعيينه من المعادلة:-

$$C_v = \frac{T_V h^2}{t} \qquad (٥-٩)$$

حيث :

T_v معامل يربط العلاقة بين نسبة الانضغاط والزمن.

t الزمن

h طول مسار خروج الماء .

٧- معامل التغير الحجمى

معامل التغير الحجمى (m_v , Coefficient of Volume Compressibility) يتم تعيينه من المعادلة:-

$$m_v = \frac{\Delta\varepsilon_v}{\Delta P} = \frac{\Delta e}{\Delta P(1+e_o)} \qquad (٥-١٠)$$

حيث :

e_o نسبة الفراغات الابتدائية

$\Delta\varepsilon_v$ الزيادة فى الانفعال الرأسى

ΔP الزيادة فى الاجهاد الرأسى عند منتصف طبقة الطين .

٨- معدل التضاغط الثانوى

معدل التضاغط الثانوى (C_α , Rate of Secondary Consolidation) هو التغير فى نسبة الفراغات (e) المقابل لدورة زمن على المقياس اللوغاريتمى (log t) يتم تعيينه من

المعادلة:-

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\Delta \log t} \qquad (١١-٥)$$

٩- نسبة سبق التضاغط

نسبة سبق التضاغط (Over-Consolidation Ratio , OCR) هى النسبة بين أقصى إجهاد تضاغط للطين (p_c) و إجهاد التضاغط الحالى الواقع عليه (p_o) و يتم تعيينه من المعادلة:-

$$OCR = \frac{p_c}{p_o} \qquad (١٢-٥)$$

٥/٤/٢ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

٥/٤/٢/١ مقدمة

إن اختيار طريقة استكشاف الموقع تتحكم فيها عوامل كثيرة مثل طبيعة الموقع والمعدات وكفاءات الفنيين المتاحة وكذلك تكلفة الطرق المستخدمة ومع ذلك فإن طبيعة الأراضى والمتطلبات الفنية لاستكشافها تعتبر أهم هذه العوامل وعلى سبيل المثال إذا كانت الطبقة السطحية للموقع عبارة عن تربة لينة فأنه لا يمكننا استخدام غير المعدات ذات الثقل الخفيف ، وإذا كانت المعدات غير فعالة فأنه يتحتم عمل طريق موصل يتحمل المعدات الثقيلة اللازمة لاستكشاف الموقع .

٥/٤/٢/٢ طرق استكشاف الموقع

قبل بداية عمل الجسات والحصول على عينات فأنه يفضل فى المشروعات الكبيرة المتوقع وجود طبقات طين لين بها أن تبدأ عملية استكشاف الموقع بعدد من الجسات الفرض منها هو تحديد تتابع الطبقات وتسهيل اختيار الأماكن التى يتواجد بها الطبقات الطينية الأكثر ليونة والتى تحتاج لإجراء تجارب حقلية مكثفة بها والحصول منها على عينات للتجارب المعملية إن أمكن . إن التربة الطينية اللينة يسهل اختراقها باستخدام المعدات اليدوية وكذلك المعدات الميكانيكية الشائعة الاستعمال .

٣/٢/٤/٥ استخراج العينات

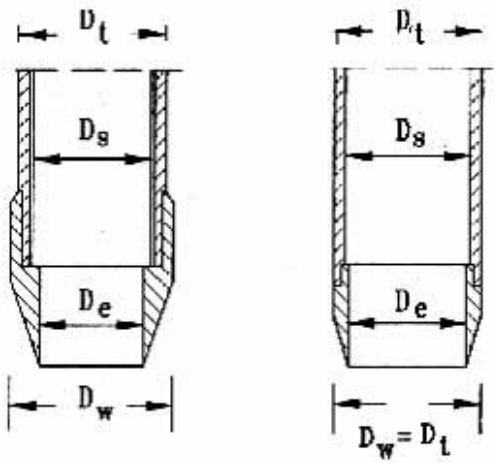
تعتمد تقنية أخذ العينات وكذلك الجهاز المستعمل فى ذلك على نوع التربة ودرجة الدقة اللازمة للحصول على عينات غير مقلقلة . فى الواقع فان الحصول على عينات غير مقلقلة يعتبر من الناحية العملية شيء لا يمكن تحقيقه ، ولكن يمكن اعتبار العينات ذات الجودة العالية والتى يتم الحصول عليها بطريقة تجعل تأثير العوامل التى تسبب قلقلة العينة أقل ما يمكن بأنها – عمليا – عينات غير مقلقلة .

العينات غير المقلقلة يمكن أن تعطى المعاملات اللازمة لمعرفة مقاومة وانضغاط التربة والتى تستخدم فى حل المشاكل الجيوتكنيكية اما العينات المقلقلة فأنها تفيد فى توصيف التربة .

وفى بعض الحالات إذا تعذر الحصول على عينات غير مقلقلة من التربة الطينية اللينة فيمكن الاستعانة بالعينات المقلقلة المحتفظة بمكوناتها لتعيين نسبة الرطوبة المحتواه.

٣/٢/٤/٥ (أ) أبعاد جهاز استخراج العينات

إن التشكلات التى تحدث للتربة أثناء اخذ العينات تسبب قلقلة عينات التربة لذلك فإنه عند أخذ العينات من تربة طينية لينة فإن أبعاد جهاز أخذ العينات والموضحة فى شكل (٥-٢٢) يجب أن تؤخذ فى الأعتبار كمايلى :



شكل (٥-٢٢) الأقطار الداخلية و الخارجية لجهاز إستخراج العينات

١- سمك أسطوانة الجهاز والحافة المصلوبة

إن الحجم المزاح أثناء عملية اخذ العينات يمكن التعبير عنه بدلالة نسبة المساحة (C_a) والتى تعرف بواسطة العلاقة:

$$C_a = \frac{D_w^2 - D_e^2}{D_e^2} \qquad (١٣-٥)$$

حيث D_w , D_e هما القطر الخارجى وقطر دخول العينة على التوالى فى جهاز أخذ العينات الأسطوانى .

إن هذه النسبة فى حالة التربة الطينية الرخوة يجب أن تكون أقل ما يمكن (الا تزيد عن ١٠%) وذلك باستخدام اسطوانات ذات سمك رفيع . بالنسبة لجهاز أخذ العينات المركب فان هذه النسبة تكون أعلى نسبياً لأسباب عملية فان الجزء السفلى من حافة القطع يأخذ عامة ميل يتراوح بين ٢٠ الى ٤٥ حتى يمكن الحصول على سمك مناسب لجدار أسطوانة الجهاز والذى يمنع ضرر او تلف الجهاز أثناء أخذ العينات .

٢- الخلوص الداخلى والخارجى

يعرف الخلوص الداخلى عادة بدلالة نسبة الخلوص الداخلى (C_i) باستخدام العلاقة التالية:

$$C_i = \frac{D_s - D_e}{D_e} \qquad (١٤-٥)$$

حيث D_s قطر الإسطوانة الداخلى ، D_e قطر حافة القطع .

إذا كان اسطح الأسطوانة نظيفة وناعمة ومستوية فان قيمة نسبة الخلوص الداخلى المطلوب تتراوح بين ٠,٥ - ١,٠٠% لأخذ عينات لأعماق تصل الى ٢٠,٠٠ متر. وفى التربة الطينية يجب ألا يقل القطر الداخلى للأسطوانة بأى حال عن القطر الداخلى لحافة القطع . إن نسبة الخلوص الكبيرة (٢-٣%) قد تسبب تشكلات فى العينات وخاصة فى التربة التى تحتوى على غازات .

نسبة الخلوص الخارجى (C_o) يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية :

$$C_a = \frac{D_w - D_r}{D_t} \qquad (١٥-٥)$$

حيث:

D_w يمثل أكبر قطر خارجى للجهاز (او الحافة المستدقة)

D_t هو القطر الخارجى لإسطوانة الجهاز . وعلى الرغم من أن الخلوص الخارجى يمكن أن يزيد من نسبة المساحة فإن خلوص خارجى ذو قيمة تتراوح بين ٢-٣% يمكن أن يعطى ميزة للجهاز فى أخذ عينات الطين .

وعامة فإن الخلوص الداخلى يؤثر فى احتكاك العينة مع السطح الداخلى للإسطوانة بينما يؤثر الخلوص الخارجى فى الاحتكاك بين الجهاز والتربة التى يخترقها .

٣- نسبة الطول الى قطر الجهاز

إن أفضل جودة للعينات يمكن الحصول عليها عندما يكون قطر الجهاز حوالى ١٠٠ مم أو أكبر، أن النسب المثلى للطول الى القطر والمقترحة لأنواع من الطين ذات حساسيات مختلفة مبينة كمايلى :

الحساسية	الطول / القطر
أكبر من ٣٠	٢٠
من ٥ إلى ٣٠	١٢
أقل من ٥	١٠

فى حالة استخدام جهاز أخذ العينات ذو المكبس فى قاع حفرة سبق حفرها فأنه يجب تنظيف القاع من رواسب الحفر قبل كل عملية أخذ عينات .

٣/٢/٤/٥ (ب) جهاز استخراج العينات المفتوح ذو الجدار رفيع السمك

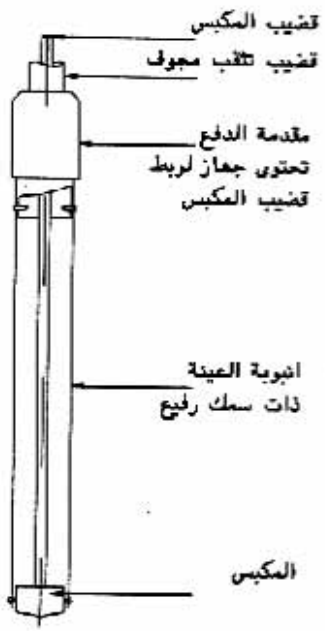
إن الجهاز ذو الأنبوبة الأسطوانية ذات الجدار رفيع السمك(Open Thin Walled Samplers) والمزود بحافة قاطعة من أكثر الأجهزة شائعة الاستعمال للحصول على عينات غير مقلقلة من

التربة الطينية اللينة. إن هذا الجهاز المعروف باسطوانة شلبى (Shelby tube) يصل لقاع الجسة باستخدام قوة دفع هيدروليكية أو جهاز حفر أو أى طريقة لدفع الجهاز لأسفل .

وتعتمد جودة العينات التى يمكن الحصول عليها باستخدام جهاز العينات المفتوح الى حد كبير على الاهتمام بتنظيف قاع الجسة قبل أخذ العينات .

٥/٤/٢/٣(ج) جهاز استخراج العينات ذو المكبس

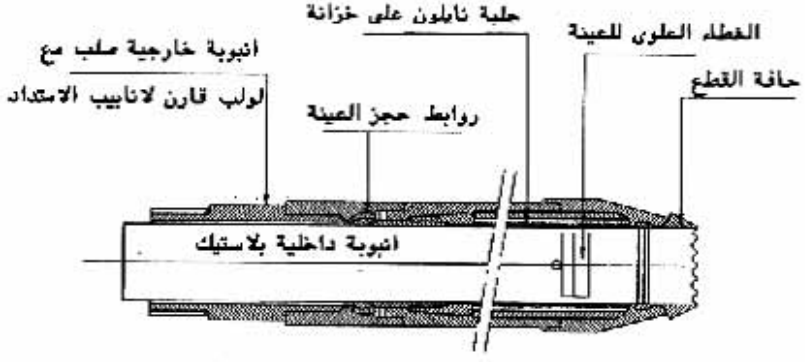
إن جهاز إستخراج العينات ذو المكبس (Piston Samplers) يتيح لنا الحصول على عينات من الطين اللين ذات جودة أعلى من التى يمكن الحصول عليها بواسطة جهاز إستخراج العينات المفتوح علاوة على أن هذا النوع يمكننا من الحصول على عينات بدون عمل حفر مسبق للجسة. التفاصيل الأساسية لجهاز إستخراج العينات ذو المكبس مبينة فى شكل رقم (٥-٢٣).



شكل (٥-٢٣) التفصيلات الأساسية لجهاز إستخراج العينات ذو المكبس

فى بعض الأحيان قد تتواجد ترسيبات الطين اللين اسفل ترسيبات من الطين الجامد أو التربة ذات الحبيبات الكبيرة فى هذه الحالة فأنه للحصول على عينات غير مقلقلة مقبولة من الطين اللين تحت هذه الظروف فإنه يفضل استخدام جهاز استخراج العينات ذو المكبس المركب (Composite Piston Sampler) عن استخدام الجهاز والأسطوانة المفردة وعند استخدام انابيب بلاستيك كبطانة داخل الجهاز فانه قد لوحظ أن نسبة عالية من العينات قد فقدت نتيجة للالتصاق الضعيف بين عينة الطين والبلاستيك لذلك فان استعمال البطانات قد أمكن معه استخدام حلقات تعمل على حصر العينات وكذلك استخدام الغشاء المطاطى والعينات فى هذه الحالة يمكن استخدامها مباشرة للتجارب المعملية وبين شكل رقم (٥-٢٤) أحد انواع من هذا الجهاز .

وتتبع الخطوات التالية أساساً عند استخدام جهاز أخذ العينات ذو المكبس :



شكل (٥-٢٤) التفصيلات الأساسية لجهاز إستخراج العينات ذو المكبس المركب

(١) يتم أحكام غلق المكبس فى الجزء السفلى من أنبوبة الجهاز لمنع الماء أو الطين السائل من دخول الجهاز .

(٢) يتم دفع الجهاز أسفل قاع الجسة وعندما يصل الى عمق العينة المطلوبة فأنه يتم ايقاف المكبس ويتم دفع أنبوبة الجهاز بقوة دفع استاتيكية حتى تتلاقى مقدمة الحفر مع السطح العلوى للمكبس ، إن الماسك الاتوماتيكى الموجود فى مقدمة حفر الجهاز يمنع المكبس من

المقوط وكذلك العينة أثناء سحب الجهاز لأعلى .

(٣) يجب الا تقل سرعة الاختراق عن ٠,١٠ متر / الدقيقة وإلا أنه ستولد قوى التصاق قد تسبب قلقلة كبيرة للعينة .

(٤) لمنع فقد العينة فإن الجهاز يجب أن يترك ساكناً لعدة دقائق بعد اخذ العينة وقبل السحب وذلك للسماح بضغط مياه المسام البينى الزائد بالتلاشى اذا كان الجهاز غير مزود بميكانيكية للقطع ، فأنه قبل سحب الجهاز لأعلى يجب إدارة الجهاز دورتين أو ثلاث دورات كاملة، هذه الدورات قد تكون غير ضرورية فى حالة جهاز أخذ عينات ذو قطر صغير ونسبة الطول / القطر عالية .

(٥) عند رفع الجهاز الى السطح فأنه يتم فصل مقدمة الجهاز مع مراعاة عدم إعطاء فرصة لتولد فراغ هوائى بين المكبس والعينة والذى قد يؤدى الى تولد قوى شد على أعلى العينة .

(٦) عند استخدام جهاز أخذ عينات فى التربة الطينية اللينة بطريقة الدفع للحصول على العينات متصلة بدون عمل حفر فى الجسة فإن التربة فى حدود عمق يساوى ثلاث مرات قطر الجهاز على الأقل من أعلى وأسفل يجب ألا تستخدم لأجراء تجارب عليها نتيجة لتعرض التربة فى هذه المسافة للقلقلة .

(٧) بعد فصل أنبوبة العينة من الجهاز مباشرة يجب أن توضع علامة على الأنبوبة تحدد إتجاه أعلى وأسفل العينة والمقابل تماماً لاتجاه استخراج العينة ثم بعد ذلك يتم تشميعها جيداً .

٤/٢/٤/٥ التجارب الحقلية

٤/٢/٤/٥(أ) تجربة القص بجهاز المروحة

يعتبر اختبار المروحة (Vane Shear Test) من أفضل الوسائل لتعيين قوة مقاومة القص غير المصروفة للطين اللين، إن الاختبار فى حد ذاته يسبب قلقلة قليلة نسبياً للتربة ويتم اجراءه اسفل قاع الحفر فى الجسة عند تربة افتراضية غير مقلقلة وتظهر أهمية هذه التجربة من الناحية العملية خاصة فى الطين ذو الحساسية العالية حيث يعطى نتائج قص أعلى من المستنتجة من التجارب

المعملية ، فى هذه الحالة فأن نتائج القص باستخدام جهاز المروحة تعتبر ممثلة لظروف الطين ذو الحساسية العالية حيث أن التجارب المعملية تعتمد على عينات قد تكون تعرضت الى بعض القلقلة التى تؤثر فى تركيبه الانشائى الذى تعتمد عليه مقاومة القص الى حد كبير .

لتجنب تاثير القلقلة الى اقل حد ممكن فإنه يجب دفع جهاز المروحة أسفل قاع الحفر فى الجسة بمقدار لا يقل عن ٦ مرات قطر الحفر قبل بدء التجربة من الناحية العملية فان معدل دوران المروحة يجب ألا يزيد عن ٠,٢ درجة / ثانية كمعدل قياسى متفق عليه .

عند أجراء تجربة المروحة فى الطين اللين يجب أخذ الاحتياطات التالية فى الاعتبار :

١- لتقليل قلقلة التربة فإن نسبة المساحة للمروحة (أى النسبة بين مساحة القطاع العرضى للريش الى مساحة المسقط الافقى المكتسح بواسطة الريش) يجب الا تزيد عن ٠,١ وبمعنى أخر فأن المروحة يجب الا تكون رفيعة جداً حتى يتوفر لها جساءة كافية ضد الألتواء تمنع حدوث تشكلات على طول المروحة .

٢- يفضل استعمال المراوح المستطيلة التى ارتفاعها ضعف قطرها فىاختبار الطين اللين ، حيث أن معظم مقاومة القص المقاسة بهذه المراوح تكون على مستويات رأسية فى الطين .

٣- يتم قياس عزم اللى المطبق لجهاز المروحة عند سطح الأرض لذلك فأنه عند استخدام مقاب مروحة فيجب أن يتم إدخال قضبان المروحة فى انابيب او مواسير مع مراعاة تقليل الاحتكاك الميكانيكى الى اقل قدر ممكن لتلاشى الأخطاء فى قراءات عزم اللى . كما يجب عمل معايرة الجهاز للتصحيح ضد أى احتكاك .

٤- إن مقاومة القص المقاسة تزداد قيمتها بزيادة الوقت الذى تترك فيه المروحة داخل التربة قبل إجراء التجربة – لذلك فأنه قد يكون من الضرورى التأكد ان هناك وقت ثابت قياسى حوالى ٥ دقائق بين ادخال المروحة وبداية التجربة .

٥- إن تسجيل قراءات كاملة لعلاقة الإجهاد والإنفعال لتجارب المروحة فى الطين اللين عادة ما يساعد على تعريف أو توصيف ترسيب الطين.

لقياس مقاومة التربة فى نفس مكان التجربة بعد إعادة تشكيلها فانه يتم إدارة المروحة حـــــوالى ٢٥ مرة ثم يعاد اجراء التجربة مرة أخرى.

نتائج اختبار القص بجهاز المروحة الحقلى

تختلف نتائج إختبار القص المقاسة بجهاز المروحة الحقلى (Field Vane Shear) عن النتائج المقاسة فى المعمل وتتوقف هذه النتائج على اتجاه الاختبار بالنسبة لاتجاه ترسيب التربة ويمكن أخذ ذلك فى الاعتبار طبقاً للآتى :

أ- تزيد مقاومة القص المقاسة افقياً عن النتائج المقاسة رأسيا بمقدار يتراوح بين ١٤و٤٠%

$$\frac{S_{uh}}{S_{uv}} = 1.14 \quad to \quad 1.40 \qquad (١٦-٥)$$

ب- النتائج المقاسة بالحقل تزيد عن القيم التى يجب ان تستخدم فىالتصميم وتعتمد هذه الزيادة على قيم دليل اللدونة وبالتالى يجب تقليل قيمة مقاومة القص المقاسة بالحقل بنسب مختلفة تعتمد على قيمة دليل اللدونة طبقاً للمعادلة الآتية :

$$S_{uv}\,(\,desing\,) = \lambda\, S_{uv}\,(\,field\,) \qquad (١٧-٥)$$

حيث :

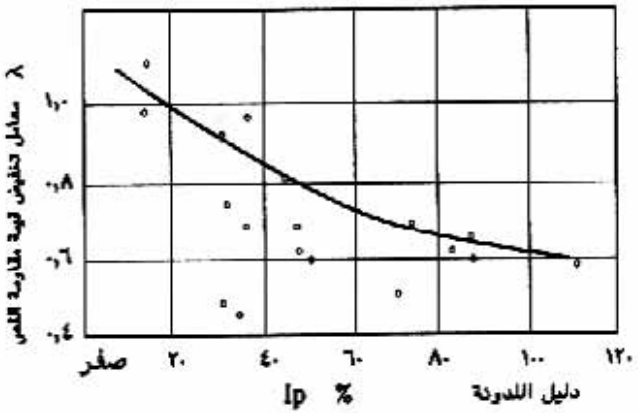
S_{uv} مقاومة القص المقاسة راسياً

S_{uh} مقاومة القص المقاسة أفقياً

λ معامل تخفيض قيمة مقاومة القص شكل(٥-٢٥)

٥/٤/٢/٤ (ب) تجارب الإختراق

إن تجارب الإختراق (Sounding Test) ذات فائدة لتعيين قوة مقاومة القص فى الطين اللين حيث انها لاتسبب القلقلة فى التربة مقارنة بالطرق الأخرى ومن أمثلة تجارب الإختراق الإستاتوكية التى يفضل إستخدامها فى الطين اللين، تجربة الجس بالثقل (The Weight Sounding Test)، وتجربة الإختراق بالمخروط (Cone Penetration Test)



شكل (٥-٢٥) علاقة دليل اللدونة بمعامل تخفيض قيمة مقاومة القص

٥/٤/٢/٤ (ج) تجربة الإختراق القياسى

طريقة إجراء إختبار الإختراق القياسى (Standard Penetration Test) وجهاز إجراء الإختبار ومعامل تصحيح قيمة مقاومة الإختراق القياسى موضحة بالجزء الأول من الكود وتعتبر هذه الطريقة ذات فائدة كدليل تقريبى للتعرف على التربة الطينية ويمكن تصنيف التربة الطينية إلى تربة طينية لينة بناء على قيم مقاومة الإختراق القياسى كما هو موضح بالجدول (٥-٧).

جدول(٥-٣) مقاومة الاختراق القياسى(N) للتربة الطينية اللينة والمتوسطة المقاومة

القوام	عدد الدقات (N)	قيم الضغط غير المحاط q (كجم /سم٢)
لينة جداً	من صفر إلى ٢	من صفر إلى ٠,٢٥
لينة	من ٢ إلى ٤	من ٠,٢٥ إلى ٠,٥٠
متوسطة	من ٤ إلى ١٠	من ٠,٥٠ إلى ١,٠٠

٥/٤/٢/٤ (د) تجربة النفاذية

يمكن إجراء تجربة النفاذية فى الحقل للطين باستخدام البيزوميتر الهيدروليكى (Hydraulic Piezometer) ويتم تركيبه بالدفع فى الطين بدون عمل جسة مسبقاً ، ثم تجرى فيه تجربة قياس النفاذية تحت تأثير ضغط علوى متناقص(Falling head permeability test) ويجب إلا يكون ضغط المياه الهيدروليكى عالى جداً حتى لا يسبب انكسار هيدروليكى لذلك فإنه يوصى بألا تتعدى الزيادة الكلية فى ضغط المياه عن نصف ضغط العبء الفعال . ثم تحلل النتائج طبقاً للمعادلة المستنتجة للنفاذية من البيزوميتر .

عند دفع البيزوميتر فى الطين اللين فإنه يسبب بعض القلقلة للتربة فأنه قد تم تطوير جهاز قياس الضغط ذاتى الحفر لاستخدامه فى قياس النفاذية .

٥/٤/٣ الإختبارات المعملية لتصنيف التربة الطينية اللينة و الإعتبارات الخاصة بإجرائها

٥/٤/٣/١ مقدمة

إن إختيار وتحضير واختبار العينات غير المقلقلة فى المعمل يمثل مرحلة مكملة لمرحلة استكشاف الموقع . والبرنامج المعملى يجب تنفيذه تحت إشراف مهندس ملم بجميع تفاصيل عمليات استكشاف الموقع واستخراج العينات وكذلك جيولوجية الموقع وكذلك كيفية استعمال وتطبيق نتائج التجارب المعملية. والطين اللين هو أكثر أنواع التربة تأثراً بالقلقلة أثناء استخراج العينات ونقلها وتخزينها وأكثر تعرضاً للتغيرات فى محتوى الماء أثناء استخراج العينات وأثناء إجراء التجارب لذلك يجب إعطاء عناية لعينات الطين اللين حتى لا تحدث بها قلقلة قبل إجراء التجارب وخاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية .

٥/٤/٣/٢ تصنيف التربة الطينية اللينة باستخدام قابلية التشكل ومقاومة القص

يمكن تصنيف الطين اللين بناء على القوام أى درجة قابلية الطين للتشكل (كطريقة سريعة فى الموقع) بجانب قيمة مقاومة إجهادات القص والتى يمكن إجراءها باستخدام جهاز القص المروحى كما هو مبين فى الجدول (٥-٤) .

٥/٤/٢/٤ (د) تجربة النفاذية

يمكن إجراء تجربة النفاذية فى الحقل للطين باستخدام البيزوميتر الهيدروليكى (Hydraulic Piezometer) ويتم تركيبه بالدفع فى الطين بدون عمل جسة مسبقاً ، ثم تجرى فيه تجربة قياس النفاذية تحت تأثير ضغط علوى متناقص(Falling head permeability test) ويجب إلا يكون ضغط المياه الهيدروليكى عالى جداً حتى لا يسبب انكسار هيدروليكى لذلك فإنه يوصى بألا تتعدى الزيادة الكلية فى ضغط المياه عن نصف ضغط العبء الفعال . ثم تحلل النتائج طبقاً للمعادلة المستنتجة للنفاذية من البيزوميتر .

عند دفع البيزوميتر فى الطين اللين فإنه يسبب بعض القلقلة للتربة فأنه قد تم تطوير جهاز قياس الضغط ذاتى الحفر لاستخدامه فى قياس النفاذية .

٥/٤/٣ الإختبارات المعملية لتصنيف التربة الطينية اللينة و الإعتبارات الخاصة بإجرائها

٥/٤/٣/١ مقدمة

إن إختيار وتحضير واختبار العينات غير المقلقلة فى المعمل يمثل مرحلة مكملة لمرحلة استكشاف الموقع . والبرنامج المعملى يجب تنفيذه تحت إشراف مهندس ملم بجميع تفاصيل عمليات استكشاف الموقع واستخراج العينات وكذلك جيولوجية الموقع وكذلك كيفية استعمال وتطبيق نتائج التجارب المعملية. والطين اللين هو أكثر أنواع التربة تأثراً بالقلقلة أثناء استخراج العينات ونقلها وتخزينها وأكثر تعرضاً للتغيرات فى محتوى الماء أثناء استخراج العينات وأثناء إجراء التجارب لذلك يجب إعطاء عناية لعينات الطين اللين حتى لا تحدث بها قلقلة قبل إجراء التجارب وخاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية .

٥/٤/٣/٢ تصنيف التربة الطينية اللينة باستخدام قابلية التشكل ومقاومة القص

يمكن تصنيف الطين اللين بناء على القوام أى درجة قابلية الطين للتشكل (كطريقة سريعة فى الموقع) بجانب قيمة مقاومة إجهادات القص والتى يمكن إجراءها باستخدام جهاز القص المروحى كما هو مبين فى الجدول (٥-٤) .

جدول رقم (٥-٤) تصنيف التربة الطينية اللينة طبقاً لقابلية التشكل ومقاومة القص

التجربة فى الحقل	مقاومة القص بدون خروج الماء (كيلونيوتن / متر مربع)	تصنيف التربة
-عند الضغط عليه داخل اليد فإنها تخرج من بين الاصابع .	أقل من ٢٥	طين لين جداً
- يمكن أن تتشكل عند تعرضها لضغط خفيف من الأصابع	من ٢٥ إلى ٥٠	طين لين

٥/٣/٤/٣ تصنيف التربة الطينية اللينة باستخدام دليل الإنضغاط

كما يمكن توصيف التربة بناء على قيم دليل الانضغاط كما هو مبين فى الجدول (٥-٥)

جدول رقم (٥-٥) دليل الانضغاط للتربة الطينية اللينة

تصنيف التربة	دليل الانضغاط C_c
طين لين جداً	من ١,٤ إلى ٢,٣٠
طين لين	من ٠,٣٥ إلى ١,٤٠

٥/٣/٤/٤ تصنيف التربة الطينية اللينة بإستخدام دليل اللدونة ومعدل التضاغط الثانوى

ويبين الجدول رقم (٥-٦) القيم التقريبية المتوقعة لدرجات التضاغط الثانوى والمقابلة لدليل اللدونة .

جدول رقم (٥-٦) معدل التضاغط الثانوى للتربة الطينية

التضاغط الثانوى	معدل التضاغط الثانوى C_α	دليل اللدونة % I_p
صغير جداً	أقل من ٠,٠٠٢	أقل من ٤٠
صغير	أقل من ٠,٠٠٤	
متوسط	أقل من ٠,٠٠٨	
عالى	أقل من ٠,٠١٦	أكبر من ٤٠
عالى جداً	أقل من ٠,٠٣٢	
عالى للغاية	أقل من ٠,٠٦٤	

٥/٣/٤/٥ إعتبارات خاصة بتعيين الخواص الطبيعية

٥/٣/٤/٥ (أ) محتوى الماء والكثافة وحدود القوام

قد يحتوى الطين على مواد عضوية لذلك يجب اجراء التجارب التى تعتمد على محتوى الماء الموجود بالعينة بعناية شديدة مثل محتوى الماء ، الكثافة و حدود القوام .

وتجفيف العينات بالتسخين فى فرن تجفيف يؤدى الى فقدان جزء من المواد العضوية بالعينة . لذلك إذا أمكن التحقق من وجود مواد عضوية بواسطة لون العينة او رائحتها فيجب فى هذه الحالة تحديد كميتها حتى لا تؤدى الى حدوث خطأ فى نتائج تجارب الخواص الطبيعية .

ويمكن التفرقة بين الطين العضوى والغير عضوى باجراء تجربتين لحد السيولة على نفس الطين و تجرى التجربة الأولى على عينة طبيعية مجففة فى الهواء والأخرى تجرى على عينة مجففة بالفرن وإذا كان حد السيولة للعينة المجففة بالفرن أقل بأكثر من ٢٠% من حد السيولة للعينة المجففة فى الهواء تعتبر التربة الطينية عضوية .

٥/٣/٤/٥ (ب) التدرج الحبيبى

تتكون بعض أنواع التربة الطينية اللينة من حبيبات ذات قطر مكافىء اقل من ٠,٠٠٠٢ مم وهى التى تعرف بالطين الدهنى وهذه الحبيبات طبقاً لقانون ستوك وكما وجد عملياً قد تترسب خلال مدة زمنية طويلة خلال تجربة الهيدروميتر أو التحليل الميكانيكى بطريقة الترسيب حتى مع استعمال عامل مفرق جيد . لذلك قد تؤدى طريقة التحليل الميكانيكى بالترسيب الى نتائج غير صحيحة ويفضل استعمال طريقة الطرد المركزى .

٥/٣/٤/٦ إعتبارات خاصة بقياس خصائص التضاغط

٥/٣/٤/٦(أ) سمك العينة

إن سمك العينة له تأثير كبير على نتائج تجربة التضاغط وأن العينات ذات السمك الكبير وجد أنها تزيد من الانضغاط الثانوى، بينما العينات ذات السمك الصغير تكون معرضة لدرجة أكبر من القلقلة أثناء تحضيرها للتجربة . لذلك يجب مراعاة الحرص الشديد عند تحضير عينات الطين اللين . وقد وجد ان أنسب سمك للعينة يتراوح من ١,٢٥ الى ٢,٥٠ سنتيمتر (نسبة القطر الى الارتفاع ٣,٥ : ١).

٥/٣/٤/٦ (ب) تأثير الاحتكاك على جوانب الحلقة

يعتمد توزيع الاحتكاك بين حوائط الحلقة والعينة على ما إذا كانت التجربة ذات حلقة ثابتة أو معلقة فى حالة الحلقة الثابتة يكون الاحتكاك موزعاً على طول جوانب الحلقة وقوة مقاومة الاحتكاك تكون كبيرة بالرغم من أن تسوية العينة يكون تأثيرها قليل على القاعدة وفى حالة الحلقة المعلقة يتواجد الاحتكاك على نصف المساحة المسطحة للحلقة بالرغم من أن حركة العينة تكون فى الاتجاهين وبالتالى تأثير تسوية العينة يكون كبير .

وهذا الاحتكاك بين العينة والحلقة يؤثر على الانضغاط الثانوى وعلى علاقات الهبوط والزمن .

٥/٤/٣/٦ (ج) مادة الحلقة

الحلقات النحاس ممكن ان تولد تأثيرات كهربائية مع المياه المحيطة بالعينة ومع مياه المسام البينى ولتجنب هذا يفضل استعمال حلقات مصنوعة من الصلب العالى المقاومة غير القابل للصدأ او النحاس المطلى أو اللوسيت .

٥/٤/٣/٦ (د) درجة حرارة العينة

إن درجة حرارة العينة المختبرة يجب أن تكون مساوية لدرجة حرارة الطبقة التى استخرجت منها والا ستكون نتائج تجربة التضاغط غير ممثلة لخصائص الطبقة وهذا لأن طبيعة التجاذب بين الحبيبات تعتمد على خصائص اللزوجة للرطوبة الملتحمة وهى بالتالى تعتمد على درجة الحرارة .

٥/٤/٣/٦ (هـ) قلقلة العينات

فى حالة الطين اللين فإن قلقلة العينات تؤدى الى قياسات انضغاط أقل بكثير من الحقيقة . لذلك فإن إجراء التضاغط علىالطين اللين يتطلب عناية شديدة جداً أثناء إعداد العينة للاختبار حتى يحدث بها أقل قلقلة ممكنة . أنواع كثيرة من الطين اللين والحساس عند انفعالات صغيرة تظهر اجهاد قص حرج وهو فى أحوال كثيرة يتحكم فى تصرفاتها . وقد يتلاشى إجهاد القص الحرج إذا تعرض الطين لانفعالات صغيرة أثناء إعداد العينة للتجربة وأثناء تداولها فى المعمل . هذا بالإضافة الى تغير محتوى الرطوبة بالعينة إذا حدثت أي قلقلة وهذا يؤدى إلى أخطاء كثيرة فى نتائج التجربة .

٥/٤/٣/٧ إعتبارات خاصة بقياس مقاومة القص غير المصروفة

٥/٤/٣/٧ (أ) جهاز المحاور الثلاثة

جهاز المحاور الثلاثة (Triaxial Apparatus) يستخدم لقياس مقاومة القص بالضغط غير المحاط وعند وضع عينة الطين على قاعدة الجهاز يجب أولاً التأكد من خروج كل فقاعات الهواء

من المجارى بقاعدة الجهاز وتقفل بعد ذلك المحابس المتصلة بالقاعدة ، ثم توضع العينة على قاعدة الجهاز وتغلف بغشاء من المطاط ويؤثر على العينة بضغط سالب لتفريغ الهواء بين العينة والغشاء المطاط .

وفى حالة الطين اللين يستعمل ضغط عكسى فى مياه المسام البينى لإحداث التضاغط وقد وجد أن أنسب ضغط يستعمل هو ٢٠٠ ك نيوتن / متر مربع (٢,٠٠ كجم /سم٢) .

٧/٣/٤/٥ (ب) جهاز المخروط الساقط

المخروط الساقط (Falling Cone Apparatus) قد صمم لقياس القص للطين اللين فى المعمل وفى هذه التجربة يترك مخروط صلب ليخترق الطين اللين من وضع ابتدائى ملامس لسطح الطين ويؤخذ اختراق المخروط بالمليميتر كمقياس لمقاومة القص للطين وكمقياس لقوام الطين .

ويعبر عن مقاومة القص غير المصروفة للطين عن طريق رقم المقاومة النسبى (H) وهو يقابل الوزن بالجرام للمخروط المشابه الذى يعطى اختراق قدرة ١٠مم . وقد استنتجت العلاقة التالية بين مقاومة القص غير المصروفة وبين رقم المقاومة النسبى .

$$S_U = \frac{H}{3.6 - 0.0064H} \qquad (١٨-٥)$$

٧/٣/٤/٥ (ج) جهاز الاختراق الاستاتيكى

يعتبر جهاز الاختراق الاستاتيكى (Cone Penetration Apparatus) من أهم الأجهزة المستخدمة فى قياس مقاومة إختراق التربة الطينية اللينة ولأعماق كبيرة وصف هذا الجهاز وطريقة الاختبار موضح بالجزء الأول من الكود ويمكن حساب قيمة مقاومة القص غير المصروفة من قيمة مقاومة الاختراق باستخدام المعادلة الاتية :

$$S_u = \frac{q_c - p_o}{N_k} \qquad (١٩-٥)$$

حيث :

P_o وزن عمود التربة فوق النقطة التى اجرى عندها الإختبار .

مقاومة القص أقل لذلك يجب أخذ هذا العامل فى الاعتبار وكلما كان معامل اللدونة كبيراً كلما كان معامل التصحيح لتخفيض مقاومة القص المقاسة فى المعمل كبيراً وهذا التخفيض فى قيمة مقاومة القص يكون نتيجة الزيادة فى ضغط مياه المسام البينى بزيادة الزمن حتى يحدث الانهيار.

ويمكن تلخيص تأثير معدل الانفعال فى تجارب المعمل على قياسات القص فى حالة عدم هروب الماء كالآتى :

- تجارب القص فى جهاز الثلاث محاور إذا أجريت بسرعة (بمعدل إنفعال اكبر من ٢% فى الدقيقة) تظهر قيمة علوية قصوى (Peak) واضحة فى منحنى الاجهاد والانفعال وإذا أجريت التجارب ببطء قد لا تظهر هذه القيمة العلوية .
- لوحظ نقص فى مقاومة القص بدون هروب الماء للطين اللين المقلقل حوالى ٥% فى مقاومة القص المقاسة بجهاز الثلاث محاور فى حالة نقص معدل الانفعال الى عشر قيمته .
- فى حالة الطين غير المقلقل يكون النقص فى المقاومة المقاسة بجهاز الثلاث محاور حوالى ١٥% إذا نقص معدل الانفعال الى عشر قيمته.
- ممكن أن يؤخذ معدل الانفعال المحورى ٠,٥% أو اقل فى حالة تجارب القص بدون هروب الماء للعينات ذات قطر ٣٨ مم وطول ٧٦مم .

وهناك عامل آخر يؤخذ فى الاعتبار وهو الوقت الذى يمضى بين استخراج العينة من الطبقة وبين اجراء تجربة القص فكلما زاد هذا الزمن تكون مقاومة القص المقاسة أكبر .

٢- عدم التماثل

إن نتائج تجربة القص باستعمال جهاز المحاور الثلاثة تتأثر بالاتجاه الذى قطعت فيه العينة فى الطبيعة وقد وجد تناقص مطرد فى مقاومة القص للطين إذا تغير ميل محور العينة من الرأسى الى الأفقى وهذا قد يرجع لسببين :

- عدم التماثل فى تكوين الطين فى الطبيعة وهذا يؤدى الى اجهادات مؤثرة مختلفة داخل العينة أثناء اختبارها وبالتالى يؤدى الى قيم مختلفة لمقاومة القص.
- أن تكون حبيبات التربة فى الطبيعة ذات اتجاه محدد وهذا قد يؤدى لاختلاف فى مقاومة القص الذى يتوقف على زاوية ميل سطوح الكسر بالنسبة لاتجاه ترتيب الحبيبات .

٣- قلقلة العينات

إذا كانت العينات قد حدث لها قلقلة أثناء إعدادها لتجربة القص فان مقاومة القص المقاسة تكون أقل من مقاومة القص للعينات غير المقلقلة خاصة فى الطين الحساس فى الطبيعة وهذا بالنسبة لجهاز معين وشروط معينة لإجراء التجربة لذلك يجب العناية أثناء استخراج العينات من الطبقة فى الطبيعة حتى يحدث بها أقل قلقلة ممكنة كذلك أثناء نقلها وإعدادها للتجارب المعملية.

٤- حجم العينات

تأثير حجم العينة ينعكس على مدى تمثيلها لخواص الطبقة التى استخرجت منها لذلك فان اى عدم تجانس فى العينات نتيجة عدم التماثل أو وجود وحدات نسيج مختلفة أو طبقات طمى رفيعة سيكون لها أكبر الأثر على خصائص القص المقاسة فى المعمل وعامة فإن حجم العينات المستعمل فى جهاز الثلاث محاور هى عينات ذات قطر ٣٨ قطر وارتفاع ٧٦مم .

٥- ظروف التضاغط

إن مقاومة القص المستنتجة من تجارب القص فى المعمل تختلف عنها فى الموقع وهذا يرجع الى أن التضاغط عادة يحدث فى المعمل تحت تأثير ضغوط متساوية فى جميع الجهات فى جهاز الثلاث محاور وهذا يخالف ظروف التضاغط فى الطبيعة .

٤/٤/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس

١/٤/٤/٥ مقدمة

عند التفكير فى تصميم واقامة منشأ على تربة طينية فان المهندس يحتاج إلى تحديد مدى إمكانية تحسين خواص التربة بطريقة اقتصادية . فى هذا الجزء نتعرض لعدة طرق تستخدم لتحسين الخواص الهندسية للتربة الطينية اللينة فى مصر . هذا بجانب الاعتبارات الخاصة التى يجب مراعاتها عند تصميم أساس البشة والاساسات الخازوقية .

٢/٤/٤/٥ معالجة التربة

تستخدم طرق مختلفة لتحسين خواص التربة اللينة ومن هذه الطرق :

٣- قلقلة العينات

إذا كانت العينات قد حدث لها قلقلة أثناء إعدادها لتجربة القص فان مقاومة القص المقاسة تكون أقل من مقاومة القص للعينات غير المقلقلة خاصة فى الطين الحساس فى الطبيعة وهذا بالنسبة لجهاز معين وشروط معينة لإجراء التجربة لذلك يجب العناية أثناء استخراج العينات من الطبقة فى الطبيعة حتى يحدث بها أقل قلقلة ممكنة كذلك أثناء نقلها وإعدادها للتجارب المعملية.

٤- حجم العينات

تأثير حجم العينة ينعكس على مدى تمثيلها لخواص الطبقة التى استخرجت منها لذلك فان اى عدم تجانس فى العينات نتيجة عدم التماثل أو وجود وحدات نسيج مختلفة أو طبقات طمى رفيعة سيكون لها أكبر الأثر على خصائص القص المقاسة فى المعمل وعامة فإن حجم العينات المستعمل فى جهاز الثلاث محاور هى عينات ذات قطر ٣٨ قطر وارتفاع ٧٦مم .

٥- ظروف التضاغط

إن مقاومة القص المستنتجة من تجارب القص فى المعمل تختلف عنها فى الموقع وهذا يرجع الى أن التضاغط عادة يحدث فى المعمل تحت تأثير ضغوط متساوية فى جميع الجهات فى جهاز الثلاث محاور وهذا يخالف ظروف التضاغط فى الطبيعة .

٤/٤/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس

١/٤/٤/٥ مقدمة

عند التفكير فى تصميم واقامة منشأ على تربة طينية فان المهندس يحتاج إلى تحديد مدى إمكانية تحسين خواص التربة بطريقة اقتصادية . فى هذا الجزء نتعرض لعدة طرق تستخدم لتحسين الخواص الهندسية للتربة الطينية اللينة فى مصر . هذا بجانب الاعتبارات الخاصة التى يجب مراعاتها عند تصميم أساس البشة والاساسات الخازوقية .

٢/٤/٤/٥ معالجة التربة

تستخدم طرق مختلفة لتحسين خواص التربة اللينة ومن هذه الطرق :

(أ) سبق التحميل (أو سبق التضاغط) وهى طريقة معروفة وتستخدم كثيرا .

(ب) المصارف الرأسية وتستخدم مع طريقة سبق التحميل . وهذه الطريقة منتشرة جدا حديثا بعد التطويرات التى حدثت فى أنواع المصارف .

(ج) الخوازيق الركامية وهى كمصارف رأسية بجانب زيادة قوة تحمل التربة حيث تعمل كخوازيق وتمثل عملية إستبدال جزئى للتربة الطينية .

(د) الطرق الكهربائية مثل الطريقة الإلكتروأوزموزية وطريقة تجميد التربة .

(هـ) التثبيت بإضافة مواد مختلفة مثل الجير والأسمنت و الرماد المتطاير.

(و) الدمك الديناميكى وهذه الطريقة كانت تستخدم لأنواع التربة ذات الحبيبات الخشنة (الرمل والزلط) ولكن حديثا استخدمت للتربة الناعمة (الطمى والطين) وخاصة للطين اللين .

واختيار أى طريقة من طرق تحسين خواص التربة يعتمد على خصائص الطين وعمق الطبقة ومساحة المشروع المنفذ ونوع المنشأ وكذلك يعتمد على الاجهزة والخبرات والزمن المتاح والعوامل الاقتصادية .

وفيما يلى يتمّ استعراض بعض الطرق الشائعة .

٢/٤/٤/٥ (أ) سبق التحميل

تتلخص طريقة تحسين خصائص التربة اللينة باستعمال طريقة سبق التحميل فى تحميل سطح الأرض فى موقع المنشأ بحمل منتظم موزع قبل الإنشاء. وتأثير الحمل الموزع على طبقة الطين تتلخص فى الآتى :-

- هبوط ناتج عن التضاغط الاساسى .
- هبوط ناتج عن التضاغط الثانوى .
- زيادة مقاومة القص المصروفة للطين.

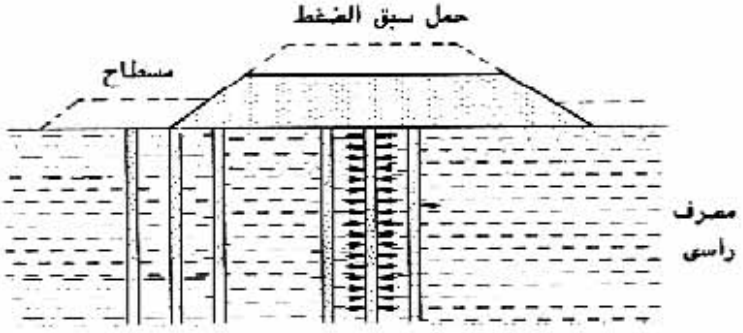
ويمكن أن يتم سبق التحميل بأحد الطريقتين :-

- التحميل قبل الإنشاء.

- الانشاء على مراحل .

٢/٤/٤/٥ (ب) المصارف الرأسية

تستعمل المصارف الرأسية لطبقات الطين اللين السميكة حيث تكون نسبة التضاغط الرئيسى إلى التضاغط الثانوى كبيرة تحت تأثير الاحمال المتوقعة وخاصة فى حالة الطين الذى له لدونة قليلة نسبيا . والمصارف الرأسية تستعمل مع طريقة سبق التحميل وهذا لزيادة سرعة التضاغط الرئيسى وهذا عن طريق تقصير مسار الصرف لمياه المسام البينية وهذا للاسراع من عملية التضاغط تحت الاحمال المعرض لها الطين شكل (٥ – ٢٧).



شكل (٥-٢٧) تطبيق للمصرف الرأسى

١ -كفاءة الصرف الرأسى

كفاءة أى نظام للصرف الرأسى يمكن ايجادها بدلالة السرعة التى تحدث بها عملية التضاغط الناتج عن تدعيم التربة بالنسبة لمثيلتها فى حالة عدم استعمال مصارف رأسية .

لذلك فإن فى عملية سبق التحميل مع استعمال مصارف رأسية تتضح أهمية العاملين الآتيين :-

- أن الاحمال المعرض لها $(\bar{\sigma}_{vo} + P)$ الطين يجب أن تكون أكبر من إجهاد سبق التضاغط للطين . $(\bar{\sigma}_{vo})$

- أن نسبة الهبوط نتيجة التضاغط الرئيسى إلى الهبوط نتيجة التضاغط الثانوى يجب أن تكون كبيرة .
- نسبة التضاغط الثانوى قليلة .

وتعتمد كفاءة المصارف الرأسية إلى حد كبير على بعض خصائص الطين والتى تؤثر فى فاعليته وهى معامل النفاذية (K) ومعامل التضاغط (C_v) وتغيرهما بالنسبة للمسافة والزمن . تتميز ترسيبات الطين الحديثة عادة بوجود طبقات رقيقة جدا من الرمل والطمى عادة تزيد من كفاءة المصارف الراسية حيث تعمل كمصارف أفقية لما تتميز به من معامل نفاذية عالى نسبيا بالنسبة للطين . وجود هذه الطبقات ذات سمك أكبر نسبيا أو على مسافات قريبة يقلل من فاعلية المصارف الرأسية أو لا يكون هناك ضرورة لاستعمالها .

عند استعمال المصارف الرأسية يجب اجراء تجارب نفاذية فى الموقع تحت تأثير ارتفاعات هيدروليكية صغيرة . وكذلك تجرى تجارب تضاغط فى المعمل على عينات ذات أقطار كبيرة .

٢ – أنواع المصارف الرأسية

المصارف الرملية

تتراوح أقطار المصارف الرملية (Sand Drains) – الأكثر إستخداماً – من ١٨٠مم إلى ٤٥٠ مم وتنفذ لاعماق كبيرة فى التربة بطرق مختلفة . وزيادة مقاومة القص بتأثير المصارف الرملية يمكن ايجادها بنفس الطريقة المتبعة فى حالة سبق التحميل .

هذا بالاضافة إلى أن المصارف الرملية يمكن أن تعطى زيادة فى مقاومة القص الكلية للطين .

تستعمل المصارف البلاستيك (Band Drains) حديثا فى كثير من الاحيان بدلا من المصارف الرملية ومقارنة المصارف الرملية بالمصارف البلاستيك يتضح أن استعمال المصارف البلاستيك تحدث قلقلة أقل للطين وفى حالة حدوث هبوط كبير لا تتأثر فاعلية المصرف البلاستيك .

٢/٤/٤/٥ (ج) الدمك الديناميكى

تتلخص عملية الدمك الديناميكى (Dynamic Compaction) فى زيادة كثافة التربة بالتأثير

عليها بوزن ثقيل يسقط من ارتفاع معين بعدد من المرات والهدف من هذه العملية هو زيادة مقاومة القص للتربة ولتقليل الهبوط المتوقع تحت تاثير أحمال المنشأ والاوزان المستعملة تتراوح بين (١٢٠-٢٢٠ كيلو نيوتن) (١,٢ - ٢,٠٠ كجم /سم٢) وارتفاعات السقوط حوالى ٢٠ متر. و يعجل الدمك الديناميكى من عملية التضاغط عن طريق احداث مسارات تصريف عديدة فى الطين ويمكن ايضاً استعمال سبق التحميل مع الدمك الديناميكى ويعتمد التصميم فى هذه الحالة على الخبرة والتجربة .

٣/٤/٤/٥ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها

٣/٤/٤/٥ (أ) الأساسات السطحية

الاساسات السطحية قليلاً ما تستخدم فى حالة ما اذا كانت تربة التأسيس تتكون من طين لين جداً . وهناك بعض الظروف التى قد تسمح باستخدام هذا النوع من التربة للتأسيس السطحى عليها ومثال ذلك: - وجود قشرة سميكة جافة من الطين ، سمك طبقة الطين منتظم الى حد ما وحمل المنشا المراد اقامته قليل حيث يكون هذا النوع من الاساسات هو الحل الافضل من الناحية الاقتصادية كما هو موضح فى شكل (٥ -٢٨) فانه يمكن الفرض بأن حمل المنشأ يتوزع بزاوية ٣٠° مع الرأسى وبالتالى فان الضغط على سطح طبقة الطين (q) يمكن حسابة كمايلى :

للقواعد المربعة أوالدائرية :

$$q = q_n\left(\frac{B}{B+1.15d}\right)^2 \qquad (٢٠-٥)$$

وللقواعد الشريطية :-

$$q = q_n\left(\frac{B}{B+1.12d}\right)^2 \qquad (٢١-٥)$$

حيث :

B عرض القاعدة

d عمق سطح الطبقة اللينة عند منسوب التأسيس .

قيمة الضغط (q) يجب ألا تزيد عن قدرة التحمل الآمن لطبقة الطين اللين كما يمكن تقليل قيمة الضغط الناتج عن المنشأ وذلك بزيادة أبعاد القواعد مع ملاحظة أن القواعد إذا أصبحت متقاربة جداً فإن الضغط الناتج عن المنشأ على سطح طبقة الطين قد يتضاعف نتيجة تداخل توزيع الضغط كما هو واضح فى شكل رقم (٥-٢٩) ولتجنب ذلك فانه قد يفضل استخدام القواعد الشريطية .

بالنسبة لأساسات اللبشة فانها اذا وضعت على العمق الذى يتساوى عنده الضغط الناتج من المنشأ بالضغط المقابل للتربة المزالة فأنه لن يحدث أية تغييرات فى التربة وبالتالى يتوقع هبوط قليل مقبول .

هنا يجدر بالإشارة الى أن طبقة القشرة السطحية الجافة تعمل كاللبشة الطبيعية هذه اللبشة الطبيعية إذا كانت بسمك كاف فانها تمنع الطين اللين من الهروب خارج المساحة المحملة مع الأخذ فى الاعتبار حساب الهبوط لطبقة الطين العليا (القشرة) وطبقة الطين اللين .

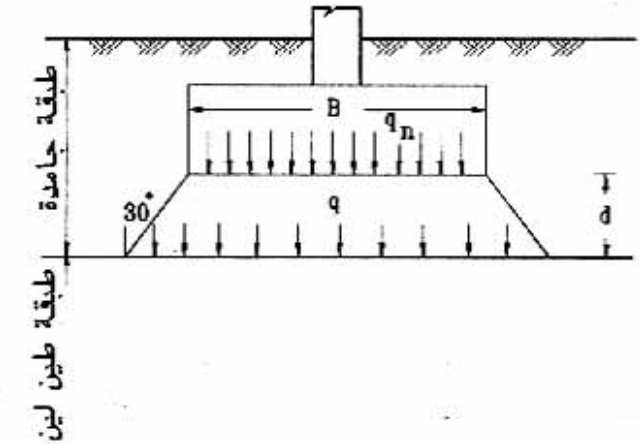
عند الحفر فى التربة الطينية اللينة لبدروم مبنى فان إزالة أحمال التربة التى فوق منسوب التأسيس قد يسبب رفع لسطح الطين عند منسوب الحفر والذى قد يسبب مشاكل خاصة نتيجة حركة الطين فى موقع الحفر بتأثير فرق ضغط التربة الرأسى خارج الحفر اذا كان معامل الامان ضد الانهيار بانتفاخ الطين ذو قيمة منخفضة .

فى هذه الحالة فانه من الضرورى الحفر مع صب البلاطة الخرسانية فى تتابع بحيث يتم الحفر ثم صب شريحة من البلاطة الخرسانية وهذا لضمان معامل أمان عال كاف ضد انتفاخ الطين فى بعض الأحيان قد توضع اساسات اللبشة فى التربة الطينية اسفل منسوب المياه الجوفية وفى هذه الحالة يتم استخدام خرسانة كثيفة لتمنع نفاذية المياه . وهنا قد يعتقد أنه لن يحدث سريان للمياه داخل اللبشة حيث أن معامل النفاذية لهذا النوع من الخرسانة ذات نسبة المياه / الاسمنت ٠,٥ الى ٠,٦ يتراوح بين ٠,٠٣ × ١٠ $^{-١٠}$ الى ٠,٩ × ١٠ $^{-١٠}$ متر / ثانية ، وهى تقريباً نفس القيم لمعامل النفاذية للتربة الطينية المحيطة باللبشة .

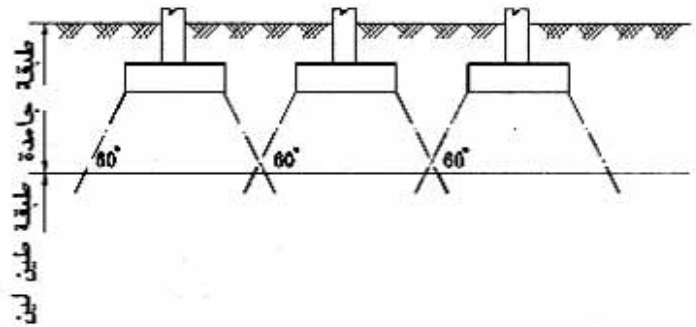
(١) قدرة التحمل

بالنسبة للتربة الطينية اللينة فأن قدرة التحمل تحسب على أساس افتراض الاجهاد الكلى (ϕ = صفر) لحساب قدرة التحمل بدون تصريف المياه (q_u) كما يلى:-

$$q_u = S_u N_c + \sigma_{vb} \qquad (٢٢-٥)$$



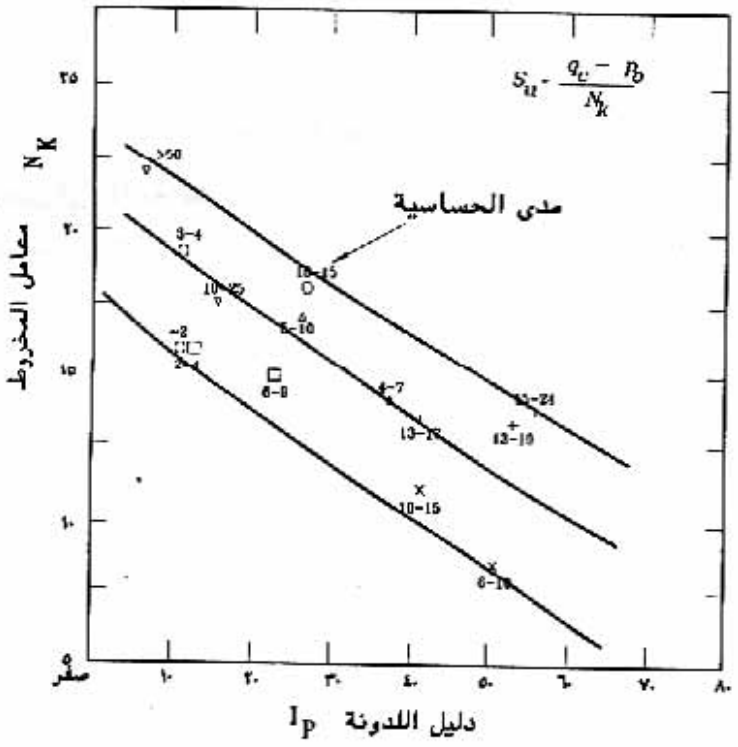
شكل (٥-٢٨) أساسات منفصلة ترتكز على طبقة قوية تحتها طبقة ضعيفة



شكل (٥-٢٩) أساسات بينها مسافات صغيرة

q_c مقاومة الاختراق

N_k معامل المخروط ويختلف من ١٠ إلى ٣٠ كما تتوقف قيمته على قيمة دليل اللدونة طبقاً للمنحنى بالشكل رقم (٥-٢٦) وطبقاً لحساسية التربة (S_t) .



شكل (٥-٢٤) علاقة معامل المخروط و دليل اللدونة
Lunne and Eide (١٩٧٦)

وعامة فإن أهم العوامل التى تؤثر على قيمة مقاومة القص المقاسة يمكن مناقشتها كمايلى :

١ - الزمن اللازم للانهيار فى حالة تجربة القص غير المصروف ومعدل إجراء التجربة كلما كان الزمن الذى يمر حتى يحدث الانهيار فى حالة القص بدون هروب الماء كبيراً كانت

حيث :

N_c معامل قدرة التحمل ويمكن اخذه يساوى ٥,٧

S_u مقاومة قص التربة غير المصروفة .

σ_{vb} الاجهاد الكلى الناتج عن وزن التربة عند منسوب قاعدة الأساس .

فى حالة الاساسات السطحية على طبقة جامدة فوق طين لين فإن هناك احتمال حدوث انهيار نتيجة الضغط الزائد وسريان الطين فى اتجاه خارج المساحة المحملة ولذلك فانه ينصح باستخدام معامل أمان فى الحدود من ٢,٥ – ٣,٠٠ لقدرة التحمل المسموح بها لضمان أن الهبوط المتوقع يكون فى الحدود المسموح بها ومع ذلك فأنه يجب بصفة عامة حساب الهبوط حتى بالنسبة للمنشآت التى تعطى ضغوط قليلة على التربة .

(٢) الهبوط

إن الهبوط الكلى ينتج عامة عن الهبوط الفورى (Immediate Settlement) الهبوط الأساسى الناتج عن تضاغط التربة (Consolidation Settlement) وهبوط التضاغط الثانوى (Secondary Consolidation Settlement) .الهبوط الاساسى يمكن حسابة باستخدام دليل الانضاغط C_c كما يلى :

$$S = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{\bar{\sigma}_o + \overline{\Delta\sigma}}{\bar{\sigma}_o} \qquad (٢٣-٥)$$

حيث :

s الهبوط

C_c دليل الإنضغاط المحسوب من المنحنى الحقلى

e_o نسبة الفراغات عند الضغط الفعال للتربة (σ_o)

$\Delta\sigma$ الضغط الزائد (الناتج عن المنشأ) مع مراعاة ظروف سبق التحميل

بالنسبة للهبوط الثانوى فان تجربة التضاغط يجب أن يمتد أجراؤها لوقت طويل يسمح بالحصول على معامل الهبوط الثانوى .

٣/٤/٤/٥ (ب) الاساسات العميقة

إن الخوازيق السايقة التجهيز تستخدم بصفة عامة فى حالة وجود الطين اللين وقد تستخدم

الطين الجامد فان الجزء العلوى من كتله الطين الرخو المحصورة بمجموعة الخوازيق يحدث لها إزاحة إلى أعلى كما هو مبين فى شكل (٥-٣٠).وذلك يؤدى الى رفع الخوازيق المتقاربة إذا كانت قوة الدفع إلى أعلى تزيد عن مقاومة الجذب (الشد) للجزء السفلى للخازوق .

الانتفاخ خلال مجموعه خوازيق يؤخذ عادة مساوياً إلى ٤٠ - ٥٠ % من الحجم الكلى للخوازيق عندما يكون سطح الأرض أفقياً وعادة ما يظهر حوالى نصف الانتفاخ الكلى كانتفاخ سطحى خارج مجموعة الخوازيق .

الحجم الكلى للانتفاخ عادة اقل من الحجم الكلى للخوازيق وذلك نتيجة للانخفاض السريع لضغوط المياه المسامية الزائدة بجانب انضغاط التربة أثناء عملية دق الخوازيق .

دق الخوازيق فى الطين اللين يؤدى إلى زيادة الضغط الجانبى للتربة و تزداد قيمة هذا الضغط كلما تقاربت الخوازيق لذلك فان خوازيق الجسور الملاصقة لدعامة الكوبرى تدق عامة قبل دق الخوازيق الإنشائية للكوبرى لتقليل الإزاحة الجانبية للتربة وغالباً ما يستخدم النمط ذو الشكل التبادلى لدق الخوازيق لدفع التربة أفقياً بعيداً عن محور طريق الجسر .

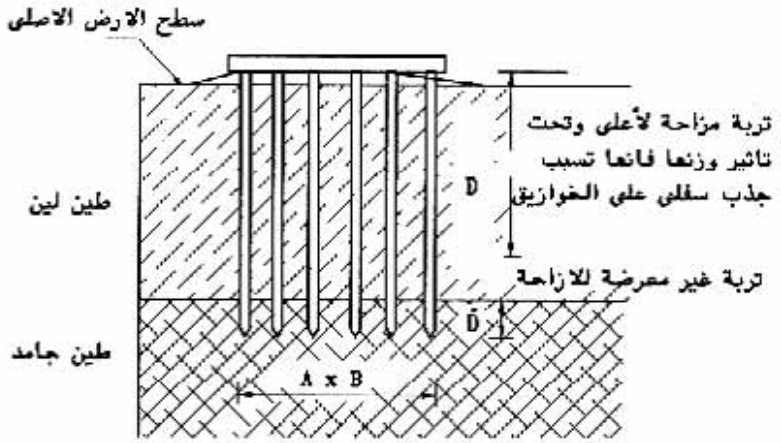
أن اعادة الانضغاط للتربة وتلاشى ضغوط مياه المسام الزائدة بعد دق الخوازيق تحدث بسرعة ولذلك فان الهبوط الناتج غالباً ما يكون له نفس مقدار الانتفاخ الذى سببه دق الخوازيق .

عندما يحدث الانضغاط فان وزن التربة المنتفخة ينتقل إلى الخوازيق وهذا يزيد من أحمال الخوازيق . وهذا يوضح أن الجزء العلوى للطين اللين لا يشارك فى قدرة التحمل للخوازيق (خاصة فى حالة خوازيق الارتكاز والاحتكاك) أيضا عند الأخذ فى الاعتبار السحب لأسفل لكل خازوق على حده فانه يجب التذكر بان الانتفاخ وإعادة الانضغاط يكونا كافيين ليسببا الاحتكاك السطحى السالب لحدوثه على الأجزاء العليا فقط من عامود الخازوق .

٤- قدرة التحمل لخازوق ومجموعة خوازيق فى الطين اللين

قدرة التحمل للخوازيق فى التربة الطينية اللينة تحسب من مقاومة القص غير المصروفة والتى يمكن تقييمها من نتائج تجربة مروحة الحقل أو تجربة سقوط المخروط. لا يمكن استخدام نتائج تجارب الاختراق الاستاتيكى او الديناميكى او علاقات دق الخازوق عند تقدير قدرة تحمل الخوازيق فى الطين اللين .

عند أخذ المقاومة السطحية للخازوق فى الطين اللين لحساب قدرة التحمل يجب مراعاة نقطتين هامتين : الأولى الزمن المنقضى بين دق الخوازيق وبداية التحميل والثانية معدل التحميل الذى



شكل (٥-٣٠) تاثير إزاحه التربه إلى اعلى على مجموعه من الخوازيق المنفذة بالدق فى الطين

يؤثر على مقاومة الالتصاق بين الطين والخازوق .

أقصى قدرة تحمل للخازوق الخرسانى أو الحديد تصل عامة بعد ٤ إلى ٦ شهور من نهاية دق الخوازيق عندما يكون دليل اللدونة للتربة أقل من ٥٠% وبالنسبة للطين ذو دليل اللدونة العالى فإن أقصى قدرة للتحمل تصل بعد حوالى من شهرين الى ثلاثة اشهر من نهاية دق الخوازيق .

خوازيق المجموعات ذات نقط الارتكاز والتى تدق فى الطين اللين تصمم على اساس ان كل خازوق يعمل منفصلا دون اى تأثير للخوازيق المجاورة .

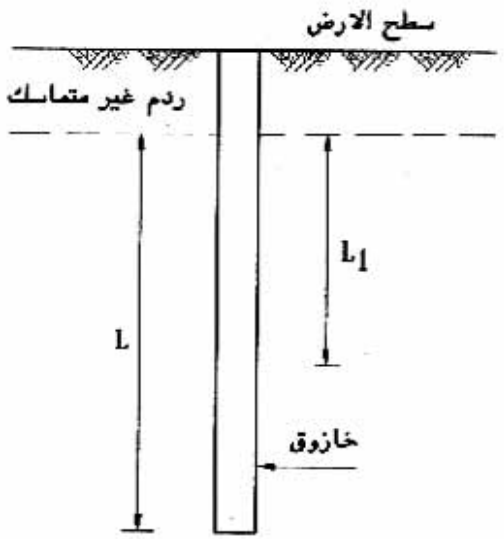
٥- الاحتكاك السطحى السالب

ان هبوط التربة حول الخازوق كنتيجة لقلقلة الدق أو خفض منسوب المياه الجوفية او وضع ردم حول الخوازيق أو الاهتزازات يؤدى الى زيادة احمال الخوازيق ذات نقط الارتكاز وهذه القوى لا تعمل على جذب الخازوق لاسفل كأحتكاك سطحى سالب قد تؤدى الى حدوث الانهيار لمجموعات الخوازيق .

لذلك فأنه يجب ان يتولد على سطح الخازوق مقاومة احتكاك موجبة زائدة لتعادل هذا الاحتكاك السالب المعاكس فى هذه الحالة فأنه يمكن تقدير موضع نقطة التعادل تقريباً كما هو موضح بالشكل (٥-٣١) كما يلى :

بالنسبة لتربة انضغاطية يعلوها طبقة ردم من التربة غير المتماسكة (رمل أو زلط) فان العمق (L1) الى نقطة التعادل على الخازوق ذو الطول (L) المندق فى التربة الانضغاطية يمكن تقديرة من العلاقة:

$$L_1 = \frac{L}{\sqrt{2}} \qquad (٢٤-٥)$$



شكل (٥-٣١) تولد الإحتكاك السالب على خازوق مفرد

٦- تتابع دق الخوازيق

إن اهمية تتابع دق الخوازيق يتوقف على مدى تأثير الازاحة الجانبية وكذلك انتفاخ سطح الارض . لذلك فانه لدق مجموعة خوازيق لمنشأ فى مساحة محدودة فانه قد يفضل أن يتم التتابع من الوسط الى الجوانب. أما بالنسبة لخوازيق الجسور فانه يفضل أن يبدأ الدق بالخوازيق القريبة من الميل اولاً ثم يستمر التتابع بعيداً عن الميل لأن الخوازيق التى تدق أولاً فى هذه الحالة تقلل من الازاحة الجانبية للتربة أسفل الميل .

٧- خوازيق الجسور

خوازيق الجسور او الردم تو الاحمال الخفيفة تستخدم عادة لتقلل من الضغط الجانبى على خوازيق المنشأ .عند استخدام هذا النوع من الخوازيق فى التربة اللينة فان تصميم وتنفيذ خوازيق الجسور يجب ان يتم بعناية كبيرة. ويجب إعتبار ان التربة وعتبة الخازوق الخرسانية والخازوق تعمل كوحدة واحدة . ويجب الأخذ فى الإعتبار المتطلبات الآتية:-

- ضغط التراب الناتج عن ردم الجسر يجب ان يقاوم باستخدام الخوازيق المائلة .
- قوى ردود فعل الخوازيق المائلة بواسطة المنشأ (غالباً ما يكون الجسر).
- ردم الجسر بين الاعتاب الخرسانية للخوازيق يجب الا يتعرض لأية ازاحة .
- يجب وضع الردم بطريقة لا تسمح بحدوث ازاحة للخوازيق واعتابها الخرسانية ، وعند وجود طبقات طين لين عليا فانه يجب تثبيت رؤوس الخوازيق.
- أن تكون الخوازيق قادرة على حمل اوزان الجسر وأيه أحمال مختلفة أخرى .

عادة ما تستخدم الخوازيق الخرسانية سابقة التجهيز عندما يكون الجسر كبير نسبياً (أكبر من ٢ متر إلى ٣ متر) حيث أنه يمكن الاستفادة من قدرة التحمل القصوى للخوازيق .

٣/٤/٤/٥ (ج) اعتبارات عامة لتصميم الاساسات فوق التربة الطينية اللينة

تمتلك التربة الطينية اللينة خواص هندسية مختلفة ومتباينة وتتلخص فى الآتى :

١- ضعف مقاومة التربة .
٢- نسبة تضاغط عالية .
٣- نسبة تضاغط ثانوى عالية .
٤- اختلاف كبير فى نسبة مجال اللدونة .
٥- معامل نفاذية صغيرة جداً .
٦- تأثر كبير لخواص التربة بتغير نسبة الرطوبة .
٧- صعوبة الحصول على عينات غير مقلقلة.
٨ - تأثر التربة الكبير بطريقة اختبار مقاومة القص فى الحقل وفى المعمل .
٩- اختلاف القيم المقاسة فى الاختبارات الحقلية ومثيلتها من الاختبارات المعملية .

ولحساب المقاومة الآمنة للتربة وسلوك الأساسات فوق هذه التربة يجب أخذ التوصيات الآتية فى الإعتبار :

أ- إجراء إختبارات القص فى الحقل وفى المعمل للحصول على مقاومة التربة المناسبة .

ب- لحساب هبوط التربة يجب الأخذ فى الاعتبار معامل التضاغط العادى ومعامل التضاغط الثانوى .

ج- معامل الأمان للأساسات السطحية وللأساسات العميقة يجب أن لا يقل عن ٣,٠٠.

د- اختيار نوعيه التأسيس يجب أن يأخذ فى الاعتبار سلوك الاساسات فوق التربة الطنية اللينة ولفترة زمنية طويلة .

هـ- فى حالة الحاجة إلى معالجة التربة بأى من الطرق المذكورة بالكود أو أى طريقة أخرى مناسبة يجب الأخذ فى الاعتبار المدة الزمنية الطويلة اللازمة لإتمام المعالجة المناسبة نظراً لصغر النفاذية وارتفاع نسبة الرطوبة كما يجب قياس مقاومة التربة للقص وللإنضغاط بعد إتمام عملية المعالجة .

٥/٤/٥ المتطلبات الاساسية لتقرير ابحاث التربة

لاعداد تقرير مناسب لدراسة التربة الطينية اللينة يجب أن يشمل التقرير على الآتى :

١- فكرة بسيطة عن جيولوجية المنطقة وهل المنطقة قريبة من البحر أو المجارى المائية أو ناتجة من ردم البرك والمستنقعات .

٢- تنفيذ عدد مناسب من الجسات ويجب ألا يقل عدد الجسات عن جسة لكل ٣٠٠ متر مربع من الموقع وعن ثلاثة جسات للموقع الواحد .

٣- يجب أن تصل الجسات إلى الطبقة الرملية وبالعمق المناسب حتى يكون التقرير صالح لدراسة إحتمال إستخدام أساسات عميقة .

٤- تجميع عينات مناسبة لكل متر من الجسة وعند اختلاف طبقات التربة .

٥- تسجيل منسوب المياه الأرضية عند بداية ظهورها وكذلك بعد استقرارها.

٦- تجميع عينات من المياه الأرضية (عينة واحدة على الاقل).

٧- العناية بحفظ ونقل عينات التربة وعينات المياه الأرضية إلى المعمل .

٨- لا بد من إجراء أحد الاختبارات الحقلية المناسبة والموضحة بالكود .

٩- تجرى الاختبارات المعملية الآتية :-

- اختبار القص .
- اختبار التضاغط .

أ- إجراء إختبارات القص فى الحقل وفى المعمل للحصول على مقاومة التربة المناسبة .

ب- لحساب هبوط التربة يجب الأخذ فى الاعتبار معامل التضاغط العادى ومعامل التضاغط الثانوى .

ج- معامل الأمان للأساسات السطحية وللأساسات العميقة يجب أن لا يقل عن ٣,٠٠.

د- اختيار نوعيه التأسيس يجب أن يأخذ فى الاعتبار سلوك الاساسات فوق التربة الطنية اللينة ولفترة زمنية طويلة .

هـ- فى حالة الحاجة إلى معالجة التربة بأى من الطرق المذكورة بالكود أو أى طريقة أخرى مناسبة يجب الأخذ فى الاعتبار المدة الزمنية الطويلة اللازمة لإتمام المعالجة المناسبة نظراً لصغر النفاذية وارتفاع نسبة الرطوبة كما يجب قياس مقاومة التربة للقص وللإنضغاط بعد إتمام عملية المعالجة .

٥/٤/٥ المتطلبات الاساسية لتقرير ابحاث التربة

لاعداد تقرير مناسب لدراسة التربة الطينية اللينة يجب أن يشمل التقرير على الآتى :

١- فكرة بسيطة عن جيولوجية المنطقة وهل المنطقة قريبة من البحر أو المجارى المائية أو ناتجة من ردم البرك والمستنقعات .

٢- تنفيذ عدد مناسب من الجسات ويجب ألا يقل عدد الجسات عن جسة لكل ٣٠٠ متر مربع من الموقع وعن ثلاثة جسات للموقع الواحد .

٣- يجب أن تصل الجسات إلى الطبقة الرملية وبالعمق المناسب حتى يكون التقرير صالح لدراسة إحتمال إستخدام أساسات عميقة .

٤- تجميع عينات مناسبة لكل متر من الجسة وعند اختلاف طبقات التربة .

٥- تسجيل منسوب المياه الأرضية عند بداية ظهورها وكذلك بعد استقرارها.

٦- تجميع عينات من المياه الأرضية (عينة واحدة على الاقل).

٧- العناية بحفظ ونقل عينات التربة وعينات المياه الأرضية إلى المعمل .

٨- لا بد من إجراء أحد الاختبارات الحقلية المناسبة والموضحة بالكود .

٩- تجرى الاختبارات المعملية الآتية :-

- اختبار القص .
- اختبار التضاغط .

- حدود اتربرج .
- التحليل الكيميائى .

١٠- بالنسبة لتحليل النتائج وحساب مقاومة التربة الآمنة يؤخذ فى الاعتبار الهبوط المحتمل .

١١- يؤخذ فى الاعتبار الاحتياطات اللازمة لتثبيت وتحسين التربة وسلامة المنشآت القريبة من الموقع .

المراجع

1. Alamm Singh, (1976)" Soil Engineering in Theory and Practice", Asia Publication House, 654. p.

2. American Association of State Highway and Transportation Officials, (1978), "Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing", Part II, AASHTO, Washington , D.C.

3. Bishop, A.W. and Henkle, D.J.(1976), "The Measurement for Soil Properties in the Triaxial Test"., ELBS, Edward Arnold (Publishers) LTD, P.83.

4. Bjerum, L., (1973), "Problems of Soil Mechnaics and Construction of Soft Clays". 8th ICSMFE, Moscow, Vol. 3, pp. 11-159.

5. Bowles, J.E., (1977), "Foundation Analysis and Design", McGraw Hill company, LTD., pp. 586-608

6. Brand, E.W. and Brenner R.P., (1981), "Soft Clay Engineering", Elsevier Scientific Publishing Company.

7. Brons, B. and Hansbo, S. (1981), "Foundation on Soft Clay In Soft Clay Engineering", Ed. E.W. Brand and R.P. Brenner, Elsevier Scientific Publishing Company, Amesterdam, Oxford, New York. pp. 467-468.

8. Building Research Advisory Board, National Research Council (1968), "Criteria for Selection and Design of Residential Slabs on Ground", U.S. National Academy of Sciences Publication 1571.

9. Canadian Building Code, (1975), National Research Council, Canada.

10. Das, B.M. (1990), "Principles of Geoetechnical Engineering " Second Edition.

11. Holtz,D.H.and Kovacs, W.D.,(1981), "An Introduction to Geotechnical Engineering", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.

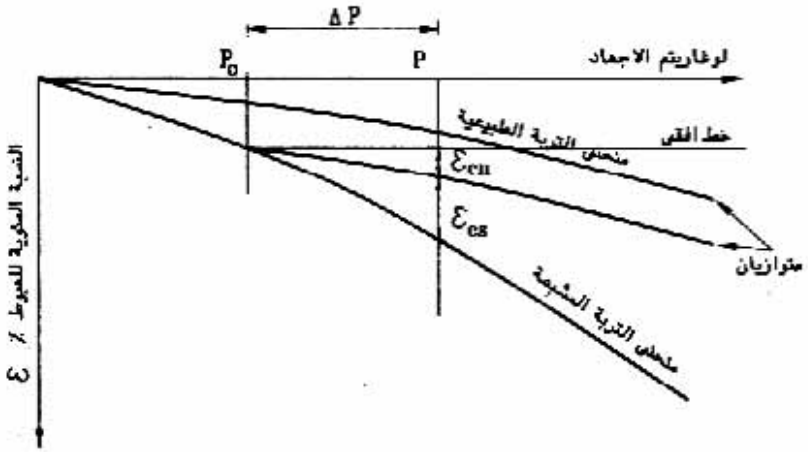
12. Mersi, G. and Castro, A. (1987), "Ca/Cc Concept and Ko During Secondary Compression", J. Geotechnical Eng, ASCE Vol. 113, No.3, pp. 230-244.

13 Youssef, A.A., and Erol, O., (1984), "Peroformance of Preload on Cohesionless Soils", Int. Conf. on Case Histroies in Geotechnical Engineering, Vol. 3, pp. 1229-1233.

ملحق (٣/٥)

طريقة تقدير الهبوط للأساسات السطحية على التربة القابلة للإنهيار

إن تجربة الايدومتر المزدوج تتميز بأنها تعبر عن سلوك التربة تحت تأثير أحمال مختلفة فى حالتها الطبيعية وظروف الغمر ويمكن استخدام نتائج هذه التجربة لتعيين مقدار الهبوط كمايلى :



شكل(١) إستخدام نتائج الايدومتر المزدوج لتقدير الهبوط المتوقع للتربة

١- يحدد ضغط عبء التربة (P_o) عند منسوب التأسيس .

٢- من نقطة تقاطع (P_o) مع منحنى التربة المشبعة يتم رسم منحنى موازى لمنحنى التربة الطبيعية .

٣- يتم تحديد نسبة الهبوط للتربة المشبعة (ε_{cs}) وكذلك نسبة الهبوط للتربة الطبيعية (ε_{cn}) تحت اجهاد (P) يساوى مجموع ضغط العبء (P_o) والاجهاد التصميمى (Δp) كما هو موضح فى شكل (١)

٤- يحدد للطبقة القابلة للإنهيار فى الطبيعية كل من العمق المتأثر بحمل المنشأ (H_1) والعمق المتأثر بتغير محتوى الرطوبة نتيجة الغمر (H_2).

٥- يعين مقدار الهبوط (ΔH) طبقاً للحالات الآتية :

(أ) فى حالة (H_1) أكبر من (H_2)

$$\Delta H = (\varepsilon_{cs}) \times (H_2) + (\varepsilon_{cn}) \times (H_1 - H_2)$$

(ب) فى حالة (H١) أقل من (H٢)

$$\Delta H = (\varepsilon_{cs}) \, X \, (H_1)$$

وكمثال تطبيقى على ذلك فأنه إذا كان لطبقة قابلة للإنهيار الظروف التالى طبقاً للرسم التوضيحى بالشكل(٢) :

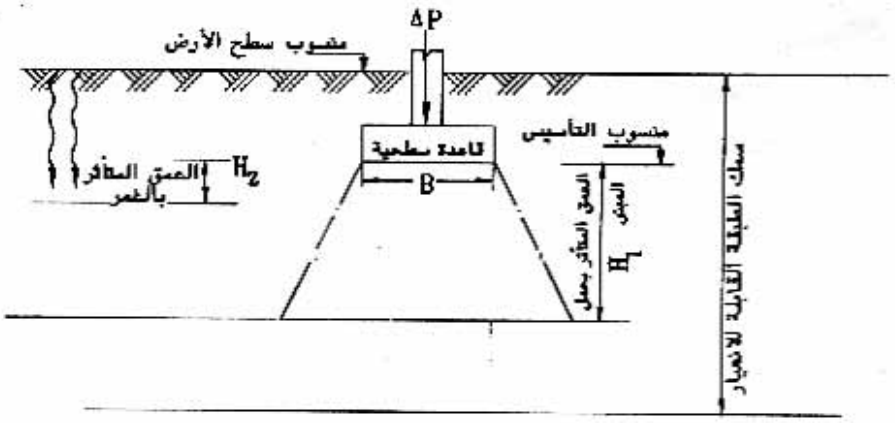
- العمق المتأثر بحمل المنشأ (H١) = ٣,٠٠متر .
- العمق المتأثر بتغير محتوى الرطوبة (H٢) = ١,٠٠ متر
- نسبة الهبوط للتربة الطبيعة (ε_{cn}) = ١,٠٠ %
- نسبة الهبوط للتربة المشبعة (ε_{cs}) = ٤,٥٠%

فإن مقدار الهبوط المتوقع للحالـــة (أ) = (١٠٠) × (٠,٠٤٥) + (٣٠٠ – ١٠٠) × (٠,٠١) = ٦,٥٠سم.

و مقدار الهبوط المتوقع للحالة (ب) =

(٣,٠٠) × (٠,٠٤٥) = ٠,١٣٥م = ١٣,٥٠ سم .

بمقارنة ظروف الحالات السابقة فإن الحالة (ب) تمثل أقصى هبوط متوقع بفرض تشبع كل العمق المتأثر بحمل المنشأ .وحيث أن العمق المتاثر بتغير محتوى الرطوبة قد يصعب تحديده فى معظم الحالات، لذا يجب فرض أن العمق المتأثر بحمل المنشأ هو نفسه العمق المتأثر بالغمر لتسهيل عملية تقدير قيمة الهبوط وهنا يجب الإشارة إلى أن مقدار الهبوط المعين بهذه الطريقة المعملية هو قيمة إسترشادية يجب أن يتحقق منه عن طريق تجارب حقلية .



المصطلحات الفنية المستخدمة فى الجزء الخامس من الكود

	(أ)
Replacement	إستبدال – إحلال
Site investigation	إستكشاف الموقع
Recompression	إعادة التضاغط
Swelling – heave	انتفاخ – انتفاش
Free Swelling	انتفاش حر
Cementation	التحام – التصاق – تلاصق
Sampler	أداة استخراج العينات
Consolidation test	اختبار التضاغط
Compressibilty	الإنضغاطية
Oedometer	ايدومتر
	(ب)
Lake environment	بيئة بحيرات
Deltaic environment	بيئة دلتاوية
Coast environment	بيئة شاطئية
Desert environment	بيئة صحراوية
Coastal environment	بيئة مستنقعات شاطئية
Estuarine environment	بيئة ترسيبات الأنهار
Shelf environment	بيئة مياه ضحلة
Fluvial environment	بيئة ترسيب نهرية
	(ت)
Stabilization	تثبيت
Drilling	تثقيب
Impact	تأثير
Auger drilling	تثقيب بالبريمة

Percussion drilling	تثقيب بالدق
Rotary drilling	تثقيب دورانى
Desiccation	تجفيف
Weathering	تجوية
Saturation	تشبع
Classification	تصنيف
Primary consolidation	تضاغط ابتدائى
Densification	تكثيف
Local Soil	تربة محلية
Transported Soil	تربة منقولة
Surface deposits	ترسبات سطحية
Conformity	تطابق -توافق
	(ث)
Triaxial	ثلاثى المحاور
	(ح)
Borehole	حفرة – جسة
Sandstone	حجر رملى
Claystone	حجر طينى
Silitstone	حجر طمبى
Mudstone	حجر وحلى
Sensitivity	حساسية
Open pit	حفرة مفتوحة
Critical	حرج
	(ج)
Mechanical borehole	جسة ميكانيكية
Triaxial apparatus	جهاز الثلاث محاور

	(د)
Plasticity index	دليل اللدونة
Percussion	دق
Compaction	دمك
Index	دليل
Dynamic	ديناميكى
	(ز)
Over-consolidation	زائد التضاغط
	(ر)
Estuarine	رواسب مصب النهر
	(س)
Past consolidated	سبق التضاغط
	(ص)
Impact	صدم
	(ض)
Swelling pressure	ضغط الانتفاخ
	(ط)
Swelling Potential	طاقة الانتفاخ
Collapse potential	طاقة الانهيار
Collapsibility Potential	طاقة القابلية للإنهيار
	(ع)
Block sample- chunk sample	عينة كتلية
Undisturbed sample	عينة غير مقلقلة
Disturbed sample	عينة مقلقلة
	(غ)
Leaching	غسل التربة

	(ب)
Activity	فاعلية
Failure	فشل
	(ق)
Auger	قاسون بريمة
Unconfined shear	قص غير محاط
Collapsibility	قابلية الانهيار
	(م)
Clay content	محتوى الطين
Moisture content	محتوى الرطوبة
Sand cone	مخروط الرمل
Treatment	معالجة
Coefficient	معامل
Coefficient of compressibility	معامل الانضغاط
Coefficient of secondery consolidation	معامل الإنضغاط الثانوى
Shear strength parameters	معاملات مقاومة القص
	(ن)
Over consolidation ratio	نسبة زيادة التضاغط
	(هـ)
Primary settlement	هبوط اساسى
Secondary settlement	هبوط ثانوى
Immediate settlement	هبوط فورى
Roller	هراسة-هراس
Rolling	هرس
Vibrator	هزاز
Vibratory roller	هراس هزاز

(و)

Cushion	وسادة
Sand cushion	وسادة رملية