٢٢٤٩٦

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى

الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

الجزء الخامس : الأساسات على التربة ذات المشاكل

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Since 1954

اللجنة الدائمة
لإعداد الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

قرار وزارى رقم ١٩٨ لسنة ١٩٩٥ م

الطبعة الثالثة ١٩٩٥

٢٢٤٩٦
بمعهد بحوث البناء
المكتبة
26/11/1996
٧٨

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى

مستبعد

الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات

الجزء الخامس : الاساسات على التربة ذات المشاكل

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

اللجنة الدائمة
لإعداد الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات

قرار وزارى رقم ١٩٨ لسنة ١٩٩٥ م

الطبعة الثالثة ١٩٩٥

تقديـم

صدرت أسس تصميم وتنفيذ الأساسات للمرة الأولى في مصر عام ١٩٣٠ . وفى أوائل الستينات قام معهد بحوث البناء والتدريب بإعداد أشتراطات وأسس التصميم والتنفيذ لبعض أعمال ميكانيكا التربة والأساسات تم تحديثها بناء على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ وصدرت فى أربعة أجزاء عامى ١٩٦٩ ، ١٩٧٣ .

ونظراً للتطور المتلاحق فى نظريات ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات وما صاحبها من طرق وأساليب جديدة فى أعمال التنفيذ فقد ظهرت الحاجة إلى تطوير هذه الأشتراطات واستكمالها وصدر القرار الوزارى رقم ١٤٨ لسنة ١٩٨٦ بتشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات التى قامت بإعداد مشروع الكود الجديد ووزعته على الجهات المتخصصة لابداء الرأى فيه . كما عقدت ندوات عامة لمناقشة مختلف الآراء . وفى ضوء نتائج المناقشات تم اعداد الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات فى صورته النهائية مكونا من تسعة أجزاء رئيسية وجزء عاشر عبارة عن ملحق يحتوى على ترجمة من الانجليزية إلى العربية لكافة المصطلحات الفنية المستخدمة فى أجزاء الكود المختلفة وتم إصداره بالقرارات الوزارية من رقم ٤٤٤ إلى رقم ٤٥٣ لسنة ١٩٩١ ونصت القرارات على أن تتولى اللجنة الدائمة لهذا الكود تحديثه وتطويره كلما دعت الحاجة إلى ذلك وتصير التعديلات بعد إصدارها جزءاً لا يتجزأ من الكود .

وبناءاً على ذلك - وطبقاً لما أسفر عنه التطبيق العملى فقد قامت اللجنة الدائمة بتحديث وتطوير هذا الكود وتم إصداره بالقرارات الوزارية من رقم ١٩٤ إلى رقم ٢٠٣ لسنة ١٩٩٥ على أن يتولى مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى إعاده نشره فى صورته المحدثة لتحقيق الفائدة المرجوه منه .

والله ولى التوفيق ،،

وزير الإسكان والمرافق

٩٩٥/٦/٨

مهندس / محمد صلاح الدين حسب الله

قرار وزارى رقم ١٩٨ لسنة ١٩٩٥

فى شأن الكود المصرى

لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات

الجزء الخامس : الأساسات على التربة ذات المشاكل

وزير الاسكان والمرافق

- بعد الأطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ فى شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى قرار رئيس الجمهورية رقم ٤٦ لسنة ١٩٧٧ فى شأن الهيئة العامة لمركز بحوث الأسكان والبناء والتخطيط العمرانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٤٨ لسنة ١٩٨٦ فى شأن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى للأساسات .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٢٣٩ لسنة ١٩٨٩ فى شأن تشكيل اللجنة الرئيسية لأسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى قرار وزير التعمير والمجتمعات العمرانية الجديدة والأسكان والمرافق رقم ٤٤٨ لسنة ١٩٩١ فى شأن الجزء الخامس من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات والخاص بالأساسات على التربة ذات المشاكل - وعلى مذكرة السيد أ . د . رئيس اللجنة الدائمة للكود والسيد رئيس مركز بحوث الأسكان والبناء والتخطيط العمرانى بتاريخ ١٩٩٥/٦/١٤

قـــرر

مادة (١) : يستبدل الجزء الخامس من الكود المصرى لميكانيكا التربة وأسس تصميم وتنفيذ الاساسات والخاص بالأساسات على التربة ذات المشاكل الصادر بالقرار الوزارى رقم ٤٤٨ لسنة ١٩٩١ بالاحكام والقواعد المرفقة بقرارنا هذا المتضمنة تعديل وتطوير وتحديث هذا الجزء من الكود .

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

مادة (٣) : تتولى الهيئة العامة لمركز بحوث الاسكان والبناء والتخطيط العمرانى العمل على نشر هذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٤) : ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذا من تاريخ النشر .

وزير الإسكان والمرافق

١٩٩٥/٦/١٧

مهندس / محمد صلاح الدين حسب الله

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

اللجنة الدائمة

لإعداد الكود المصرى لميكانيكا التربة

وتصميم وتنفيذ الأساسات

الأستاذ الدكتور /	عبد الفتاح السيد أبو العيد	(رئيسًا)
الأستاذ الدكتور /	عبد الرحمن حلمى الرملى	
الأستاذ الدكتور /	فهيم حسين ثاقب	
السيد المهندس /	عبد الحميد محمد الطودى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد عبد الوهاب خفاجى	
الأستاذ الدكتور /	مصطفى جمال الدين الدميرى	
الأستاذ الدكتور /	محمد عبد القادر الصهبى	
الأستاذ الدكتور /	محمد عادل بركات	
الدكتور المهندس /	محمد عادل عبد المجيد	

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

الأمانة الفنية للجنة الدائمة

الدكتور المهندس / أميرة محمد عبد الرحمن

الدكتور المهندس / علاء الدين على الجندى

مقدمة عامة

تتوقف سلامة المنشآت والأعمال الهندسية عامة على كفاءة الأساسات المقامة عليها وعلى قدرة التربة على تحمل الأنواع المختلفة من الأساسات بحيث يتحقق الأداء الأمثل والاقتصادى لهذه الأساسات عند تنفيذها ويتوافر الأمان الكافى للمنشآت .

وتختلف التربة أو الصخور عن أغلب المواد الهندسية الأخرى فى كونها مادة ذات خصائص غير ثابتة ولا تخضع لقوانين مبسطة معلومة مسبقاً للمصمم وذلك بخلاف الحديد أو الخرسانة أو البلاستيك ... الخ وهى المواد التى يسهل التحكم فى تحديد خواصها مسبقاً . أما التربة فإنه يلزم للتعرف على خواصها إستخلاص عينات منها ثم إخضاع هذه العينات لمختلف أنواع التجارب التقليدية أو غير التقليدية طبقاً لما يتطلبه التصميم . ومن هنا يظهر الفرق جلياً بين التربة (هندسياً) وبين أغلب مواد الإنشاء .

ويتيح هذا الكود لكافة المشتغلين فى مجال ميكانيكا التربة والأساسات المتطلبات والضمانات الواجب توافرها عند التصميم والتنفيذ وذلك مع مراعاة كافة الإشتراطات الخاصة بضبط الجودة .

ويتكون هذا الكود من عشرة أجزاء منفصلة - كل جزء فى مجلد خاص - تتناول الموضوعات الأساسية المتعلقة بميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات بأنواعها المختلفة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center

ويمكن تلخيص محتوى الأجزاء العشرة على النحو التالى :

الجزء الأول : دراسة الموقع

الغرض من هذا الجزء من الكود هو توصيف وتحديد كافة الجوانب الجيوتقنية والهندسية للتربة والصخور والتى تتعلق بأى مشروع هندسى سواء من ناحية صلاحية الموقع والمشكلات المتوقعة أو جوانب التخطيط والأساسات أو من ناحية الحفر أو المياه الأرضية وعلاقة ذلك بتنفيذ المشروع وسلامة منشآته مستقبلاً . ويشتمل هذا الجزء

على تسعة أبواب تتضمن دراسة الموقع وأنواع الصخوررالتربة والدراسات والتجارب الحقلية وأختبارات الموقع وأجهزة القياس الحقلية والطرق الجيوفيزيقية لأختبار الموقع بالإضافة إلى الدراسات الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات .

الجزء الثانى : الاختبارات المعملية

ويحدد هذا الجزء من الكود طرق إجراء الاختبارات المعملية للتربة وذلك من أجل إستخدامها فى أغراض الهندسة المدنية . كما يتضمن أيضاً القواعد العامة الخاصة بتصنيف التربة وتوصيفها وكيفية نقل وحفظ وتحضير العينات لإجراء التجارب المختلفة عليها . ويعرض هذا الجزء إلى أربعة وعشرين إختبارا لتحديد كافة الخواص الطبيعية والكيميائية والميكانيكية للتربة .

الجزء الثالث : الأساسات الضحلة

يتضمن هذا الجزء الطرق المختلفة لتعيين قدرة التحمل القصوى للتربة ويبين كذلك طرق حساب الهبوط المتوقع للأساسات الضحلة . كما يوضح أيضاً الطرق المختلفة لحساب توزيع ضغط التلامس مع مراعاة شروط الاتزان والتوافق بين التغير فى الشكل للتربة والأساس . كذلك يتضمن هذا الجزء الأحتياطات الضرورية الواجب إتباعها لحماية الأساسات الضحلة .

الجزء الرابع : الأساسات العميقة

يحتوى هذا الجزء على الاشتراطات الخاصة بالأساسات الخازوقية والقيسونات والدعائم والآبار الأسكندرانى . وروعى فى هذه الإشتراطات مدى ملاءمتها لمعظم أنواع تركيبات التربة فى مصر وكذلك مدى ملاءمتها لمستويات الاستيعاب والممارسة لتقنيات تنفيذ هذا النوع من الأساسات المتاحة فى مصر فى الوقت الحالى . ويتناول هذا الجزء من الكود التعريف بأنواع الأساسات العميقة ودواعى إستخداماتها ومعايير تحليلها وتصميمها ويحدد المتطلبات والأحتياطات اللازمة لتنفيذها .

الجزء الخامس : الأساسات على التربة ذات المشاكل

يستعرض هذا الجزء بعض من أنواع التربة ذات المشاكل الشائعة الإنتشار فى جمهورية مصر العربية وعلى وجه التحديد التربة القابلة للأنتفاخ والتربة القابلة للأنهيار والتربة الطينية اللينة . ويتضمن هذا الجزء جيولوجية وظروف ترسيب هذه الأنواع من التربة وأماكن تواجدها فى جمهورية مصر العربية . كما يوضح الاعتبارات الخاصة باستكشاف هذه الأنواع من التربة فى الموقع وكذلك الأختبارات المعملية اللازمة للتعرف عليها ، ويحدد أيضاً الطرق المختلفة لمعالجتها وأنسب طرق التأسيس عليها والاشتراطات الواجب مراعاتها عند تنفيذ الأساسات المختلفة عليها .

الجزء السادس : الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية

يقدم هذا الجزء من الكود الخطوات التصميمية للطرق المختلفة لتصميم أساسات المبانى والمنشآت الترابية المعرضة للأحمال الديناميكية سواء كانت بسبب مصدر للإهتزازات مثل الماكينات أو التفجيرات أو نتيجة القوى الناشئة عن حدوث الزلازل . كذلك يتضمن هذا الجزء الأحتياطات اللازم أتباعها عند تصميم المنشآت من وجهة نظر الخواص الديناميكية للتربة وآداء الأساسات لمهامها التصميمية تحت تأثير الأحمال . كما يتناول الأسس العامة لطرق التحليل الديناميكى للمنشآت . بالإضافة إلى استعراض الطرق التقريبية التى يستطيع المهندسون إستخدامها فى وضع التصميمات الهندسية للمنشآت المختلفة مأخوذاً فى الاعتبار الطرق التنفيذية والتكنولوجيا المتاحة فى جمهورية مصر العربية .

الجزء السابع : المنشآت الساندة

يتضمن هذا الجزء من الكود أسس تصميم وشروط تنفيذ الحوائط الساندة التى تستخدم لسند أى قطع رأسى أو مائل فى التربة بصفة دائمة أو مؤقتة ، والسدود المحيطة التى تقام بصفة مؤقتة لسند التربة والمياه المحيطة بموقع العمل بالإضافة إلى المنشآت الساندة فى الأعمال البحرية . ويشتمل هذا الجزء على أستعراض لنظريات

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

ضغط التربة الجانبى وكيفية تحديد اتزان أو ثبات الحوائط الساندة وحساب هبوطها وأسس تصميمها . كما يوضح الأشتراطات والأعتبارات اللازمة عند تنفيذ الحوائط الساندة وطرق صيانتها .

الجزء الثامن : ثبات الميول

يتعرض هذا الجزء من الكود إلى أنواع فشل الميول طبيعية كانت أو صناعية وأسباب عدم إتزانها ويحدد طرق تحليل ثباتها وكيفية حساب الهبوط المتوقع لها . ويشتمل هذا الجزء على أسس إستخدام الرقائق الجيوتكنيكية المصنعة فى أعمال الميول

الجزء التاسع : الأعمال الترابية ونزح المياه

يحدد هذا الجزء كافة الأسس والاشتراطات الخاصة بالأعمال الترابية ونزح المياه مع أستعراض لطرق التنفيذ المختلفة وتوصيف للمعدات المستخدمة بغرض توفير الأمان اللازم للمنشآت والاراضى المجاورة أثناء وبعد الأنشاء . ويتضمن هذا الجزء كافة الأعمال المتعلقة بالقطوع والجسور الترابية ومدى ملائمة الأنواع المختلفة للتربة فى الردم وطرق تنفيذ أعمال الحفر والردم ودمك التربة وطرق إنشاء الخنادق والبيارات.

الجزء العاشر : المصطلحات الفنية لميكانيكا التربة والأساسات

يتضمن هذا الجزء ترجمة من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية لكافة المصطلحات الفنية المستخدمة فى الأجزاء التسعة السابقة .

وتجدر الأشاره إلى أنه خلال المدة من عام ١٩٩١ - وهو تاريخ الأصدار الأول للكود - وحتى الآن قد أسفر التطبيق العملى للكود عن ضرورة تحديث وتطوير بعض بنود الكود - وبناءا عليه وطبقًا للمادة ٣ من القرارات الوزارية من ٤٤٤ إلى ٤٥٣ لسنه ١٩٩١ فقد قامت اللجنة الدائمة بأجراء التعديلات التى تراها كافية في الوقت الحالى على أن توالى اللجنة متابعتها لكافة التطورات المستقبلية وأجراء ما يلزم لها من تعديل كلما دعت الحاجة إلى ذلك.

القاهرة في يونيو ١٩٩٥

رئيس اللجنة الدائمة

أستاذ دكتور / عبد الفتاح أبو العيد

الجزء الخامس
الأساسات على التربة ذات المشاكل

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

اللجنة التخصصية
لإعداد كود الأساسات
على التربة ذات المشاكل

الأستاذ الدكتور	محمد عبد القادر الصهبى	(رئيساً)
الدكتور المهندس	سعيد أسامة مازن	
الأستاذ الدكتور	ماجدة محمود عبد الرحمن	
الأستاذ الدكتور	محسن مشهور أحمد	
الأستاذ الدكتور	عزة محمد اللبودى	
الدكتور المهندس	محمد طارق فؤاد	
الدكتور المهندس	محمود ابراهيم أبو شوك	
الدكتور المهندس	أميرة كمال فهيم	

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
1954

فهرس

٥	الأساسات على التربة ذات المشاكل	١
٥-١	عموميات.....	١
٥-١-١	تعريف التربة ذات المشاكل	١
٥-١-١-١	التربة القابلة للانتفاخ	١
٥-١-١-٢	التربة القابلة للانهيار	١
٥-١-١-٣	التربة الطينية اللينة	٢
٥-١-٢	أنواع التربة ذات المشاكل	٢
٥-١-٢-١	مقدمة	٢
٥-١-٢-٢	أنواع التربة القابلة للانتفاخ	٢
٥-١-٢-٢-١	الشيل	٢
٥-١-٢-٢-٢	الحجر الوحلى	٢
٥-١-٢-٢-٣	الحجر الطينى	٣
٥-١-٢-٢-٤	الحجر الطميى	٣
٥-١-٢-٢-٥	الحجر الوحلى المتحول	٣
٥-١-٢-٢-٦	المارل	٣
٥-١-٢-٣	أنواع التربة القابلة للانهيار	٣
٥-١-٢-٣-١	اللوس	٣
٥-١-٢-٣-٢	التربة الرملية المتماسكة	٤
٥-١-٢-٣-٣	الكثبان الرملية	٤
٥-١-٢-٣-٤	التربة الرملية السائبة	٤

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-١-٢-٤	أنواع التربة الطينية اللينة	٤
٥-١-٢-٤-١	الطين عادى التضاغط	٤
٥-١-٢-٤-٢	التربة العضوية الليفية	٥
٥-١-٢-٤-٣	البيت (الخث)	٥
٥-١-٢-٤-٤	المك (التربة الطينية العضوية)	٥
٥-١-٢-٤-٥	الطين الحساس القابل للإسالة	٥
٥-١-٢-٤-٦	السبخا	٦
٥-١-٢-٥	أنواع أخرى من التربة ذات المشاكل	٦
٥-١-٢-٥-١	الردم	٦
٥-١-٢-٥-٢	التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ	٦
٥-١-٢-٥-٣	الطين النهرى المكتسب حالة الانتفاخ	٦
٥-١-٢-٥-٤	الطين الطفلى المكتسب حالة الليونة	٧
٥-١-٢-٥-٥	التربة المتأثرة بعوامل التعرية	٧
٥-١-٢-٥-٦	الجلمود	٧
٥-١-٢-٥-٧	الرمل القابل للإسالة	٨
٥-١-٣	جيولوجية وظروف الترسيب للتربة ذات المشاكل	٨
٥-١-٣-١	مقدمة	٨
٥-١-٣-٢	ظروف البيئة الترسيبية للتربة ذات المشاكل	٩
٥-١-٣-٢-١	البيئة الصحراوية	٩
٥-١-٣-٢-٢	البيئة النهرية	١٠
٥-١-٣-٢-٣	البيئة الدلتاوية	١١
٥-١-٣-٢-٤	بيئة البحيرات	١٢
٥-١-٣-٢-٥	البيئة الشاطئية	١٢

٥-١-٣-٢-٦	بيئة المياه الضحلة	١٢
٥-١-٣-٢-٧	بيئة المستنقعات الشاطئية	١٣
٥-١-٣-٢-٨	بيئة المصبات الخليجية	١٣
٥-١-٣-٣	جيولوجية التربة ذات المشاكل	١٤
٥-١-٣-٣-١	جيولوجية التربة القابلة للانتفاخ	١٤
٥-١-٣-٣-٢	جيولوجية التربة القابلة للانهيار	١٤
٥-١-٣-٣-٣	جيولوجية التربة الطينية اللينة	١٥
٥-١-٤	تواجد التربة ذات المشاكل بمصر	١٦
٥-١-٤-١	توزيع الترسيبات السطحية بمصر	١٦
٥-١-٤-١-١	الصحراء	١٦
٥-١-٤-١-٢	ترسيبات وادى النيل والدلتا	١٧
٥-١-٤-٢	إحتمالات تواجد التربة ذات المشاكل بمصر	١٧
٥-١-٤-٢-١	التربة القابلة للانتفاخ	١٧
٥-١-٤-٢-٢	التربة القابلة للانهيار	١٨
٥-١-٤-٢-٣	التربة الطينية اللينة	١٨
٥-٢	الاساسات على التربة القابلة للانتفاخ	١٩
٥-٢-١	مقدمة	١٩
٥-٢-١-١	المشكلة والعوامل المؤثرة	١٩
٥-٢-١-٢	تعريفات	٢٠
٥-٢-١-٢-١	الفاعلية	٢٠
٥-٢-١-٢-٢	ضغط الانتفاخ	٢٠
٥-٢-١-٢-٣	الانتفاخ المحورى الحر	٢٠

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-١-٢-٤	جهد الانتفاخ	٢١
٥-٢-١-٣	تصنيف التربة القابلة للإنتفاخ	٢١
٥-٢-٢	اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع	٢٢
٥-٢-٢-١	مقدمة	٢٢
٥-٢-٢-٢	طرق استكشاف الموقع	٢٢
٥-٢-٢-٢-١	الحفر المفتوح	٢٣
٥-٢-٢-٢-٢	التثقيب بالبريمة (القاسون)	٢٣
٥-٢-٢-٢-٣	الجسات الميكانيكية	٢٤
٥-٢-٢-٣	طرق استخراج العينات	٢٥
٥-٢-٢-٣-١	عينة على شكل كتلة	٢٥
٥-٢-٢-٣-٢	عينة باستخدام جهاز أخذ العينات الدوار	٢٦
٥-٢-٢-٤	التجارب الحقلية	٢٨
٥-٢-٣	الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للانتفاخ	٢٨
٥-٢-٣-١	مقدمة	٢٨
٥-٢-٣-٢	اختبارات التعرف على التربة القابلة للانتفاخ(اختبارات غيرمباشرة)	٢٩
٥-٢-٣-٢-١	الاختبارات البسيطة	٢٩
٥-٢-٣-٢-٢	اختبارات تعيين الخواص الطبيعية	٣٠
٥-٢-٣-٣	الاختبارات الخاصة	٣٠
٥-٢-٣-٤	اختبارات قياس خصائص الانتفاخ (اختبارات مباشرة)	٣٠
٥-٢-٣-٤-١	طريقة الاجهادات المختلفة	٣٠
٥-٢-٣-٤-٢	طريقة الانتفاخ المسبق	٣١
٥-٢-٣-٤-٣	طريقة الحجم الثابت	٣٢
٥-٢-٣-٤-٤	طريقة الإستخدام المزدوج للإدروميتر	٣٢

٥-٢-٣-٥	اختبارات مقاومة القص	٣٣
٥-٢-٤	معالجة التربة وطرق التاسيس	٣٣
٥-٢-٤-١	مقدمة	٣٣
٥-٢-٤-٢	معالجة التربة	٣٤
٥-٢-٤-٢-١	إستبدال التربة	٣٤
٥-٢-٤-٢-٢	التحكم فى نسبة الرطوبة	٣٨
٥-٢-٤-٣	طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها	٤٤
٥-٢-٤-٣-١	الاساسات السطحية	٤٤
٥-٢-٤-٣-٢	الاساسات العميقة	٤٧
٥-٣	الاساسات على التربة القابلة للانهيار	٥٠
٥-٣-١	مقدمة	٥٠
٥-٣-١-١	المشكلة والعوامل المؤثرة	٥٠
٥-٣-١-٢	تعريفات	٥١
٥-٣-١-٣	تصنيف التربة القابلة للانهيار	٥١
٥-٣-٢	اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع	٥٢
٥-٣-٢-١	مقدمة	٥٢
٥-٣-٢-٢	طرق استكشاف الموقع	٥٣
٥-٣-٢-٢-١	الحفر المفتوح	٥٣
٥-٣-٢-٢-٢	الجسات الميكانيكية	٥٣
٥-٣-٢-٣	طرق استخراج العينات	٥٣
٥-٣-٢-٤	التجارب الحقلية	٥٤
٥-٣-٢-٤-١	تجارب الاختراق	٥٤

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٣-٢-٤-٢ الكثافة الحقلية ٥٥
٤-٣-٢-٤-٣ اختبارات التحميل ٥٥
٤-٣-٢-٤-٤ اختبارات برك الغمر ٥٧
٥-٣-٣ الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للانهيار ٥٨
٥-٣-٣-١ مقدمة ٥٨
٥-٣-٣-٢ اختبارات التعرف على التربة القابلة للانهيار (اختبارات غير مباشرة) ٥٩
٥-٣-٣-٢-١ الاختبارات البسيطة ٥٩
٥-٣-٣-٢-٢ اختبارات تعيين الخواص الطبيعية ٥٩
٥-٣-٣-٣ تجارب قياس خصائص الإنهيار (اختبارات مباشرة) ٦١
٥-٣-٣-٣-١ تعيين جهد الإنهيار ٦١
٥-٣-٣-٣-٢ تجربة مقاومة القص ٦٤
٥-٣-٤ معالجة التربة وطرق التأسيس ٦٤
٥-٣-٤-١ مقدمة ٦٤
٥-٣-٤-٢ معالجة التربة ٦٥
٥-٣-٤-٢-١ الازالة والدمك ٦٥
٥-٣-٤-٢-٢ التكثيف بالهرس السطحى ٦٥
٥-٣-٤-٢-٣ التكثيف بالدق السطحى ٦٦
٥-٣-٤-٢-٤ التكثيف بالاهتزاز مع الغمر ٦٧
٥-٣-٤-٢-٥ استبدال التربة ٦٧
٥-٣-٤-٢-٦ تثبيت التربة ٦٨
٥-٣-٤-٣ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها ٦٨
٥-٣-٤-٣-١ الاساسات السطحية ٦٨

٥-٣-٤-٣-٢ الاساسات العميقة ٧٠

٥-٤ الاساسات على التربة الطينية اللينة ٧١
٥-٤-١ مقدمة ٧١
٥-٤-١-١ المشكلة والعوامل المؤثرة ٧١
٥-٤-١-٢ تعريفات ٧١
٥-٤-١-٢-١ مصطلحات خاصة بمقاومة الطين للقص ٧٢
٥-٤-١-٢-٢ مصطلحات خاصة بتضاغط الطين ٧٣
٥-٤-١-٣ تصنيف التربة الطينية اللينة ٧٥
٥-٤-٢ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع ٧٦
٥-٤-٢-١ مقدمة ٧٦
٥-٤-٢-٢ طرق استكشاف الموقع ٧٦
٥-٤-٢-٣ أستخراج العينات ٧٧
٥-٤-٢-٣-١ ابعاد جهاز أستخراج العينات ٧٧
٥-٤-٢-٣-٢ جهاز أستخراج العينات المفتوح ذو الجدار رفيع السمك ٨٠
٥-٤-٢-٣-٣ جهاز أستخراج العينات ذو المكبس ٨١
٥-٤-٢-٤ التجارب الحقلية ٨٤
٥-٤-٢-٤-١ اختبار القص بجهاز المروحة ٨٤
٥-٤-٢-٤-٢ تجارب الاختراق ٨٦
٥-٤-٢-٤-٣ تجربة النفاذية ٨٦
٥-٤-٣ إعتبارات خاصة بالإختبارات المعملية للتربةالطينية اللينة ٨٧
٥-٤-٣-١ مقدمة ٨٧
٥-٤-٣-٢ محتوى الماء والكثافة وحدود القوام ٨٧

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٤-٣-٣	التدرج الحبيبى	٨٨
٥-٤-٣-٤	العوامل المؤثرة على الخواص المقاسة	٨٨
٥-٤-٣-٤-١	تجربة التضاغط	٨٨
٥-٤-٣-٤-٢	تجارب القص الغير مصروفة	٩٠
٥-٤-٤	معالجة التربة وطرق التأسيس	٩٢
٥-٤-٤-١	مقدمة	٩٢
٥-٤-٤-٢	معالجة التربة	٩٣
٥-٤-٤-٢-١	سبق التحميل	٩٣
٥-٤-٤-٢-٢	المصاوف الرأسية	٩٤
٥-٤-٤-٢-٣	الدمك الميكانيكى	٩٦
٥-٤-٤-٣	طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها	٩٦
٥-٤-٤-٣-١	الاساسات السطحية	٩٦
٥-٤-٤-٣-٢	الاساسات العميقة	١٠١
	المراجـــــع	١٠٧

المركز القومي لبحوث
National Research Center
1954

٥-١-١-٣ التربة الطينية اللينة

تعرف على أنها التربة التى لها قيم منخفضة لمقاومة القص وفى معامل القوام .

كما أنها لها قيم عالية للانضغاط والانضغاط الثانوى وسلوك الزحف .

٥-١-٢ أنواع التربة ذات المشاكل

٥-١-٢-١ مقدمة

توجد أنواع كثيرة جداً من التربة ذات المشاكل ولكن سنتعرض هنا للانواع الاكثر انتشارا بمصر .

٥-١-٢-٢ أنواع التربة القابلة للانتفاخ

٥-١-٢-٢-١ الشيل Shale

يطلق هذا التعبير على كل الترسيبات التى تحتوى على نسبة من الطين والتى توجد فى حالتها الطبيعية فى حالة صلبة وعلى هيئة طبقات رقيقة متتالية ومتوازية (تكوين تطابقى) من الطين الطمىى والرمل مع الجيود لاخذ صفات الطين أكثر من المكونات الأخرى .

والألوان التى يوجد عليها الشيل والتى تعتمد على طبيعة حوض الترسيب وهى فى معظم الاحيان الرمادى ، الاحمر ، الاصفر ، الاخضر ، أو خليط منهم .

٥-١-٢-٢-٢ الحجر الوحلى Mudstone

هو حجر طينى رملى طميى فى حالة متماسكة وصلبة ولايتميز بوجود طبقات رفيعة متوازية وليس به أى تشققات طبيعية وذو تكوين حبيبى ويوجد فى معظم الاحيان على هيئة كتل .

٥-١-٢-٢-٣ الحجر الطينى Claystone

هو حجر طينى طميى فى حالة متماسكة وصلبة إذا تعرض للكسر عادة ما ينقسم الى كتل مخروطية غير منتظمة .

٥-١-٢-٢-٤ الحجر الطميى Siltstone

هو حجر طمى طينى معظم تكوينه من الطمى فى حالة متماسكة وصلبة .

٥-١-٢-٢-٥ الحجر الوحلى المتحول Argillite

هو حجر طينى رملى متحول ولكن فى الحالة البدائية من التحول ودرجة صلابته أكبر بكثير من الحجر الوحلى وهو تكوين كتلى وليس به أى صفات من التطابق .

٥-١-٢-٢-٦ المارل Marl

هو حجر طينى جيرى وعادة تزيد نسبة كربونات الكالسيوم به عن ٣٥٪ .

٥-١-٢-٣ أنواع التربة القابلة للانهيار

٥-١-٢-٣-١ اللوس Loess

هى تربة خاصة من أنواع التربة المترسبة بالهواء والتى تنتشر فى معظم أنحاء العالم وتوصف بأنها عبارة عن تجميع من تراب مهب الرياح وهى عبارة عن ترسيبات كتلية ضخمة يصل سمكها فى بعض الاحيان إلى مئات الاقدام ولا يوجد بها أى نوع من التركيب الطبقى . وتتكون معظم حبيباتها من الطمى الناتج من معادن الكوارتز والفلسبار ، والكالسيت والميكا مع وجود معادن أخرى كمواد لاصقة بين الحبيبات والتى بسببها يظهر

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

هذا التكوين على أنه صلب نسبيا فى الحاله الجافة فقط ولكن سرعان ماينهار هذا التكوين عند تعرضه للبلل وزيادة الحمل . ومن أهم تلك المواد اللاحمة كربونات الكالسيوم والطين .

٥-١-٢-٣-٢ التربة الرملية المتماسكة

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة مثل الطمى ر ـ ـل والزلط الرفيع ونسبة الفراغات بها كبيرة نسبياً . ويرجع قوة تحملها الظاهرى إلى وجود مواد لاحمة بين الحبيبات مثل الجبس وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والمواد الطينية .

٥-١-٢-٣-٣ الكثبان الرملية Sand Dunes

هى أكثر الترسيبات الهوائية انتشارا والتى توجد فى معظم الاحيان بالقرب من شواطئ البحار وبالقرب من الحدود مابين الصحراء والاراضى الزراعية ومن الممكن تواجد تراكيب الكثبان الرملية على شكل التكوين الطبقى وحبيباته فى معظم الاحيان مستديرة الشكل نتيجة العامل الميكانيكى للتعرية السائد فى مثل هذه الظروف.

٥-١-٢-٣-٤ التربة الرملية السائبة Loose Granular Soils

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة ذات تركيب سائب والتى توجد فى معظم الاحيان فوق منسوب المياه الارضية وعند تعرض هذا التكوين للهزات الناتجة عن الانشاء الهندسى به ينتج عنها هبوط ذو قيمة مرتفعة .

٥-١-٢-٤ أنواع التربة الطينية اللينة

٥-١-٢-٤-١ الطين عادى التضاغط

هو طين ذو قوام لين إلى متوسط وقد تضاغط عند تكوينه بتأثير وزن عمود التربة الحالى فوق هذا الطين .

ومقاومة هذا الطين اللين للقص ضعيفة جدا وذو حساسية عالية واذا تعرض لزيادة فى الحمل يعطى هبوطاً ذو قيمة كبيرة على المدى البعيد .

٥-١-٢-٤-٢ التربة العضوية الليفية Fibrous Organic Soils

وهى التى تحتوى على كمية كبيرة من المواد العضوية سواء كانت على هيئة ألياف أو على هيئة غراويات وعادة ما يكون تكوينها ضعيف وينتج عنه هبوط ذو قيمة كبيرة جدا تحت تأثير زيادة فى الحمل المؤثر .

ومن أنواع البيئة الترسيبية لهذا التكوين : البحيرات والمستنقعات والانهار .

٥-١-٢-٤-٣ البيت (الخث) Peat

وهى بقايا نباتية ناقصة التفحم ذات تكوين اسفنجى تكونت فى المستنقعات والاماكن الرطبة ولذلك يكون اللون السائد لذلك التكوين هو الاسود أو البنى القاتم .

٥-١-٢-٤-٤ المك (التربة الطينية العضوية) Muck

عبارة عن تربة طينية لينة معظم تكوينها من المواد العضوية المتحللة .

٥-١-٢-٤-٥ الطين الحساس القابل للإسالة Sensitive Quick Clay

يعرف على أنه الطين الذى تبلغ مقاومته للقص فى الحالة المقلقلة ٢٥٪ أو أقل من تلك التى فى الحالة الغير مقلقلة كما أن نسبة الرطوبة الطبيعية لمثل هذه الانواع تكون مساوية أو أكبر من حد السيولة لها . والبيئة الترسيبية لهذا التكون هى البيئة البحرية والتكوين الحبيبى هو تكوين طينى طمىى ذو هيكل مفرغ الذى اذا خرج منه الماء سرعان ما يؤدى إلى انهيار هذا التكوين .

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-١-٢-٤-٦ السبخا Sabkha

هى طين طميي يحتوى على نسبة كبيرة من الأملاح . والبيئة الترسيبية لهذا التكوين هى البيئة البحرية نتيجة لعوامل المد والجزر والتأثيرات الجوية .

٥-١-٢-٥ أنواع أخرى من التربة ذات المشاكل

٥-١-٢-٥-١ الردم Fills

وهو خليط من القمامة والانقاض والتربة المفككة .

٥-١-٢-٥-٢ التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ

Chemical Swelling Soils

أصل هذه التربة هو صخر الانهيدريت الذى يتكون من حبيبات الجبس اللامائية وعند تعرضه للتبلل يتحول إلى الجبس المائى وهذا التحول يكون مصطحبا بزيادة كبيرة فى الحجم قد تصل إلى حوالى ٦١٪ .

٥-١-٢-٥-٣ الطين النهرى المكتسب حالة الانتفاخ

Alluvial Swelling Soils

هو الطين النهرى الذى يحتوى على نسبة عالية من معادن الطين النشطة والذى كان يوجد فى حالة تشبع ولكن عند انخفاض منسوب المياه الارضية وتعرضة للجفاف أصبح له قابلية الانتفاخ .

٥-١-٢-٥-٤ الطين الطفلى المكتسب حالة الليونة

Softened Overconsolidated Clay

هو الطين الجاف الذى أزيل عنه عمود التربة ثم تشبع بالمياه وتقل مقاومته للقص بصورة كبيرة وقد يتحول إلى طين لين .

٥-١-٢-٥-٥ التربة المتأثرة من عوامل التعرية Weathered Soils

وهى نواتج تكسير الصخور بعوامل التعرية المختلفة التى منها الميكانيكية والكيميائية وتبقى فى مكانها دون أن تتعرض لاعادة ترسيب أو تنظيم وبالطبع تختلف اختلاف كليا عن الصخور الاصلية المحيطة من ناحية التكوين المعدنى والكيميائى . وتكون تلك التربة تربة منقولة ومترسبة فى مياه بحرية أو نهرية فى عصر جيولوجى قديم ثم تعرضت لعوامل تعرية كيميائية أو ميكانيكية بعد هذا العصر أدت إلى تحويلها إلى تربة ذات مشاكل . وفى هذه الحالة يكون أصل التربة هو ذلك العصر الجيولوجى القديم ذات أصل منقول أما العصر الجيولوجى الذى أدى إلى تحول التربة إلى تربة ذات مشكلة فهو عصر حديث نسبياً وتعتبر فى هذه الحالة من وجهة النظر الهندسية تربة متبقية .

ومن أمثلة ذلك التربة المتواجدة بمدينة بنى سويف الجديدة والمنيا حيث تتواجد طبقات من الحجر الجيرى المتماسكة والتى تحتوى على فجوات فى مساحات كبيرة نتيجة تأثير عوامل التعرية .

وفى بعض الأحيان يكون الصخر الأصلى هو صخر البازلت الناري والذى تم تكوينه فى عصر الأوليجوسين الجيولوجى القديم نسبياً وتم تغطيته فى بعض المناطق بترسيبات لعصور جيولوجيه حديثة نسبياً بما تحتويه من عوامل الحياه النباتيه والمائيه ، وبعد إندثار وتحلل هذه الحياه أدت إلى التعرية الكيميائية لصخور البازلت وتحوله إلى ترسيبات رمليه طينيه والتى يطلق عليها طفلة رملية. وقد أكتسبت هذه الترسيبات المتحوله ألوان عديده مثل الأخضروالأصفروالبنى نتيجة تحول معادن السليكا إلى معادن الطين النشطه .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

ومن أمثلة هذا النوع من التربة تلك المتواجدة بجوار عروق البازلت الظاهرة بالقرب من سطح الأرض عند أطراف مدينة نصر بالقاهرة مع طريق السويس حيث تمتد تلك التربه المتحولة تحت أراضى المنطقة السادسة بمدينة نصر على أعماق تتراوح بين -ر١ إلى -ر٣ متر حتى تصل إلى منطقة جامعة الأزهر على أعماق تتراوح بين -ر٥ إلى -ر٧ متر وكذلك التربة المنتشره بمدينة ٦ أكتوبر بجوار عروق البازلت القريبه من سطح الأرض .

٥-١-٢-٥-٦ الجلمود Boulders

وهى قطع صخرية كبيرة الحجم يزيد قطرها عن ٢٥٦ مم وقد قاومت عوامل التعرية فى مراحل تحويلها وبقيت مكانها وسط مكونات التربة المتبقية الاخرى وتسبب مشاكل خاصة للانشاء الهندسى من ناحية الحفر والاستكشاف .

٥-١-٢-٥-٧ الرمل القابل للإسالة Liquified Sand

وهو رمل ناعم الحبيبات ذو تركيب سائب ويوجد تحت منسوب المياه الارضية . واذا تعرض هذا الرمل للقلقلة أو الاهتزاز سرعان ماتتحول خواصه إلى خواص المواد السائلة ويفقد مقاومته للقص .

٥-١-٣ جيولوجية وظروف الترسيب للتربة ذات المشاكل

٥-١-٣-١ مقدمة

تعتمد جيولوجية آى 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 .

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

٥-١-٣-٢-١ البيئة الصحراوية Desert Environment

يعتبر العامل الميكانيكى للتعرية هو العامل الاساسى فى البيئة الصحراوية والذى يشمل تشقق وتكسير الصخور ويساعد فى ذلك احتكاك رمال وتراب فى مهب الرياح .

وعند تواجد بعض المياه الناتجة عن الامطار الموسمية تتخلل الفواصل والشقوق الناتجةعن التعرية الميكانيكية وتتحول إلى محاليل كيميائية تساعدفى تآكل الصخور .

وفى هذه البيئة تتعرض المحاليل الكيميائية للتبخر الشديد وتنتشر الاملاح والاكاسيد التى كانت دائبة أو معلقة فى تلك المحاليل وتترسب بالقرب من السطح أو على السطح مما يميز ترسيبات هذه البيئة بالعديد 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 أن وجدت .

(٢) جودة التدرج للحبيبات الناعمة .

(٣) حجم الحبيبات يتراوح من ٠٦٠ر مم (طمى) إلى ١٠٠ر مم .

(٤) تمتاز الحبيبات الخشنة من الرمل بالشكل المستدير .

(٥) يندر وجود حبيبات الطين واميكا .

وهذه الظروف من الناحية الجيولوجية مناسبة جدا لتكوين التربة الانهيارية .

ومن مواصفات ترسيبات الوسط المائى :

(١) التطابق غير متقاطع ويتميز بشكل التيارات المائية المستمرة .

(٢) تمتاز بوجود طبقات الطين .

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

(٤) عادة ماتتماسك الترسيبات بمادن الكالسيت .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

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

(٦) تتميز هذه البيئة بوجود عروق من الرمال وسط ترسيبات الطين .

(٧) تتميز بوجود تشققات الحجر الطينى المتلئ بالرمال .

وهذه الظروف مناسبة من الناحية الجيولوجية لتكوين التربة الانتفاخية .

٥-١-٣-٢-٢ البيئة النهرية Fluvial Environment

يعتبر النهر أحد العوامل الرئيسية فى نقل الترسيبات الارضية الناتجة عن التعرية إلى أحواض الترسيب سواء فى البحار أو المحيطات أو البحيرات أو السهول ليتكون بعد ذلك ترسيبات سميكة ومتضاغطة .

وليس من الضرورى ترسيب كل المواد المنقولة فى الاحواض الترسيبية السابقة ولكن يترسب جزء من تلك الترسيبات على ضفاف الانهار أو فى قاع الانهار تحت ظروف البيئة النهرية ومن أمثلة رواسب تلك البيئة الطين الوحلى الناتج عن الفيضانات - رواسب الطمى - رواسب الطمى المروحى وتعتبر رواسب الدلتا من نواتج التقاء البيئة النهرية مع البيئة البحرية .

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

(١) رواسب قاع النهر Channel Deposits

(٢) رواسب ضفاف النهر Bank Deposits

(٣) رواسب الفيضانات Flood Basin Deposits

وبالنسبة لترسيبات قاع النهر تتميز بالحبيبات الخشنة والزلط أما ترسيبات الفيضانات وضفاف النهر فيتميز بحبيبات الطمى والطين .

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

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

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

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

٥-١-٣-٢-٣ البيئة الدلتاوية Deltaic Environment

تعرف الدلتا على أنها جسم ترسيبى 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 الامواج الصادرة من البحر .

(٣) عملية المد والجزر .

وفى معظم الاحيان 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 .

ويمكن القول بأن معظم ترسيبات تلك البيئة هى تربة ليست بها مشاكل خاصة ولكن يمكن أن يكون بين ترسيباتها بعض التربة ذات المشاكل الخاصة مثل الرمل السائب وجيوب من الطين اللين .

HBRC المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-١-٣-٢-٤ بيئة البحيرات Lake Environment

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

وظروف هذه البيئة هى أنسب الظروف لتكوين التربة الطينية اللينة .

٥-١-٣-٢-٥ البيئة الشاطئية Coast Environment

تتكون ترسيبات تلك البيئة فى معظم الاحيان من الرمال وفى بعض الاحيان تكون ترسيبات زلطية وذلك اذا كان الصخر الاصلى قريبا من الشاطئ .

وهذه الترسيبات تكون فى حالة سائبة وبذلك تكون ظروفها أنسب الظروف لتكوين تربة الحبيبات السائبة .

ومن الممكن تواجدها متداخلة مع ترسيبات الدلتا وترسيبات المياه الضحلة .

٥-١-٣-٢-٦ بيئة المياه الضحلة Shelf Environment

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

وترسيبات هذه البيئة عبارة عن الطين الوحلى والطمى المتبقى من ترسيبات الانهار المنقولة بعد ترسيب الرمال فى البيئة الشاطئية والانتقالية والبيئة الانتقالية هى البيئة التى يتدرج ترسيباتها من ترسيبات الشاطئ الرملية إلى ترسيبات الطين الوحلى والطمى لبيئة المياه الضحلة وتعتبر بيئة المياه الضحلة من أنسب الظروف الجيولوجية لتكوين التربة الانتفاخية .

٥-١-٣-٢-٧ بيئة المستنقعات الشاطئية

Coastal Lagoon Environment

المستنقعات الشاطئية 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 الافقى أو المتقاطع يتخللها فى معظم الاحيان عدسات من الطين والطمى ومن الممكن أن يكون رمال تلك الترسيبات نابعة من الرمل الهوائى أو من الرمل المائى المنقول عبر الانهار وذلك فى حالة اتصال النهر بالبحيرة وظروف هذه البيئة تعتبر مناسبة لتكوين عدسات من التربة الطينية اللينة .

٥-١-٣-٢-٨ بيئة المصبات الخليجية Estuarine Environment

يعرف المصب الخليجى 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 المصب الخليجية هو أن الاخيرة عبارة عن ترسيبات الحبيبات الناعمة مع احتوائها فى معظم الاحيان على القواقع أو آثار منها . بالاضافة 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 المنتفخة وعند تواجد الترسيبات العضوية الناتجة من المستنقعات والبرك مع ترسيبات الرمل والطين تعتبر هذه الظروف مناسبة لتكوين التربة الطينية اللينة .

HBRC
Housing & Building National Research Center

٥-١-٣-٣ جيولوجية التربة ذات المشاكل

٥-١-٣-٣-١ جيولوجية التربة القابلة للانتفاخ

يرجع أصل البيئة الترسيبية لتكوين التربة الانتفاخية إلى أى من البيئات الاتية .

- البيئة الصحراوية Desert Environmet
- البيئة النهرية Fluvial Environment
- بيئة المياه الضحلة Shelf Environment
- بيئة المصب الخليجى Estuarine Environment

وتعتبر هذه البيئات غنية بالايونات المختلفة التى تساعد فى تكوين التربة الانتفاخية حيث أن العامل الاساسى الذى يؤثر فى خواص التربة الانتفاخية هو التركيب المعدنى لمحتوى الطين فاذا وجد فى التركيب المعدنى معدن المونتمورولينيت المحتوى على أحد الأيونات الشرهة للمياه (مثل أيونات الصوديوم) بين طبقات تركيبه المعدنى فإنه يصبح ذوقابلية عاليه لأمتصاص المياه وتباعدتلك الطبقات عن بعضهايؤدى إلى إنتفاش التربة . وعامة فإن بيئة التربة الانتفاخية فى الوقت الحاضر هى عبارة عن البيئة الصحراوية من الوجهة العامة والتى يلعب التغييرفى نسبة الرطوبة بها دورا أساسيا فى خواص الانتفاخ .

٥-١-٣-٣-٢ جيولوجية التربة القابلة للانهيار

يرجع أصل تكوين التربة القابلة للانهيار لاحد من البيئات الترسيبية الاتية :

- البيئة الصحراوية Desert Environment
- البيئة النهرية Fluvial Environment
- البيئة الشاطئية Coastal Environment

وتعتبر البيئة الصحراوية هى بيئة التربة الانهيارية فى منطقتنا حيث يلعب التغيير فى نسبة الرطوبة دورا أساسيا لخواص الانهيار وقد تتحول التربة المتبقية إلى تربة انهيارية 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 الامطار أو أى من مصادر المياه حمل تلك المواد الناعمة وترك التركيب الحبيبى شبه مفرغا من الداخل حيث يظهر فى الحالة الصلبة بأنه مستقر وصلب ولكن عند تشبعه بالمياه سرعان مايتحول هذا التركيب إلى تركيب انهيارى .

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

٥-١-٣-٣-٣ جيولوجية التربة الطينية اللينة

يرجع أصل تكوين التربة الطينية اللينة إلى أحد البيئات الترسيبية الاتية :

- البيئة النهرية Fluvial Environment
- البيئة الدلتاوية Deltaic Environment
- بيئة المياه الضحلة Shelf Environment
- بيئة البحيرات Lake Environment
- بيئة المستنقعات الشاطئية Coastal Lagoons Environment

وتتوقف 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
- الالتحام - الألتصاق Cementation

وهى عمليات مرتبطة ومتداخلة بعضها ببعض .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-١-٤ تواجد التربة ذات المشاكل بمصر

٥-١-٤-١ توزيع الترسيبات السطحية بمصر

تنحصر ظواهر السطح الطبوغرافية للترسيبات السطحية فى مصر فى ثلاث أقسام رئيسية هى : الصحراء - وادى النيل - الدلتا .

٥-١-٤-١-١ الصحراء

وهى تشغل الجزء الاكبر 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 معظم صخور تلك الصحراء وتربتها من الحجر الجيرى والحجر الرملى ويتخللها فى بعض الاحيان التربة ذات المشاكل .

ومن أهم الظواهر الطبوغرافية التى تغلب على الصحراء الغربية هو انتشار عدد من الواحات من تكوينات الحجر الرملى والجيرى وبالنسبة للصحراء الشرقية وصحراء سيناء فأهم مايميزها وجود سلاسل الجبال والمرتفعات التى تتخللها كثير من الاودية والاخاديد وتنتشر الكثبان الرملية فى كثير من الصحراء 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 مابين 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 انتشارا .

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

وتمتلئ الاجزاء المنخفضة والمستوية من الاودية التى تتخلل الصحراء المصرية بترسيبات الرمال والزلط يتخللها فى بعض الأحيان تربة ذات مشاكل أما ترسيبات الركام (الكتل الصخرية السائبة) فتتواجد دائما بالقرب من رأس تلك الاودية .

٥-١-٤-١-٢ ترسيبات وادى النيل والدلتا

يبلغ السمك المتوسط للترسيبات الحديثة لنهر النيل فى السهل الفيضى بوادى النيل والدلتا حوالى ٩ متر والتى 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 ٢٢٫٠٠٠ كم٢ وبداية تلك الترسيبات هو العصر النوليتيك التابع للعصر الحديث أى من حوالى ٨٠٠٠ سنة قبل الميلاد .

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

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

٥-١-٤-٢-١ التربة القابلة للإنتفاخ

تتواجد تكوينات التربة القابلة للإنتفاخ على الأرجح فى المناطق الصحراوية على شكل ترسيبات إما سميكة أو على مستويات مختلفة بين طبقات الرمل وتتميز هذه التكوينات بأنها صلبة وذات كثافة جافة عالية وبأن المحتوى الطينى بها كبير نسبيًا . ولقد ظهرت أنواع من هذه التربة ببعض المناطق منها على سبيل المثال وليس الحصر : مدينة نصر ، طريق القاهرة-السويس ، الفيوم ، وكوم أمبو ، وأسوان والوادى الجديد ومدينة السادات .

HBRC Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-١-٤-٢-٢ التربة القابلة للإنهيار

تتواجد تكوينات التربة القابلة للإنهيار على الأرجح فى المناطق الصحراوية على شكل ترسيبات أحيانًا هوائية وفى بعض الأحيان نهرية أو بحرية وتتميز هذه التكوينات بأنها غير متضاغطة وذات كثافة منخفضة نسبياً فى معظم الحالات ونسبة رطوبة طبيعية منخفضة جداً وبأن المحتوى الطينى بها ضعيف أو غير متواجد ولقد ظهرت أنواع من هذه التربة على سبيل المثال فى بعض المناطق بالساحل الشمالى الغربى ، ومدينة ٦ أكتوبر ، ومدينة العبور .

٥-١-٤-٢-٣ التربة الطينية اللينة

تتواجد ترسيبات عميقة من التربة الطينية اللينة عادة عند مصبات النيل بالدلتا وعلى الشاطىء الشمالى فى بعض المناطق بالقرب من بور سعيد ، والمنزلة ، دمياط ، الإسكندرية ، كفر الشيخ .

٥-٢ الاساسات على التربة القابلة للانتفاخ

٥-٢-١ مقدمة

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

٥-٢-١-١ المشكلة والعوامل المؤثرة

تعتبر المشكلة الاساسية لهذا النوع من التربة هو الإنتفاخ أو الإنكماش المصاحب للتغير فى الحجم الناشىء عن التغير فى محتوى الرطوبة .

وعند التأسيس فوق هذه التربه فإن المنشأ قد يتعرض للتصدع نتيجة للإنتفاخ غير المتكافىء للتربة أسفل الأساسات . وكذلك فى حالة أستخدام الأساسات العميقة فقد تتعرض للإنهيار إذا كانت محصورة داخل هذه التربة بسبب تعرضها لضغوط سحب نتيجة إنتفاخ التربة وتحركها إلى أعلى حول هذه الأساسات .

لذلك فانه يلزم الاخذ فى الاعتبار عند التصميم احتمالات الحركة أو زيادة الضغوط نتيجة لانتفاخ هذه التربة .

ويعزى هذا الانتفاخ أساسًا إلى امتصاص الماء الحر بواسطة معادن الطين الداخلة فى تركيبة . وتختلف درجة الانتفاخ 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 إلى الحبيبات غير الطينية ، ومحتوى الماء الطبيعى والتكوين البنائى للتربة والجهد الواقع على التربة والظرف البيئية المستحدثة وغير ذلك .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing National Research Center
Since 1954

٥-٢-١-٢- تعريفات

٥-٢-١-٢-١ الفاعلية Activity

تعرف الفاعلية بأنها نسبة دليل اللدونة إلى النسبة المئوية لمحتوى الطين بالتربة محسوبا بالوزن للجزء من التربة ذو الحبيبات أقل من ٢ ميكرون .

والعلاقة بين معامل اللدونة ومحتوى الطين تكون غالبًا خط مستقيم يقترب من نقطة الاصل . ويمثل ميل هذا الخط الفاعلية .

$$A = \frac{I_p}{C} \qquad (٥-١)$$

حيث :

A الفاعلية

I_p دليل اللدونة

C النسبة المئوية لحبيبات الطين الاقل من ٢ ميكرون

وقد استخدمت الفاعلية للتعبير عن طاقة انتفاخ التربة الطينية . ومن الجدير بالذكر أن بعض الباحثين قد اشاروا إلى حدود استخدام تعريف الفاعلية . كذلك درس بعض الباحثين مدى تأثير الجزء من التربة ذو الحبيبات الاكبر من ٢ ميكرون على الفاعلية .

٥-٢-١-٢-٢ ضغط الانتفاخ Swelling Pressure

عند غمر عينة محاطة جانبيا فى الماء فإنه يتولد ضغط انتفاخ فى حالة عدم السماح بأى تغير فى الحجم . والضغط الأقصى الناتج عن ذلك فى الاتجاه الرأسى هو ضغط الانتفاخ .

٥-٢-١-٢-٣ الانتفاخ المحورى الحر Axial Free Swell

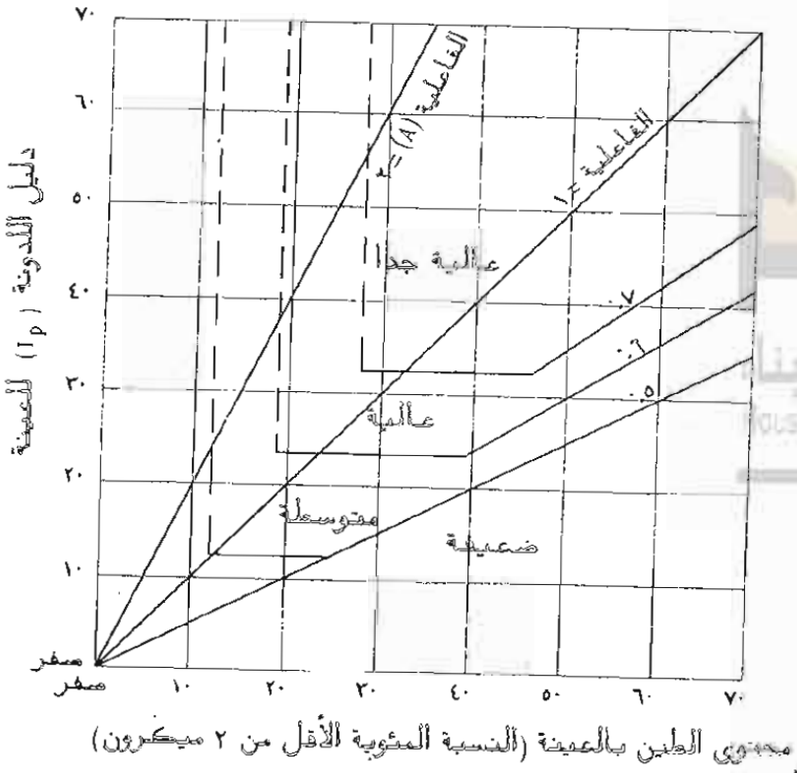
الانتفاخ المحورى الحر هو النسبة المئوية للانتفاخ لعينة بحالتها الطبيعية عند غمرها بالماء تحت ضغط رأسى مقداره ٩ر٨ كيلو نيوتن لكل متر مربع (١و.كجم/سم٢).

٥-٢-١-٢-٤ جهد الانتفاخ Swelling Potential

يعرف جهد الانتفاخ بأنة نسبة الانتفاخ لعينة محاطة جانبيا عند غمرها بالماء تحت ضغط ٩ر٦ كيلو نيوتن للمتر المربع (٧٠ر. كجم/سم٢) بعد دمكها لاقصى كثافة مع نسبة الرطوبة المثلى طبقا لمواصفات الاشو (AASHO) لتجربة الدمك.

٥-٢-١-٣ تصنيف التربة القابلة لإنتفاخ

يبين شكل (٥-١) طريقة لتصنيف التربة القابلة للإنتفاخ على أساس حدود أتربرج والنسبة المئوية لمحتوى حبيبات الطين الأقل من ٢ ميكرون وذلك بناء على تعريف الفاعلية بأنها دليل اللدونة الى النسبة بالوزن للحبيبات الأقل من ٢ ميكرون (ولمزيد من التفصيل يرجع إلى الجزء الثانى : الأختبارات المعملية بند ٢-١٤-٦) .



شكل (٥-١) رسم بيانى مقترح لتعيين مدى قابلية التربة للإنتفاخ

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-٢ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

٥-٢-٢-١ مقدمة

التعرف المبكر على وجود التربة القابلة للانتفاخ يعتبر من الاهمية 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 بند ١-٤) .

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

٥-٢-٢-٢ 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 الاحوال يجب أن تخترق الجسات كل الطبقات التى يحتمل ان تحتوى على التربة القابلة للإنتفاخ . ونظرا لانه 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 ونظراً لانه فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث منسوب المياه الارضية لايظهر عادة فى الجسات ويكون على اعماق كبيرة لذلك فأن الحفر المفتوح هو أنسب طرق الاستكشاف فى هذه الحالة . ومع ذلك يمكن استخدام طرق أخرى مثل التثقيب البريمى أو التثقيب الدورانى أو التثقيب بالدق .

٥-٢-٢-٢-١ الحفر المفتوح Open Pits

يتميز الحفر المفتوح 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 إلى 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 ٥ر٠٠ متر . واذا زاد عمق الحفرة عن ذلك فيجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتقوية جوانب الحفر لمنعها من الانهيار . واذا كان عمق الحفر كبير فأنه يجب 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 .

٥-٢-٢-٢-٢ التثقيب بالبريمة (القاسون) Auger Drilling

يمكن عمل الجسات عن طريق التثقيب بالبريمة واستعمال القاسون حيث يتم فى معظم الاحوال استعمال التشغيل اليدوى أو الميكانيكى مع اخراج التربة على فترات متفرقة . ومن المهم أن يتم الحفر على مراحل بحيث يتراوح عمق الحفر فى كل مرحلة من ٠٠ر١ متر

إلى ٥ر١ متر ثم ترفع البريمة للتعرف على طبقات التربة المختلفة وارتفاع 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 المقلقلة 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 القاسرن .

٥-٢-٢-٢-٣ الجسات الميكانيكية

(أ) التثقيب الدورانى Rotary Drilling

يمكن أن يتم عمل الجسات بالتثقيب الدورانى 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 أدخال جهاز لاخذ عينة من داخل هذا الثقب الاسطوانى وفى هذه الطريقة يجب الاخذ فى الاعتبار أنه من المحتمل أن نسبة الرطوبة الطبيعية لعينة التربة تزيد نتيجة استخدام سوائل فى عملية التثقيب ولذلك فأن هذه العينة لا تستخدم فى القياسات المباشرة لخصائص الانتفاخ . وتستخدم الطريقة الثانية أيضا للحفر فى التربة القابلة للانتفاخ والصخرية الضعيفة حيث يتم الحفر عن طريق جزء قاطع يقوم بتثقيب التربة داخل القطر المحدد للحفره . ويفضل استخدام هذه الطريقة فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث أنه يمكن استخدام الهواء

أثناء عمليات الحفر لازالة التربة المتفتتة بدلا من استخدام الماء كما هو الحال فى الطريقة السابقة .

(ب) التثقيب بالدق Percussion Drilling

عند استخدام هذه الطريقة يجب مراعاة سند جوانب الحفر أذا ما كانت الجوانب قابلة للانهيار نتيجة الاهتزازات . وفى هذه الطريقة يتم ازالة التربة المتفتتة داخل الحفرة باستخدام الهواء المضغوط بدلا من استخدام الماء . ويمكن اخراج عينات من اسفل الحفرة باستخدام الاجهزة الخاصة بذلك ولكن يجب الاخذ فى الاعتبار أن هذه العينات قد لا تمثل عينات بحالتها الطبيعية تماما نتيجة الاهتزازات المتولدة اثناء عمليات الحفر .

٥-٢-٢-٣ طرق استخراج العينات

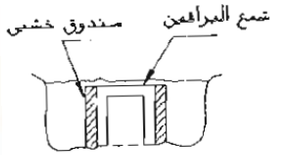
من المهم فى حالة التربة القابلة للانتفاخ الحصول على عينات فى حالتها الطبيعية (أى عينات غير مقلقلة بقدر الامكان والتى تحتوى على نسبة الرطوبة الطبيعية) . وفيما يلى طرق استخراج العينات المناسبة لهذا النوع من التربة .

٥-٢-٢-٣-١ عينة على شكل كتلة Chunk Sample

هذه الطريقة تعتبر من افضل الطرق للحصول على عينات غير مقلقلة ويوضح شكل (٥-٢) الخطوات المتبعة للحصول على هذه العينات . وفى هذه الطريقة يتم عمل حفره فى المكان والى العمق المراد اخذ عينة منه فتنزع التربة بحذر من حول العينة حيث تبقى العينة بارزة فى جانب أو اسفل الحفرة . فى حالة التربة القوية المتماسكة يمكن استخراج العينة من مكانها مباشرة باستخدام جاروف مسطح ثم تغلف العينة بغطاء رقيق من البلاستيك وتنقل إلى 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

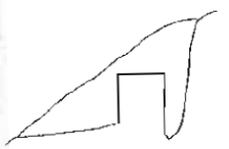
بين العينة والصندوق من جميع الجوانب بسمك ٢٫٥ مم ثم يتم ملء هذا الفراغ بشمع البرافين فى صورة سائلة . ثم يرفع الصندوق الخشبى والعينة بداخله ويضاف شمع البرافين لتغليف أعلى وأسفل العينة . ثم يوضع غطاء الصندوق العلوى والسفلى . وللحفاظ على العينة من الاهتزازات اثناء عملية النقل يوضع الصندوق الخشبى داخل صندوق اخر كبير يحتوى على نشارة الخشب ويجب وضع علامة تبين اتجاه العينة .

ا- الحفر حول العينة

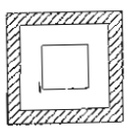


جـ- العينة مغطاة بشمع البرافين

ب- تجهيز جوانب العينة



هـ- استخراج عينة من جانب الحفر



د- العينة مغلفة بشمع البرافين داخل الصندوق

شكل رقم (٥ - ٢) استخراج عينات غير مثلثلة على شكل كتل

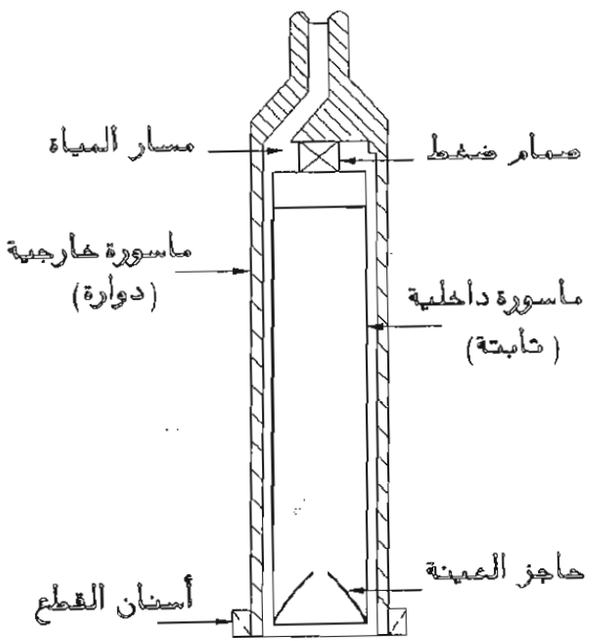
٥-٢-٢-٣-٢ عينة باستخدام جهاز أخذ العينات الدوار

Rotary Samplers

يجمع جهاز اخذ العينات الدوار بين التثقيب واخذ العينة مما يقلل من قلقلة العينة . ويبين

شكل (٥-٣) مثال لجهاز آخذ العينات والذى يتكون من ماسورتين واحدة داخل الاخرى . الماسورة الداخلية والتى يتم اخذ العينات بها يتراوح قطرها ما بين ٧٥ إلى ١٣٠ مليمتر وطولها ٠,٦ 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 واثناء ذلك تظل الماسورة الداخلية ثابتة 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 - ٣) جهاز استخراج العينات بحالتها الطبيعية

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-٢-٤ التجارب الحقلية

فى المناطق التى تتصف بوجود تربة ذات خصائص انتفاخ عالية يمكن عمل تجارب لقياس درجة الانتفاخ بالموقع لمقارنته بالقياسات المعملية وذلك فى المشروعات الكبيرة والمنشآت الهامة حيث يمكن للمهندس الإستشارى تحديد هذه التجارب إن لزم الأمر .

وهذه التجارب عادة تشمل استخدام اجهزة قياسات دقيقة تختلف باختلاف طبيعة التجربة .

٥-٢-٣ الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للانتفاخ

٥-٢-٣-١ مقدمة

يمكن تقسيم الإختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للإنتفاخ إلى اختبارات غير مباشرة للتعرف على قابلية التربة للإنتفاخ واختبارات خاصة للتعرف على التركيب المعدنى واختبارات مباشرة لقياس خصائص الإنتفاخ .

ويجب عند اختيار العينات مراعاة النقط الاتية :

(١) أن تكون العينات ممثله لطبقة التربة المستخرجة منها .

(٢) الحفاظ على العينات الغير متقلقلة فى حالة مماثلة للتربة فى الطبيعة وذلك لاستخدامها فى الاختبارات المباشرة .

(٣) حيث أن خصائص الانتفاخ لاتعتمد فقط على طبيعة حبيبات التربة بل أيضا تعتمد على الكثافة ومحتوى المياه الطبيعى فأنه يجب اختيار العينات التى تتضمن اقل محتوى مائى حيث أن هذه العينات تمثل العينات ذات المحتوى المائى الحرج الذى يؤدى إلى أعلى قيمة لخصائص الانتفاخ .

٥-٢-٣-٢ اختبارات التعرف على التربة القابلة للانتفاخ (اختبارات غيرمباشرة)

٥-٢-٣-٢-١ الاختبارات البسيطة

(أ) اختبارات الانتفاخ الحر Free Swell Test

يعتبر هذا الاختبار من أبسط اختبارات التعرف على التربة المنتفخة . ويجرى الاختبار عن طريق وضع ١٠سم٣ من التربة الجافة المارة من منخل ٤٢٥ر.سم فى مخبار مدرج (١٠٠سم٣) به حجم معلوم من المـاء ، وعند ثبوت حجم العينة ، وبدون اضافة أى احمال خارجية يتم تعيين الزيادة فى الحـجم ، ويحسب الانتفاخ الحر على أنه النسبة المئوية بين الزيادة فى الحجم والحجم الجاف أى أن :

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

حيث Vi ،Vf هما الحجم الإبتدائى والحجم النهائى على الترتيب .

ويمكن الإستعانة ببعض القيم الإسترشاديه للإنتفاخ الحر كما يلى :

أقل من ٥٠٪	لا يتوقع مشاكل
٥٠٪ - ١٠٠٪	إحتمال مشاكـل
أكبر من ١٠٠٪	إجراء تجارب أكثر بدقة لتحديد الخواص الإنتفاخيه

(ب) اختبار امتصاص الاصباغ Dye Adsorption Test

فى هذه الاختبارات تضاف بعض الاصباغ التى لها خاصية اكتساب ألوان معينة عندما تمتصها المواد الطينية . فعندما تعالج عينة من الطين بأحماض معينة فان اللون الناتج يعتمد على معدن الطين الموجود فى التربة وباستخدام هذه الطريقة يمكن التعرف على وجود معدن المونتموريلينيت اذا زادت نسبته فى التربة عن ٥٠٪ إلى ١٠٠٪ .

وهذه الطريقة تعتبر طريقة بسيطة وسهلة وسريعة بالمقارنة بالطرق الاخرى .

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-٣-٢-٢ اختبارات تعيين الخواص الطبيعية

اختبارات تعيين الخواص الطبيعية تستخدم للتعرف على التربة القابلة للأنتفاخ وعلى تصنيفها وهذه الخواص الطبيعية تعين طبقاً للاختبارات القياسية . وتشمل هذه الاختبارات تعيين نسبة الرطوبة الطبيعية والكثافة الطبيعية والكثافة الجافة وحدود اتربرج والتدرج الحبيبى .

هذه الاختبارات تجرى على عينات بحالتها الطبيعية أو بغير حالتها الطبيعية وتحدد الاختبارات الواجب اجرائها بعد مراجعة المعلومات المتاحة من الجسات وفحص العينات المبدئى . وعادة يجب عمل برنامج بحيث يتم اجراء اختبارات كافية لتحديد خواص التربة والتغيرات التى تظهر فى الطبقات فى كل من الاتجاهين الرأسى والافقى .

٥-٢-٣-٣ الاختبارات الخاصة

هذه تشتمل على اختبارات التعرف على التكوين المعدنى للتربة بإستخدام الأشعة السينية والميكروسكوب الضوئى الإلكترونى وغيرها .

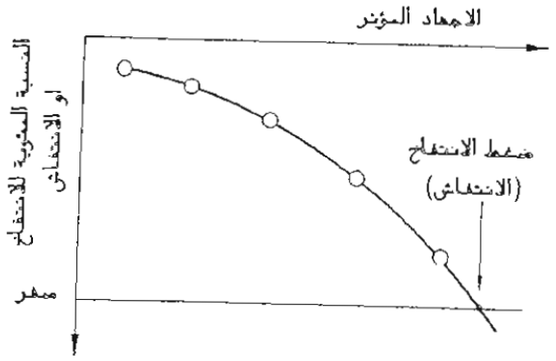
٥-٢-٣-٤ اختبارات قياس خصائص الانتفاخ (إختبارات مباشرة)

نظراً لأن هناك عدة طرق لتحديد قيمة ضغط الإنتفاخ فإن قيمته تعتمد على الطريقة المتبعة وتعتبر الاختبارات التى تجرى باستخدام جهاز الايدوميتر على عينات طبيعية هى أفضل الطرق وأكثرها استعمالاً وأهمها الطرق التالية :

٥-٢-٣-٤-١ طريقة الاجهادات المختلفة Different Pressures Method

يعرف جهد الانتفاخ فى هذه الطريقة ، بأنه الجهد اللازم للاحتفاظ بحجم عينة من التربة ثابت بعد تشبعها تماما بالماء تحت هذا الجهد وفى هذه الطريقة يتم تحضير ثلاث عينات متماثلة أو اكثر . ويؤثر على كل عينة بجهد مختلف وتترك هذه العينات حتى تتوقف الزيادة

فى الحجم . توقع العلاقة بين نسبة الانتفاخ النهائى وبين الجهد المؤثر كما هو موضح فى شكل (٥-٤) . ويمكن مد المنحنى للحصول على الجهد المناظر لنسبة انتفاخ تساوى صفر ٪ كما هو موضح فى الشكل فتكون هذه القيمة هى قيمة ضغط الانتفاخ . ولكن من المستحسن زيادة عدد النقط بحيث تحصل على نقطة سالبة تحت المحور الأفقى للحصول على الدقة المطلوبة . ونظراً لأن هذه الطريقة هى أقرب الطرق تمثيلاً لما يحدث فى الطبيعة ، كما ثبت من الأبحاث حتى الآن فإننا نفضل استخدامها لتعيين ضغط الإنتفاخ . (ولمزيد من التفصيل يرجع إلى الجزء الثانى ، الأختبارات المعمليه بند ٢-١٤) .

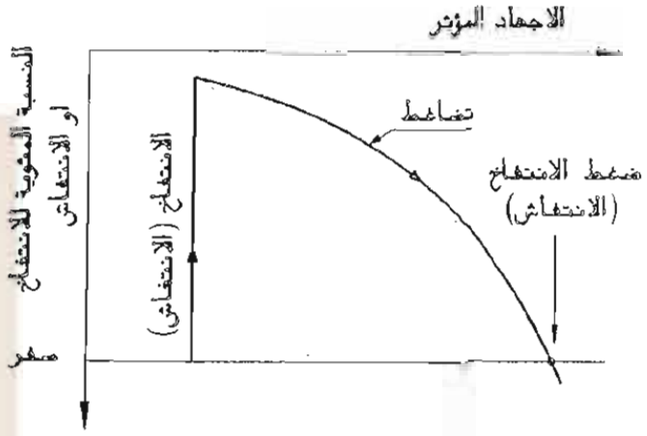


شكل (٥-٤) تعيين ضغط الانتفاخ بطريقة الإجهادات المختلفة

٥-٢-٣-٤-٢ طريقة الانتفاخ المسبق Preswelled Method

يعرف ضغط الانتفاخ فى هذه الطريقة ، بأنه الجهد الخارجى الذى يجب التأثير به على عينة منتفخة حتى تعود إلى حجمها الابتدائى . وفى هذه الطريقة يسمح للعينة بالانتفاخ تحت تأثير اجهاد ذو قيمة صغيرة ثم يتم التأثير على العينة بجهد خارجى يتزايد حتى تتضاغط العينة وتعود إلى حجمها الاصلى ويكون هذا الجهد هو ضغط الانتفاخ كما هو موضح فى شكل (٥-٤) وهذه الطريقة تعتبر من الطرق السهلة والسريعة كما أنها تحتاج إلى عينة واحده فقط ولكن فى بعض الاحيان قد تعطى نتائج لضغط الانتفاخ أعلى من القيم المستنتجة من الطرق الاخرى .

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



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

٥-٢-٣-٤-٣ طريقة الحجم الثابت

فى هذه الطريقة تستخدم عينة واحدة يتم التحكم فى حجمها ليبقى ثابت عند غمرها بالماء ويقاس ضغط الإنتفاخ إما مباشرة باستخدام خلية ضغط تمنع حركة العينة أو بزيادة الحمل تدريجيًا لمعادلة أى تغيير فى الحجم .

٥-٢-٣-٤-٤ طريقة الإستخدام المزدوج للأيدومتر

Double Oedometer Methdod

فى هذه الطريقة تؤخذ عينتين من نفس العينة الغير مقلقلة وتوضع كل من العينتين فى جهاز ايدومتر . تختبر العينة الاولى وهى محتوية على نسبة الرطوبة الطبيعية بها . أما العينة الثانية فتغمر بالماء تحت اجهاد ابتدائى صغير حتى تتشبع بالماء ، ثم تختبر فى

جهاز التضاغط بالطريقة العادية . وهذه الطريقة مبنية على العديد من الافتراضات من أهمها ان نظرية الاجهاد الفعال يمكن تطبيقها فى حالة التربة المشبعة جزئيا وكذلك أنه فى حالة معرفة ظروف التحميل فى الطبيعة يمكن التعبير عن الانتفاخ الكلى باستخدام الاسس والافتراضات المستخدمة فى نظرية التضاغط .

٥-٢-٣-٥ اختبارات مقاومة القص

تجرى اختبارات تعيين مقاومة القص فى العينات فى الظروف الحرجة مثل وجود هذا النوع من التربة على حافة ميول وخصوصا فى حالة عدم معرفة نسبة الرطوبة الطبيعية فى الموقع فيجب حساب مقاومة القص المناظرة لأسوأ الظروف المتوقعة ويمكن اجراء اختبار الثلاث محاور (Triaxial Test) لعينات مشبعة بعد تضاغطها تحت تأثير الاجهاد المتوقع فى الطبيعة مع قياس ضغط الماء . وايضا يمكن حساب مقاومة القص باستخدام اختبار القص المباشر أو اختبار الضغط غير المحاط .

ولمزيد من التفصيل يرجع إلى الجزء الثانى (الأختبارات المعملية بند ٢-١٩، ٢-٢٣)

٥-٢-٤ معالجة التربة وطرق التأسيس

٥-٢-٤-١ مقدمة

اذا كانت تربة الموقع المزمع الانشاء عليه قابلة للانتفاخ فإنه توجد عدة اختيارات أمام مهندس التصميم أو الانشاء لتقليل أو منع تأثر الاساسات أو المنشآت بانتفاخ التربة . وبعض هذه الطرق التى تم تطبيقها على نطاق واسع فى البلاد المختلفة هى :

(أ) إستبدال التربة القابلة للإنتفاخ تحت الأساسات بتربة رملية .

(ب) منع تسرب المياه إلى تربة الاساس .

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(جـ) عزل الاساسات السطحية عن التربة المحيطة القابلة للانتفاخ باستخدام تربة رملية.

(د) التصميم باسلوب يجعل الاحمال الانشائية على الاساسات السطحية عالية لمعادلة أو تقليل الانتفاخ المنتظر .

(هـ) استخدام الخوازيق ذات النهايات العريضة .

(و) تصميم المنشأ بحيث يسمح بامتصاص الحركة الناشئة من الانتفاخ والهبوط خلال الانتفاخ وانكماش التربة أسفل الاساس .

(ز) تصميم المنشأ مع الأساسات كوحدة واحدة تتحمل الحركة الرأسية لارتفاع المنشأ أو هبوطها (بنتيجة انتفاخ التربة أو انكماشها) .

(ح) معالجة التربة كيميائيا باستعمال الجير أو الاسمنت أو الحرارة أو غيرها وذلك لتثبيت التربة .

واختيار واحد أو أكثر من الطرق السابقة يعتمد على الامكانات المتاحة مثل الناحية الاقتصادية أو المستوى التكنولوجى أو نوعية المعدات أو غير ذلك وفيما يلى لمحة سريعة عن بعض الطرق الاكثر ملائمة من حيث جدواها التطبيقية باستخدام امكانيات محدودة مالية أو فنية .

٥-٢-٤-٢ معالجة التربة Soil Treatment

٥-٢-٤-٢-١ استبدال التربة Soil Replacement

احدى الطرق البسيطة والسهلة لتأسيس الاساسات السطحية على التربة القابلة للانتفاخ هى احلال التربة بأخرى غير قابلة للانتفاخ . لاتمام عملية الإستبدال يجب تحديد نوع التربة المستخدمة وعمق وامتداد الإستبدال ودرجة الدمك .

(أ) نوع تربة الإستبدال

أى نوع من أنواع التربة التى تتراوح من تربة زلطية إلى تربة رملية تكون صالحةويجب

الاخذ فى الاعتبار هذه الاحتياطات :

(١) اذا كانت التربة من الزلط والرمل فان المياه السطحية يمكنها التسرب بسهولة خلال التربة وتسبب بلل التربة القابلة للانتفاخ .

(٢) اذا كانت التربة رملية طينية بها نسبة عالية من الطين فيجب التأكد من أنه غير قابل للإنتفاخ .

وتبعا لهذا فيجب على المهندس الإستشارى اختيار التربة المناسبة للإستبدال وتحديد درجة دمكها تبعا للظروف التى يتعامل معها .

(ب) عمق الإستبدال الرأسى

لا يمكن تحديد عمق الاحلال الرأسى الا بعد تحديد قيمة الانتفاخ المتوقع أسفل الاساسات .

حيث أنه يصعب تحديد العمق الفعال للتربة المنتفخة بدقة لذا يجب على المهندس الإستشارى تقدير عمق الإستبدال المناسب أخذا فى الاعتبار النقاط الاتية :

(١) عمق الإستبدال يجب ألا يقل عن ٠ر٥٠ متر فى أى من الاحوال وفى حالة التربة المتوسطة الإنتفاخ يكون حوالى ٠٠ر١ متر وفى حالة التربة عالية الإنتفاخ يكون حوالى ٥ر١ متر أو أكثر . ويمكن تقدير درجة انتفاخ التربة بالإستعانة بجدول (٥-١) .

(٢) يجب أن يتم دمك تربة الإستبدال جيداً وعلى طبقات لا تزيد عن ٠ر٣٠ متر .

(٣) يجب أن تتم عملية الإستبدال تحت اشراف هندسى سليم ، ويجب التأكد من عدم وصول المياه إلى الموقع قبل اتمام عملية الإستبدال ووضع التربة الغير قابلة للانتفاخ حيث أن وصول المياه سوف يؤدى إلى انتفاخ التربة وذلك بصرف النظر عن عمق طبقة الإستبدال .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

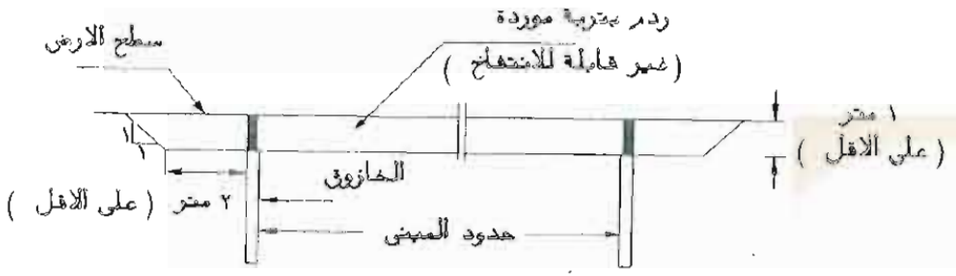
جدول (٥-١) جدول استرشادي لتحديد درجة الإنتفاخ

درجة الإنتفاخ	ضغط الإنتفاخ* كيلو نيوتن/ متر٢	نسبة الإنتفاخ** %	دليل الإنتفاخ*** WC/WL
ضعيفة	٣٠ - ١٢٥	١ - ٤	أكبر من ٠ر٦
متوسطة	١٢٥ - ٣٠٠	٤ - ١٠	٠ر٣ - ٠ر٦
عالية	أكبر من ٣٠٠	أكبر من ١٠	أقل من ٠ر٣

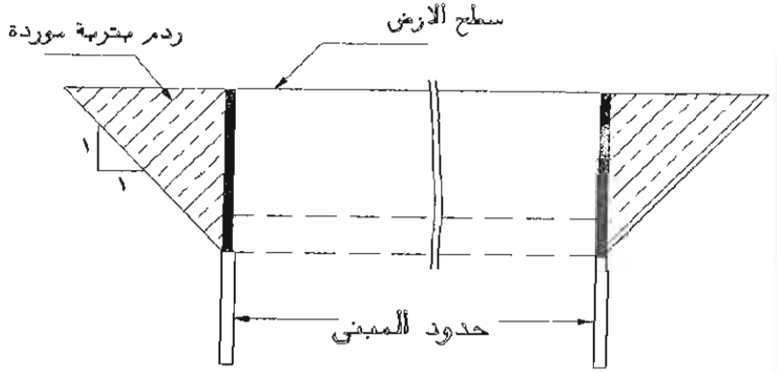
* يعين ضغط الإنتاج بطريقة الحجم الثابت لعينات طبيعية غير مقلقلة .

** يعين نسبة الانتفاخ لعينات طبيعية غير مقلقلة تحت ضغط ٩,٨ كيلو نيوتن/ متر٢ (١٠ و. كجم/سم٢) .

*** دليل الإنتفاخ = نسبة الرطوبة الطبيعية/حد السيوله للتربه



أ - في حالة عدم وجود بدروم



ب- في حالة وجود بدروم

شكل (٥-٦) امتداد الإحلال بالردم

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(ج) إمتداد الإستبدال الأفقى

شكل (٥-٦) يوضح إمتداد الإستبدال الأفقى المقترح فى حالة المبانى التى لها بدروم والمبانى بدون بدروم. ويوضح الشكل أن امتداد الإستبدال مساوياً لعمقه وفى حالة المبانى التى تحتوى على بدروم فأن التربة المستخدمة فى« الردم فوق منسوب الأساسات يجب أن تكون من نفس نوع التربة الغيرمنتفخه المستخدمه فى عملية الإستبدال أسفل الأساسات .

٥-٢-٤-٢-٢ التحكم فى نسبة الرطوبه

تستخدم معظم طرق التحكم فى نسبة الرطوبة حول المحيط الخارجى للمبنى ويتم ذلك إما بإستخدام حواجز رأسيه أو حواجز افقية أو كليهما بالإضافة إلى استخدام طرق الصرف الصحى السطحية المناسبة وطرق الصرف تحت السطحى .

(أ) حواجز التحكم الأفقية

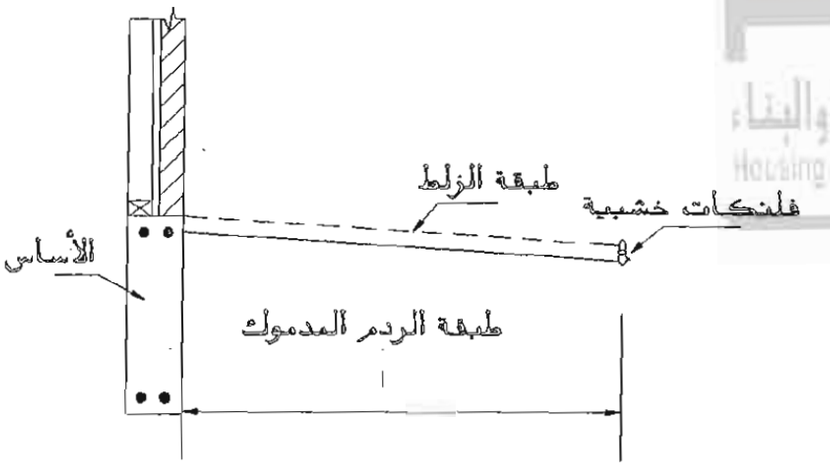
يمكن تركيب حواجز أفقية للتحكم فى الرطوبة حول المبنى فى صورة أغشية أو رصف صلد أو رصف مرن .

يمكن وضع الأغشية غير المنفذة وذات المقاومة العالية للظروف المحيطة مثل النايلون والبولييثيلين .. الخ حول المحيط الخارجى للمبنيكما هو مبين فى شكل (٥-٧) والغرض من إستتخدام هذه الحواجزالأفقية هو منع المياه السطحية من التسرب إلى تربة التأسيس .

ولكن يجب الاخذ فى الاعتبار 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 إلى داخل التربة إلى أسفل المبنى خلال الحدود الخارجية للغشاء أو خلال أى ثقوب قد تظهر فى الغشاء بعد فترة من الزمن . ولذلك فإن الفائدة الحقيقية من استخدام مثل هذه الاغشية حول المبانى هو زيادة الفترة الزمنية اللازمة لتسرب المياه وتخلل الرطوبة إلى داخل التربة وكذلك توزيع الرطوبة داخل التربة بصورة أكثر إنتظاماً.

الرصف الصلد مثل إستخدام رصف من الخرسانة أو مشايات قد أثبتت فاعلية فى التأثير على التذبذبات التى يمكن أن تطرأ فى نسبة الرطوبة . وفى هذه الحالة يجب أن تكون الفواصل بين الأرصفة الصلبة وبين حوائط المبنى محكمة حتى لا تسمح بنفاذ المياه ، وذلك لأن التربة أسفل الرصف قد تنتفخ وتسبب فى حركة الرصف رأسياً بحيث يميل الرصف ويؤدى إلى سريان المياه السطحية فى إتجاه المبنى بدلاً من بعيداً عنه . فإذا كانت الفواصل غير محكمة فإن المياه سوف تتسرب إلى داخل التربة فى هذه المناطق متسببة بدورها فى إنتفاخ التربة أسفل الأساسات . ولذلك فيجب على المهندس مراعاة دقة التنفيذ ، وعمل ميول سطحية لصرف المياه بعيداً عن المبنى ومنع تجمع المياه فى صورة برك بالقرب من المبنى .

الرصف المرن مثل الاغشية الاسفلتية يمكن أن تستخدم أيضا لمنع نفاذ المياه أو الرطوبة إلى التربة أسفل المبنى . وهذه الاغشية قد تكون سابقة التصنيع أو تقام برش الاسفلت فوق سطح التربة المنتفخة فى الموقع ، ويمكن استخدام تربة غير منتفخة لعملية الردم فوق الغشاء الاسفلتى .



شكل (٥-٧) حواجز التحكم الأفقية

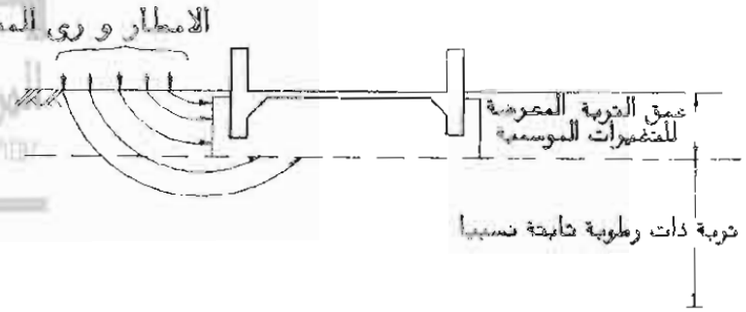
HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(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 انشاء الحواجز الرأسية باستخدام أغشية من البلاستيك أو حواجز من الخرسانة أو الانسجة أو غيرها من المواد غير المنفذة للمياه رعالية المقاومة للظروف المحيطة . وتعوق هذه الحواجز مسار المياه المتجهة إلى التربة أسفل الاساسات كما هو موضح فى شكل (٥-٨) ومن المتوقع أن الحواجز الرأسية تقلل من معدل نفاذ المياه إلى أسفل المبنى وتوزيع المياه بانتظام فتصبح نسبة الرطوبة متقاربة فى الاماكن المختلفة للتربة أسفل المبنى .

وعند استخدام ردم حول المبنى فانه يقوم بعمل الحواجز الرأسية عند استخدام الطرق السليمة لعملية الردم والدمك مما يقلل من تسرب المياه السطحية إلى أسفل الاساسات . بينما اذا استخدمت تربة مفككة للردم بدون دمك فسوف يسهل تسرب المياه السطحية أو مياه الشرب والصرف إلى داخل التربة أسفل الاساسات .



شكل (٥-٨) إعاقة مسار المياه إلى الأساسات باستخدام الحواجز الرأسية

(جـ) صرف المياه تحت السطحى

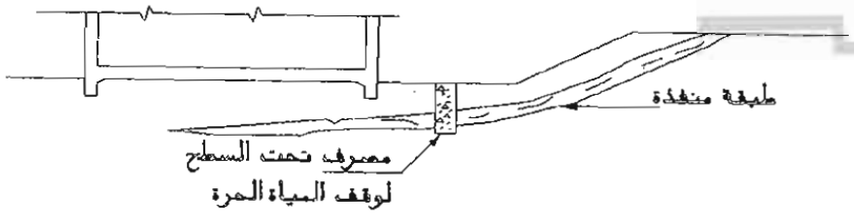
يستخدم الصرف تحت السطحى للاغراض الاتية :

(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) اعاقة حركة المياه نتيجة الخاصية الشعرية .

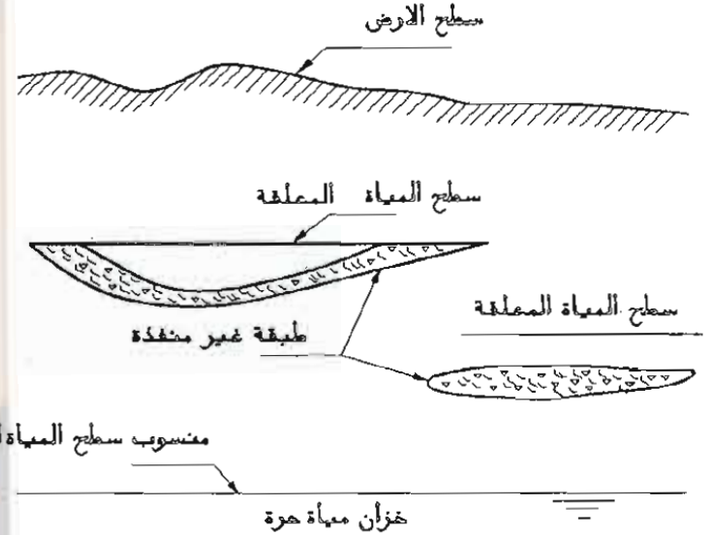
تكون المصارف ذات فاعلية فى تقليل نسبة الرطوبة فى التربة أسفل المبنى فعندما تكون الرطوبة فى التربة نتيجة للسريان الحر تحت تأثير الجاذبية الارضية خلال طبقة منفذة أسفل سطح الارض ، مثل طبقة من تربة زلطية أو طبقة من الطينة المشققة كما هو موضح فى شكل (٥-٩) يجب أن يملأ المصرف بزلط كما أنه يجب أن يكون عميق بالقدر الكافى حتى يصل إلى طبقة التربة المنفذة .



شكل (٥-٩) طريقة وقف المياه الحرة باستخدام المصرف تحت السطحى

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

وفى المناطق التى بها طبقات من الصخر على عمق صغير فيمكن أن تتكون خزانات للمياه الجوفية وكذلك وجود طبقات غير منفذة محدودة الابعاد يتسبب فى وجود مثل هذه الخزانات التى تحتجز المياه فوق هذه الطبقات كما هو موضح فى شكل (٥-١٠) وتتسرب المياه المحتجزة فى هذه الخزانات إلى التربة أسفل المبنى بسهولة وتسبب أضرار بالغة . ولذلك فيجب انشاء مصرف للمياه عميق حول المحيط الخارجى للمبنى .

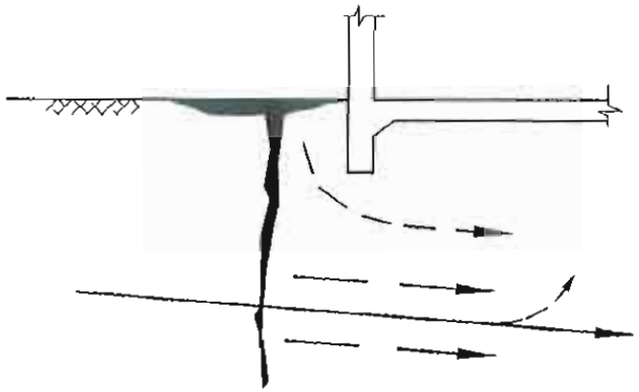


شكل (٥-١٠) المياه المعلقة

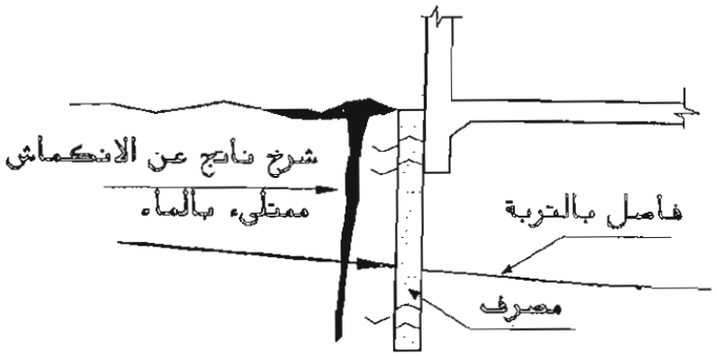
ويجب ألا يقل عمق المصرف عن ١,٠ متر أسفل الاساسات ويجب أن يؤدى إلى مخرج مناسب لصرف المياه بعيدا عن المبنى . ويوضح شكل (٥-١١) المكان المناسب لاقامة المصارف لاعاقة مسار المياه .

(د) صرف المياه السطحى

يجب أن يشكل سطح الارض حول المبنى بحيث تتسبب الميول السطحية فى صرف المياه بعيدا عن المبنى فى جميع الاتجاهات . ونجد أنه فى كثير من الاحيان يكون الصرف السطحى متجها نحو حوائط المبنى . وحيث أن تسرب المياه خلال التربة عند المحيط الخارجى للمبنى يكون من العوامل الاساسية التى تؤثر على سلامة المبنى فان الاهتمام بوسائل الصرف السطحى يكون ذو فائدة كبيرة .



مسار المياه بدون استخدام المصارف تحت السطحية



مسار المياه بإستخدام المصارف تحت السطحية

شكل (٥-١١) وقف مسار المياه باستخدام المصارف تحت السطحية

كما يجب الاهتمام بصيانة المواسير التى تمر أسفل المبنى والتأكد من عدم تسرب المياه حيث انها تكون معرضة لاجهادات اضافية نتيجة انتفاخ التربة حول وأسفل المبنى . وكذلك عند زراعة أى نباتات أو أشجار حول المبنى فيجب أن تبعد مسافة ٣,٠٠ متر على الاقل من المحيط الخارجى للمبنى حيث أنه من المتوقع أن الاشجار تؤثر على الرطوبة داخل التربة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-٤-٣ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها

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

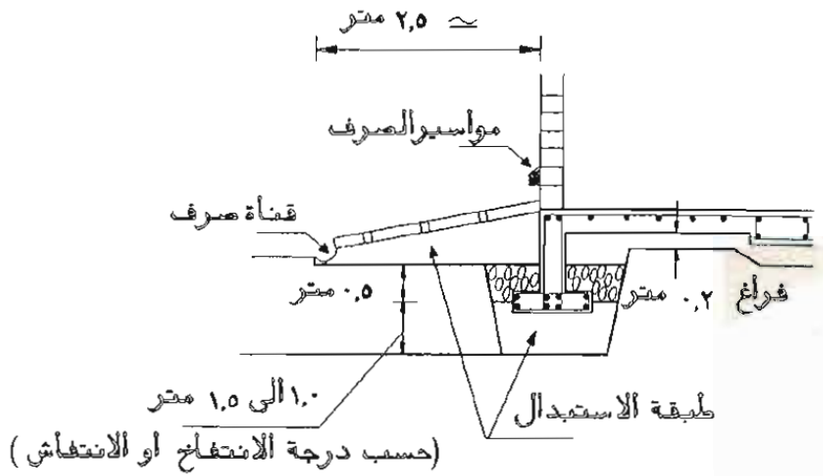
وفيما يلى نتعرض لبعض طرق التأسيس واستبدال التربة للإسترشاد بها سواء فى التصميم أو التنفيذ .

٥-٢-٤-٣-١ الاساسات السطحية

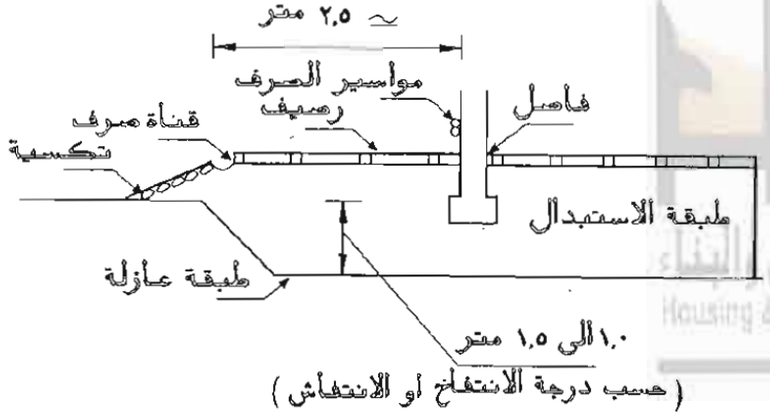
يفضل استخدام الاساسات السطحية اذا كان سمك التربة المنتفخة ممتد إلى أعماق كبيرة وبالتالى يصعب أو يستحيل استخدام الاساسات العميقة . ويمكن استخدام الاساسات السطحية بنجاح فى حالة التربة المنتفخة اذا توفر احد الشروط الاتية :

- الاجهادات نتيجة الحمل الميت المؤثر على التربة كافية لمنع الانتفاخ .
- المبنى جاسىء بالقدر الكافى حيث لايتأثر بالحركة نتيجة الانتفاخ النسبى .
- تقليل أو ملاشاة طاقة الانتفاخ المؤثرة على الاساسات .

ونظراً لأن استخدام وسادة من التربة الغير منتفخة أسفل الأساسات يؤدى إلى توزيع حركة التربة الرأسية بصورة أكثر انتظامًا أى إلى تقليل الإنتفاخ النسبى ، لذلك فإنه يفضل عدم التأسيس مباشرة على التربة القابلة للإنتفاخ فى جميع الأحوال إلا مع استخدام طبقة استبدال تصمم بحيث تتحمل أحمال المنشأ وبدرجة دمك تناسب طاقة الإنتفاخ المتوقع . مع إجراء تجارب حقلية للتأكد من كفاءة طبقة الإستبدال . ويبين شكل (٥-١٢) نماذج لطبقة إستبدال .



نموذج استرشادى (أ)



نموذج استرشادى (ب)

شكل (٥-١٢) الأساسات السطحية على التربة القابلة للانتفاخ

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(أ) القواعد الشريطية

يجب ألا تستخدم القواعد الشريطية إلا فى حالة التربة ضعيفة الانتفاخ ويجب ألا تستخدم القواعد الشريطية على التربة عالية الانتفاخ حيث أنه من المتوقع عدم قدرتها على تحمل طاقة الانتفاخ العالية .

وفى حالة استخدامها تضاف نسبة من حديد التسليح فى القواعد لحماية المبنى من التصدع والتشرخ نتيجة الاجهادات الاضافية الناتجة من الانتفاخ النسبى . كما يجب عند استخدام القواعد الشريطية أن تكون بعرض صغير لزيادة تركيز الاجهادات الناتجة من الاحمال الميتة أسفل هذه القواعد مما يساعد على تقليل نسبة الانتفاخ

(ب) القواعد المنفصلة

يمكن استخدام القواعد المنفصلة اذا تحققت احدى الشروط الاتية :

(١) اذا كانت طاقة الانتفاخ متوسطة أو ضعيفة .

(٢) اذا كانت قدرة تحمل الطبقة العلوية من التربة عالية نسبيا .

(٣) اذا كانت طبقة التربة المنتفخة عميقة ويوجد أسفل منها طبقة من التربة غير المنتفخة أو طبقة من الصخر .

(٤) وجود طبقة من التربة اللينة أو ارتفاع منسوب المياه الأرضية نسبيا مما يؤثر على استخدام خوازيق الاحتكاك أو ركائز الاساس .

وللسماح بتركيز الاجهادات نتيجة الاحمال الميتة أسفل القواعد المنفصلة يجب ترك فراغ بين الميد وسطح التربة ، ذلك يؤدى إلى منع انتفاخ التربة أو تقليل قيمته فقط أسفل القواعد حيث يوجد تركيز للاجهادات ويحد من حدوث أى أضرار بالميد نتيجة الاجهادات الاضافية الناتجة من انتفاخ التربة .

(جـ) أساس لبشة

تصميم أساس لبشة جاسئ فوق تربة منتفخة يكون معقد نتيجة لان سطح التربة الذى كان

أفقيا عند بداية عملية التشييد يصبح غير منتظم ولايمكن التنبؤ بالتغير الذى سوف يطرأ على سطح التربة مع الزمن . ويجب اختيار شكل التشكل لسطح التربة الذى يؤدى إلى أكثر الحالات سوءاً وإلى اكبر قيم لعزم الانحناء وقوى القص والترخيم التى يمكن توقعها .

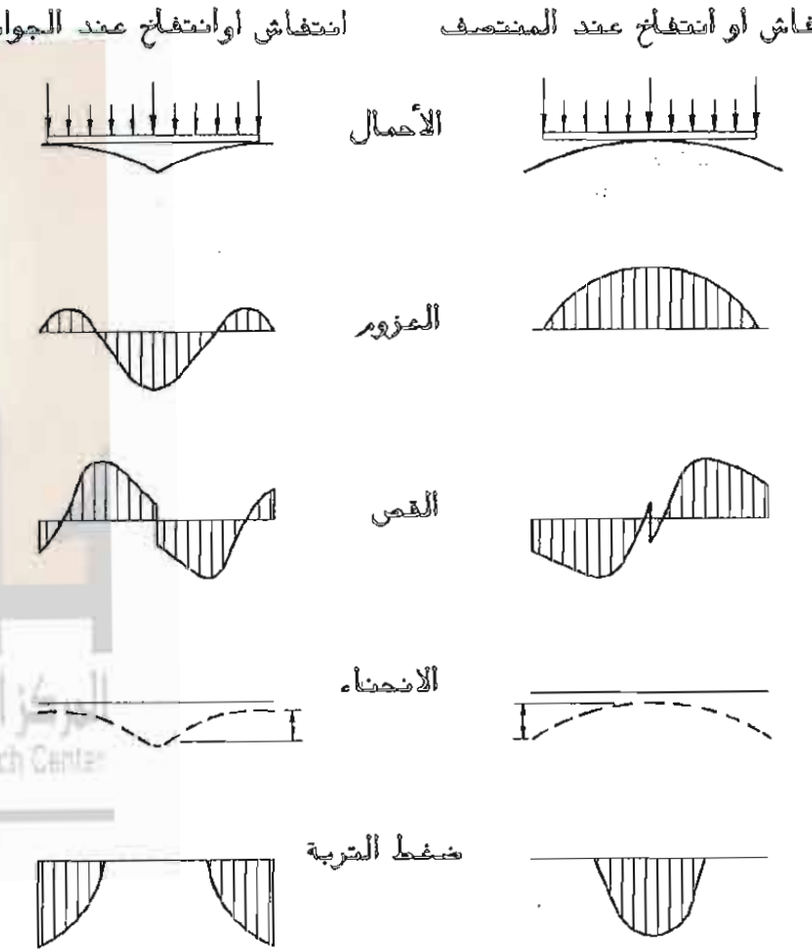
وليس من الممكن التنبؤ بشكل ومواقع الدعامات الترابية أسفل اللبشة الصلبة نتيجة عدم التأكد من طريقة استخدام المبنى ، فمثلا عدم معرفة أماكن زراعة الاشجار والنباتات وامكانية تسرب المياه من مواسير مياه الشرب أو مواسير الصرف الصحى وذلك يحتم على المهندس أن يفترض أسوأ الظروف عند التصميم ، فيجب افتراض انتفاخ التربة عند الاطراف (أو انكماش التربة فى الوسط) وكذلك افتراض انتفاخ التربة فى الوسط (أو انكماش عند الاطراف) كما هو موضح فى شكل (٥-١٣) .

لذلك لا يفضل استخدام اللبشة إلا فى حالات خاصة حيث أنها تحد من تحرك التربة المنتفخة ولذلك فإنه عند الإضطرار لاستخدامها أن تكون بشكل يسمح بتوجيه حركة التربة وأن تصمم اللبشة على افتراضات لميكانيكية التشكل المتوقعة .

٥-٢-٤-٣-٢ الأساسات العميقة

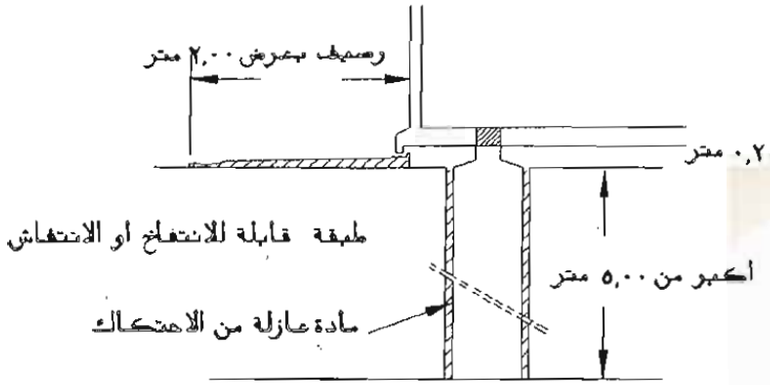
عند الحاجة إلى استخدام الأساسات العميقة فيمكن عمل آبار كما فى شكل (٥-١٤) أو خوازيق ذات نهايات موسعة كما فى شكل (٥-١٥) .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

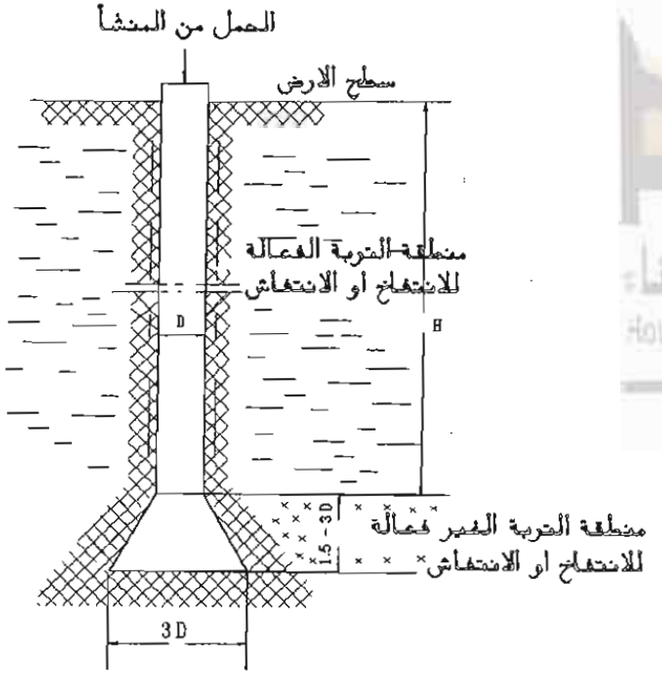


شكل (٥-١٣) منحنيات العزوم والقص والإنحناء وضغط التربة بتأثير الإنتفاخ

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٥-١٤) الأساسات العميقة للتربة القابلة للانتفاخ



شكل (٥-١٥) مراصفات الخازوق ذو النهاية العريضة

٥-٣ الأساسات على التربة القابلة للانهيار

٥-٣-١ مقدمة

التربة القابلة للانهيار هى التربة التى ينقص حجمها الكلى عند وصول الماء اليها مما ينتج عنه هبوط فى سطح الارض .

وعند تحليل أسباب هذه الظاهرة وجد أن السبب الرئيسى فى حدوث ذلك هو زيادة نسبة الرطوبة فى التربة . فى بعض أنواع التربة يمكن حدوث الهبوط عندما تتعرض التربة للاهتزاز بعد تشبعها بالماء . وتتواجد التربة القابلة للإنهيار بأنواع مختلفة خاصة فى المناطق الجافة والمتوسطة الجفاف حيث يسود النقص فى نسبة الرطوبة . والمكونات الرئيسية فى التربة القابلة للإنهيار هى الرمل والطمى مع وجود نسبة من الطين كمادة لاحمة أو مواد لاحمة أخرى .

٥-٣-١-١ المشكلة والعوامل المؤثرة

تحتمل التربة القابلة للإنهيار عادة أحمالاً كبيرة فى حالتها الطبيعية مع حدوث هبوط صغير بشرط عدم زيادة نسبة الرطوبة . وعادة فإن الهبوط الكبير الناتج عن زيادة نسبة الرطوبة يسبب اضرارا كبيرة بالمنشآت المقامة عليها .

وهناك شرطين أساسيين لكى يحدث إنهيار التربة وهما أن يكون تركيب التربة يحتوى على نسبة فراغات كبيرة نسبيا وأن تكون نسبة الرطوبة ضئيلة وأقل بكثير من درجة التشبع . بالاضافة إلى 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 قوى الشد الشعرى فى المياه داخل الفراغات التى تزيد من الضغط المؤثر ومن التماسك بين الحبيبات .

ويتأثر كل من مقدار ومعدل الإنهيار بمحتوى الطين فى التربة ، والتركيب المعدنى للمواد المكونة للتربة ، وشكل حبيبات التربة والتوزيع الحجمى لهذه الحبيبات ، ونسبة الرطوبة الطبيعية ، ونسبة الفراغات وحجم وشكل هذه الفراغات فى التربة وتركيز الايونات .

والمواد اللاحمة تشمل الجبس وكربونات الكالسيوم والاملاح وأكاسيد الحديد والمواد الطينية ... الخ .

٥-٣-١-٢ تعريفات

أ - جهد الإنهيار Collapsibility Potential

يقدر احتمال الهبوط بقياس جهد الإنهيار والذى يعرف بأنه مقدار الانضغاط الذى يحدث عند اضافة الماء إلى عينة من التربة فى تجربة الانضغاط تحت ضغط قدرة ٢٠٠ كيلو نيوتن/متر مربع (٢كجم/سم٢) .

ويلاحظ أن جهد الإنهيار لا يمثل قيمة دقيقة يمكن استخدامها فى التصميم أو فى حساب مقدار الهبوط الذى يمكن أن يحدث نتيجة الإنهيار لحالة معينة وإنما هو فقط مؤشر استرشادى . (أنظر بند ٥-٣-٣-١) .

ب - درجة التشبع الحرجة Critical Degree of Saturation

هى درجة التشبع التى إذا زادت درجة التشبع الطبيعية عنها يقل احتمال الإنهيار بينما يتزايد هذا الإحتمال إذا قلت درجة التشبع الطبيعية عنها . { أنظر بند ٥-٣-٣-٢ (و) } .

٥-٣-١-٣ تصنيف التربة القابلة للانهيار

من خصائص التربة القابلة للإنهيار التركيب الحبيبى المحتوى على نسبة عالية من الفراغات وإنخفاض نسبة الرطوبة بها وتتوقف الكثافة الجافة على نوع التربة . وتتراوح

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

الكثافة الجافة لانواع التربة القابلة للإنهيار بين ..ر١١ إلى ..ر١٧ كيلو نيوتن/ م^3 (١ر١ إلى ٧ر١ جم/سم^3) ، وترتبط القيم العالية للكثافة الجافة بوجود حبيبات تربة كبيرة . وتختلف أيضا نسبة الرطوبة الحرجة التى يحدث عندها انهيار التربة تبعا لنوع التربة .

وقد اقترحت طريقة لتقييم مدى خطورة المشكلة فى حالة التربة الانهيارية تعتمد على نتائج تجربة جهد الانهيار الواردة فى بند ٥-٣-٣-٢ وهذه الطريقة يمكن الأسترشاد بها لتصنيف التربة الانهيارية كما فى الجدول (٥-٢).

جدول رقم (٥-٢)

تصنيف التربة الانهيارية تبعاً لجهد الإنهيار

جهد الانهيار	خطورة المشكلة
صفر - ١ ٪	لا توجد مشكلة
١ - ٥ ٪	مشكلة معتدلة
٥ - ١٠ ٪	مشكلة
١٠ - ٢٠ ٪	مشكلة خطيرة
> ٢٠٪	مشكلة خطيرة جداً

٥-٣-٢ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

٥-٣-٢-١ مقدمة

عند عمل الجسات فى التربة القابلة للانهيار بصفة خاصة ، وجميع أنواع التربة المشبعة جزئيا بصفة عامة ، يجب تنفيذ الجسة بالطريقة الجافة لضرورة الاحتفاظ بنسبة الرطوبة الطبيعية ولذلك يوصى باستخدام الطرق التالية فى هذه الانواع من التربة :

٥-٣-٢-٢ طرق استكشاف الموقع

٥-٣-٢-٢-١ الحفر المفتوح Open Pits

نظراً لتواجد طبقات التربة القابلة للانهيار عادة فوق منسوب الماء الارضى وانها فى معظم الاحوال متماسكة ، فانه 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 لانحصل على نتائج غير صحيحة اذا ما اختبرت العينات فى المعمل فى اتجاه مخالف لاتجاه ترسيبها فى الطبيعة .

وطريقة الآبار المفتوحة لايصلح استخدامها فى حالة التربة المكونة من رمل سائب .

٥-٣-٢-٢-٢ الجسات الميكانيكية

استخدام الماء أو سوائل الحفر يزيد بشكل ملحوظ من نسبة الرطوبة الطبيعية للعينات المستخرجة ، لذلك يجب استخدام الهواء فى التبريد واستخراج العينات بطريقة دينيسون المزدوجة . يجب عدم استخدام الجسات اليدوية فى استخراج العينات من التربة القابلة للانهيار لانه ينتج من استخدامها عينات مقلقلة .

٥-٣-٢-٣ طرق استخراج العينات

استخراج عينات جيدة غير مقلقلة تصلح للقياسات المعملية شئ أساسى فى تقدير مدى قابلية التربة للانهيار .

وعادة ماتستخرج عينات كتلية تقطع باليد من جوانب أو قاع حفر الاختبار لان أخذ العينات بواسطة القوالب والمواسير ذات الجوانب الرفيعة ينتج عنه انضغاط للعينات أثناء عملية استخراج العينات . هذا الانضغاط يؤثر على نتائج تجارب القابلية للانهيار عند اجرائها فى المعمل باستخدام هذه العينات .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

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

يجب عدم استخراج العينات من مواسير أخذ العينات فى الموقع ، كما يجب تجنيب تعرض العينات إلى أى صدمات أو اهتزازات اثناء النقل إلى المعمل .

٥-٣-٢-٤ التجارب الحقلية

عند استخدام أى تجارب حقلية فى التربة القابلة للانهيار يجب أن يسمح باجراء التجربة مرتين ، المرة الاولى فى حالتها الطبيعية والثانية عند التشبع بالماء وذلك لمقارنة انضغاط التربة تحت الاحمال وهى فى الحالة الطبيعية بانضغاطها وهى مشبعة بالماء واستنتاج معامل الانضغاط فى كلتا الحالتين للمقارنة بينهما . وهناك بعض الطرق لغمر التربة بالماء أثناء أو قبل إجراء الأختبار . لذلك لا يصلح إستخدام الطرق المعتادة فى الاختبارات الحقلية فى حالة تواجد التربة الانهيارية .

٥-٣-٢-٤-١ تجارب الاختراق

من المعتاد استخدام كل من اختبار الاختراق القياسى واختبار المخروط الديناميكى لقياس الكثافة النسبية للتربة الغير متماسكة . ومن أهم العوامل التى تؤثر على نتائج تجارب الاختراق الحقلية فى حالة التربة القابلة للإنهيار هو درجة الترابط بين حبيبات التربة ، حيث أن هذا الترابط عادة يؤدى إلى زيادة عدد الضربات مما ينتج عنه تقدير قيمة الكثافة الحقلية أكثر من الواقع . وقد تكون درجة الترابط شديدة إلى الحد الذى يصعب معه اجراء تجارب الاختراق أو حتى عدم امكان اجرائها . ومن الممكن باتباع اسلوب خاص الحصول على عدد دقات الاختراق القياسى قبل وبعد الغمر بالماء . وفى هذه الحالة يمكن إعتبار النقص فى عدد الدقات نتيجة الغمر بالماء مقياساً للقابلية للانهيار .

٥-٣-٢-٤-٢ الكثافة الحقلية

تعتبر قيمة الكثافة الحقلية مؤشرا مفيدا لقابلية التربة على التغير الحجمى الضار وذلك للتربة المشبعة جزئيا بالماء . فمعرفة قيمة الكثافة الحقلية بالاضافة إلى نسبة الرطوبة الطبيعية لقطاع التربة من الممكن أن تدل على درجة القابلية أو بعض القيمة المتعلقة بظاهرة التغير الحجمى بما فى ذلك درجة الانهيار وبصفة عامة فأن الكثافة الحقلية للتربة الانهيارية عالية نسبيا فى حين أن محتوى الرطوبة الطبيعية قليل جدا . ومن الصعب تحديد قيم ثابتة لجميع أنواع التربة القابلة للإنهيار ومع ذلك يمكن الحصول على مثل هذه الحدود لاى نوع من التربة .

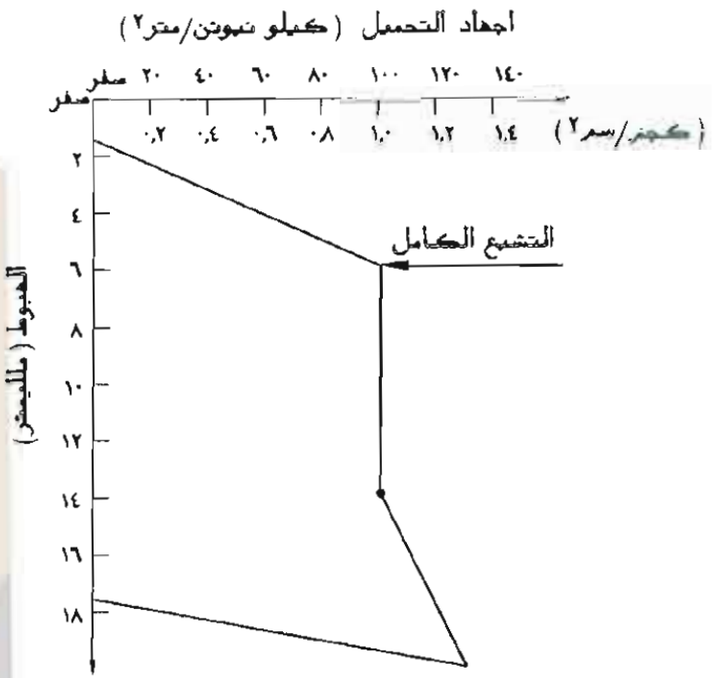
ومن الطرق القياسية لتعيين الكثافة الحقلية :

- من العينات الغير مقلقلة مباشرة .
- مخروط الرمل .
- البالون المطاط .
- الطرق النووية .

٥-٣-٢-٤-٣ اختبارات التحميل

عرفت اختبارات التحميل كأول التجارب الحقلية المستخدمة فى أبحاث التربة والصخور ، وتحتوى اسس تصميم رشروط تنفيذ المبانى عادة على هذا الاختبار بغرض التحقق من جهد التأسيس ومقاومة التربة للقص وانضغاطها ولتعيين معامل رد فعل التربة . ولقياس درجة الانهيار يمكن استخدام اختبارات تحميل اللوحات قطر ٣٠٠ مم على سبيل المثال . بحيث يجرى الاختبار عند مواقع مختارة وعلى أعماق فى حدود ١٫٠٠ إلى ٢٫٠٠ متر أو عند عمق التأسيس الموصى به عموما يتم تحميل اللوحة تدريجيا على مراحل مع تسجيل الهبوط المناظر لكل حمل . وعند ضغط معين (وليكن مساويا لاجهاد التأسيس المقترح) يتم غمر التربة أسفل اللوحة بالماء إلى درجة التشبع مع قياس الهبوط الحادث من الانهيار. ويبين الشكل رقم (٥-١٦) مثالا لنتيجة اختبار تحميل لوحى .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٥-١٦) الشكل العام لنتائج اختبار التحميل على لوحة

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 .

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

حيث :

S الهبوط الرأسى .

u نسبة بواسون للتربة (يمكن أن تفرض ٠,٣) .

P متوسط الجهد المؤثر .

r نصف قطر اللوحة الدائرية .

E معامل الانضغاط . Modulus of Compressibility

ويعكس الانخفاض فى معامل الانضغاط للتربة نتيجة التشبع قابلية التربة للانهيار ، وبالنظر إلى احتمال البلل الموضعى فى التربة القابلة للانهيار فأنه يوصى بأخذ الهبوط النسبى على أنه يساوى نصف الهبوط عند نسبة الرطوبة الطبيعية مضافا اليه الهبوط الحادث من الانهيار بالكامل .

يمكن عمل عدة اختبارات عند أماكن مختارة مع الغمر عند ضغوط مختلفة للحصول على علاقة بين الهبوط وجهد التحميل . ويستفاد من هذه العلاقة فى تحديد جهد تحميل التربة الامن فى ضوء الهبوط المسموح به لكل نوع من المنشآت .

٥-٣-٢-٤-٤ اختبارات برك الغمر

هذا الاختبار من الاختبارات الحقلية البسيطة التى يمكن اجراؤها أثناء استكشاف الموقع للتعرف على احتمال الهبوط الانهيارى وتناسب حالة المساحات الكبيرة وعندما تكون طبقات التربة القابلة للانهيار سطحية .

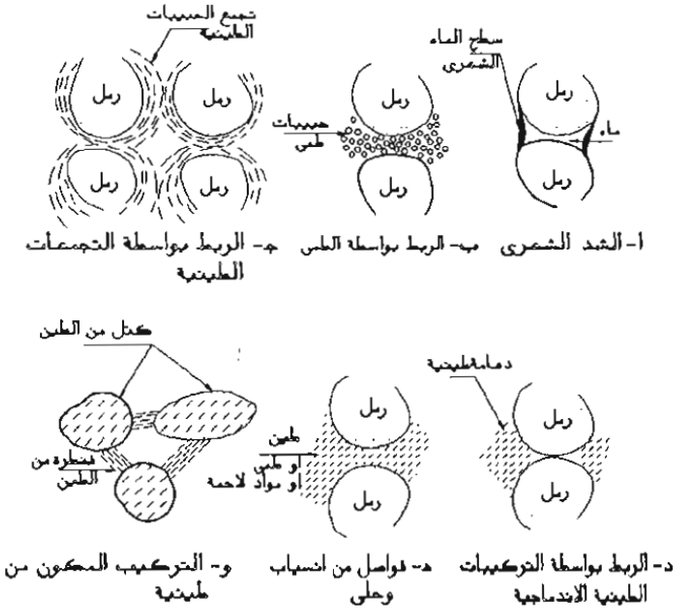
يتم تكوين سد ترابى صغير على مساحة ٦ متر X ٦ متر ويروى على فترات منتظمة سواء بالرش أو بالخرطوم لمدة ١٤ يوما . ويثبت ٥ أوتاد مساحية فى التربة ، ٤ منها فى الاركان وواحدة فى منتصف المساحة . ويتم رصد منسوب هذه الاوتاد يوميا بالنسبة لنقط ثابته . يستخدم اصطلاح سطح الارض "متزن" أو "غير متزن" اذا كان هبوط هذه الاوتاد صغيراً أو كبيرا على الترتيب .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1964

٥-٣-٣ الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للانهيار

٥-٣-٣-١ مقدمة

يمكن التعرف مبدئيا على التربة القابلة للانهيار بفحصها بالعين المجردة فى معظم الاحيان تكون التربة القابلة للانهيار متماسكة قليلا بحيث يمكن قطعها باليد وعند غمرها فى الماء تفقد هذا التماسك فى الحال . كذلك تحتوى التربة القابلة للانهيار دائما على نسبة صغيرة من المواد الناعمة مثل الطمى والطين وعموما ، تتميز ترسيبات التربة القابلة للانهيار بتركيب هيكلى كثير الفراغات مكون من حبيبات من الطمى والرمل كما فى شكل (٥-١٧) وتلعب بنية وتركيب حبيبات التربة دورا هاما فى سلوك التربة القابلة للانهيار .



شكل (٥-١٧) نماذج التكوينات الداخلية للتربة القابلة للانهيار

٥-٣-٣-٢ اختبارات التعرف على التربة القابلة للانهيار (اختبارات غير مباشرة)

٥-٣-٣-٢-١ الأختبارات البسيطة

من الأختبارات البسيطة التى يمكن اجرائها هى أخذ عينة فى حجم اليد من التربة المراد اختبارها وتقسم هذه الكمية إلى قطعتين ، وتسوى كل منهما حتى يصيرا متماثلتين فى الحجم . وبعد ذلك تبلل احدى القطعتين بالماء وتعجن باليد لتكون كرة رطبة ويمكن مقارنة الحجمين مرة أخرى فاذا كانت الكرة المبللة أصغر حجما فان ذلك يشير إلى احتمال وجود خاصية الانهيارية .

٥-٣-٣-٢-٢ اختبارات تعيين الخواص الطبيعية

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

(أ) نسبة الرطوبة الطبيعية

تتواجد التربة القابلة للانهيار فى المناطق الجافة وتتميز بأن نسبة رطوبتها الطبيعية منخفضة . لذلك كان من المهم تعيين نسبة الرطوبة الطبيعية لهذه الانواع 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 كثافاتها الجافة منخفضة ، وبوجود نسبة رطوبة طبيعية ضئيلة تكون الكثافة الطبيعية منخفضة كذلك وعادة تزداد القابلية للانهيار كلما قلت الكثافة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(جـ) حدود أتربرج

إذا كان من الممكن تعيين حدود اتربرج للتربة المختبرة فإنه يمكن الإستفادة بها فى توقع وجود خاصية الإنهيارية ، فإذا كانت نسبة الفراغات فى التربة كافية للإحتفاظ بنسبة رطوبة - عند تشبعها بالماء - مساوية لحد السيولة 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 غالبا ماتتكون من رمل ناعم وطمى بنسبة كبيرة قد يكون مختلطا بكميات قليلة من الطين . التحليل المنخلى بالطريقة الجافة قد يعطى نتائج مضللة لان الحبيبات الكبيرة عادة ماتكون مغلفة بمواد ناعمة لاصقة لذلك يوصى باستخدام الماء فى غسل الحبيبات فى التحليل المنخلى بالاضافة 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 جزئيا بالماء فى الطبيعة شئ أساسى بالنسبة لهذه الانواع من التربة . وهناك درجة تشبع حرجة يقل بعدها احتمال انهيارية التربة بينما ينعدم هذا الاحتمال اذا زادت درجة التشبع عنها . هذه القيمة تعتمد على التدرج الحبيبى وهناك حدود مستنتجة من الخبرة تشير إلى قيم درجة التشبع الحرجة وهى:

- للزلط الرفيع (١-٦ مم) درجة التشبع الحرجة ٦-١٠٪

- للرمل الطمىى الناعم (١٥٠ - ٢ ميكرون) درجة التشبع الحرجة ٥٠-٦٠٪

- للطمى الطينى (٢ - ٢ر. ميكرون) درجة التشبع الحرجة ٩٠-٩٥٪

وتتولد المشكلة الحقيقية من تغير قيمة الضغوط فى التربة بواسطة القوى الشعرية التى تنتج من تشبع التربة جزئيا .

٥-٣-٣-٣ تجارب قياس خصائص الأنهيار (اختبارات مباشرة)

٥-٣-٣-٣-١ تعيين جهد الأنهيار

أ- تجربة الإيدومتر

اعداد العينة للاختبار

عادة يستخدم جهاز الانضغاط (الايدومتر) لتعيين درجة قابلية التربة للانهيار ومن الاشياء الهامة فى التجربة العناية بوضع العينة فى حلقة الجهاز فيجب أن تكون الاقراص المسامية من النوع الذى لايمتص الماء (مثل النحاس) . ويكفى أن تبلل حلقات الجهاز بمسحها بأصبع مبتل .

يجب أن تقطع العينات بعناية من العينات الكتلية بحيث يمكن وضعها باحكام داخل حلقة جهاز الانضغاط مع ضرورة توافر شرطين : المحافظة على نسبة الرطوبة الطبيعية وعدم ترك أى مسافات بين جوانب العينة وجدار الحلقة وفى بداية الاختبار يجب تغطية العينة بغطاء رقيق من البلاستيك يتم الامساك حول خلية جهاز الانضغاط بواسطة حلقات مطاط وذلك للاحتفاظ بنسبة الرطوبة فى بداية الاختبار .

ومن المهم كذلك وضع العينة فى جهاز الانضغاط فى الاتجاه الصحيح للترسيب .

اجراء التجربة

فى هذا الاختبار يتم تحميل العينة فى جهاز الانضغاط عند نسبة الرطوبة الطبيعية وذلك باتباع الطريقة المعتادة فى اختبار الانضغاط حتى جهد ٢٠٠ كيلو نيوتن/م٢

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(٢كجم/سم٢) . وفى نهاية هذه المرحلة من التحميل يتم غمر العينة بالماء وتترك لمدة ٢٤ ساعة وبعدها يستأنف الاختبار حتى أقصى حمل . يبين الشكل رقم (٥-١٨) المنحنى الناتج من هذه الاختبار لتربة قابلة للانهيار .

ويعرف جهد الانهيار CP كما يلى :

$$CP\ \% = \frac{\Delta e_c}{1 + e_o} X\ 100 \qquad (٤-٥)$$

$$CP\ \% = \frac{\Delta H}{H_o} X\ 100 \qquad (٥-٥)$$

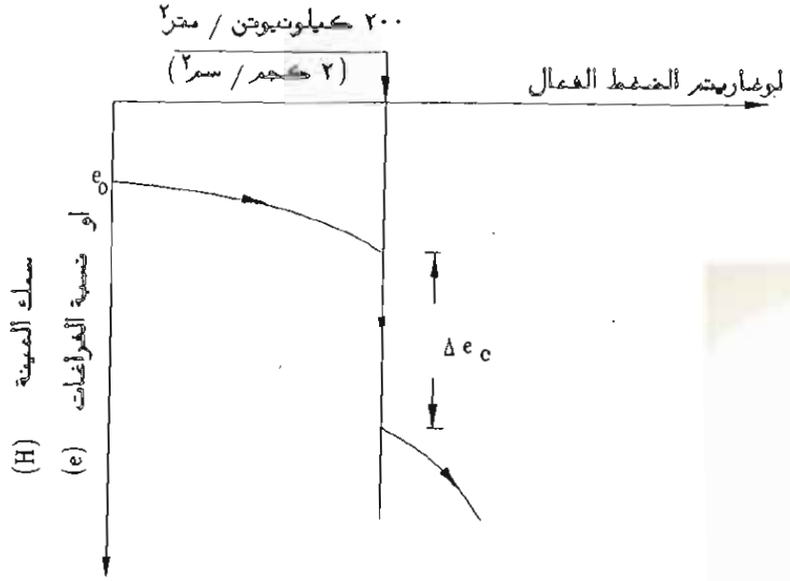
Δe_c التغير فى نسبة الفراغات نتيجة الغمر بالماء .

e_o نسبة الفراغات الطبيعية .

ΔH التغير فى سمك العينة نتيجة الغمر بالماء .

Ho الارتفاع الابتدائى للعينة .

أنظر بند رقم ٥-٣-١-٣ حيث أعطيت أرقام لقابلية الانهيار للاسترشاد بها مستنتجة من الخبرة .



شكل (٥-١٨) الشكل العام لنتائج إختبار القابلية للإنهيار

ب - تجربة الاستخدام المزدوج للايدومتر Double Oedometer Test

هو اختبار مقترح لحساب جهد انهيار التربة عند جهد معين . وفيه تؤخذ عينتين من نفس العينة الكتلية غير مقلقلة وتوضعا فى جهازى أيدومتر متماثلين .

تترك كل من العينتين لمدة ٢٤ ساعة تحت جهد خفيف قدره ١ كيلو نيوتن/ المتر المربع (١ ز. كجم/سم٢) ، وبعد مرور اليوم الأول يتم غمر إحدى العينتين بالماء فى حين تحفظ العينة الأخرى عند محتوى الرطوبة الطبيعية وتترك العينتين لمدة ٢٤ ساعة أخرى . ويتم بعد ذلك إستكمال إجراء الاختبار بالطريقة المعتادة فى تجربة التضاغط حتى أقصى حمل . ويمكن أيضا عمل دورة رفع الحمل - إعادة التحميل .

وحيث أن نسبة الفراغات الابتدائية للعينتين ليستا متساويتين بالضرورة ، فإنه يلزم عمل تصحيح لمنحنيات التضاغط والذى يعتمد على العديد من الافتراضات . وبمقارنة المنحنيين عند جهد معين فإنه يمكن إستنتاج قيمة جهد الانهيار عند هذا الجهد .

وبصفة عامة فإن الطرق المتاحة حتى الآن لتقدير جهد الانهيار باستخدام جهاز الايدومتر

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

هى طرق تقديرية . والذى يتوقف مقداره على عوامل كثيرة منها نسيج التربة والسمك المتوقع تشبعه تحت الأساسات . وبناء على ذلك فإنه يترك للمهندس الاستشارى ترجمة هذه المعلومات فى الطبيعة وأختيار طريقة التأسيس المناسبة وذلك بالنسبة للمشروعات العادية . أما فى المشروعات الكبيرة فإنه يفضل عدم الاعتماد على تجارب جهد الانهيار فقط وينصح بإجراء تجارب التحميل اللوحى فى الموقع تحت إشراف المهندس الاستشاوى للمشروع .

٥-٣-٣-٣-٢ تجربة مقاومة القص

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

٥-٣-٤ معالجة التربة وطرق التأسيس

٥-٣-٤-١ مقدمة

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للانهيار للتأسيس عليها بأساسات سطحية هى إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للانهيار بصورة مقبولة . وكذلك طرق التكثيف المختلفة سواء بالهرس السطحى أو الدق السطحى أو الاهتزاز مع الغمر . وإذا كانت قابلية التربة للانهيار عالية يفضل استبدالها بتربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الاستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة وإن كانت طرق التثبيت للتربة القابلة للانهيار مازالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .

أما إذا كان عمق الطبقات الإنهيارية لا يسمح من الناحية الأقتصادية بإستخدام الطرق السابقة فإنه يمكن أستعمال الأساسات العميقة إذا كان هناك تربة غير قابلة للإنهيار على عمق مناسب .

٥-٣-٤-٢ معالجة التربة

٥-٣-٤-٢-١ 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 .

٥-٣-٤-٢-٢ التكثيف بالهرس السطحى

Densification by Surface Rolling

(أ) هراسات الصدم Impact Rollers

أمكن تحقيق نتائج جيدة باستخدام هراسات الصدم مع بعض أنواع التربة الرملية القابلة للانهيار وقد أشارت هذه النتائج إلى أنه بعد ٣٠ مرة من مرور هراس صدم تم تحقيق كثافة تزيد عن ١٠٠٪ من الكثافة الخاصة بتجربة الدمك المعدلة فى عمق مابين صفر و ١٫٠٠ متر و 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 الاخرى مثل الرمل الطمبى المنقول بواسطة الهواء وزيادة الكثافة الناتجة عن استخدام هراسات الصدم يؤدى إلى تحسن كاف لخواص الانهيار مما يسمح باستخدام الاساسات السطحية التقليدية للمنشآت ذات الاحمال الخفيفة . وبصفة عامة فأنه يجب دراسة ظروف الموقع جيدا قبل تقرير ما اذا كان سيجدى باستخدام طريقة هراسات الصدم أم لا . وفى هذه الحالة يجب أخذ العوامل الاتية فى الاعتبار :

(١) يجب أن تكون التربة بالقرب من سطح الارض ذات مقاومة قص عالية لمقاومة انهيار التربة تحت تأثير عجل الهراس .

(٢) فى حالة وجود ترابط بين حبيبات التربة بواسطة مواد ناعمة مثل حبيبات الطين فأنه

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

يلزم التغلب على هذا الترابط أثناء الهرس باضافة الماء أو أى طريقة ميكانيكية أخرى .

(٣) من الافضل دائما وجود طبقة صلبة نسبيا أسفل طبقة التربة القابلة للانهيار وذلك ليعكس عليها جزء من طاقة الدمك مما يسهل عملية الدمك . وتوجد هذه الحالة فى الطبيعة كثيرا عندما توجد التربة القابلة للانهيار المنقولة فوق طبقات كثيفة من التربة المحتوية على مركبات الحديد .

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

(ب) الهراسات الاهتزازية Vibratory Rollers

اشارت النتائج التى أمكن الحصول عليها باستخدام هذه الهراسات بأنه بالرغم من استخدام أساليب مختلفة مع الهراسات الاهتزازية الا أن الكثافة على عمق حوالى ١٫٠٠ متر لم يمكن زيادتها بواسطة الهرس السطحى .

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 ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام الهراسات السطحية مع وضع كمية الماء المناسبة والتى تعطى أقصى كثافة جافة . ويعتمد عمق الطبقات المدموكة على احمال المنشآت ودرجة القابلية للانهيار للطبقات العميقة .

٥-٣-٤-٢-٣ التكثيف بالدق السطحى

Densification by Surface Ponding

يظهر من طبيعة التربة القابلة للانهيار أن طريقة الدق السطحى أو التى تسمى أيضا الدمك (التضاغط) الديناميكى (dynamic consolidation) تكون مناسبه تماما لتكثيف التربة ومع ذلك فأن هذه الطريقة غير شائعة بسبب ارتفاع تكلفتها .

تتوقف كفاءة هذه الطريقة على نوع التربة القابلة للانهيار وكذلك الطبقات الموجودة أسفلها .

٥-٣-٤-٢-٤ التكثيف بالاهتزاز مع الغمر Vibrofloatation

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

٥-٣-٤-٢-٥ استبدال التربة Soil Replacement

فى حالات ما تكون القابلية كبيرة للانهيار واذا لم تعطى أى من الطرق السابقة نتائج مرضية فأنه ينصح باستبدال التربة الطبيعية القابلة للانهيار . ويتوقف عمق الطبقات التى سيتم ازالتها على درجة الانهيار المتوقع حدوثه عند حمل التشغيل وعلى درجة تضاغط باقى التربة أسفل الجزء المستبدل . وعادة تبدل الطبقات السطحية برمل سيلسى جيد التدرج . وهذه الطريقة مكلفة نسبيا نظرا لانها تشتمل على تكاليف الحفر وأزالة التربة الطبيعية ونقلها ثم الاحلال والدمك ويجب بالطبع دمك تربة الاحلال على طبقات طبقا للمواصفات لتعطى جهد تحمل التربة المطلوب . وفى كثير من الاحيان فأنه يمكن استخدام نفس التربة الطبيعية المزالة فى حالة تأثرها بالدمك على طبقات وباستخدام نسبة الرطوبة المناسبة بحيث يقلل ذلك من درجة انهيارها إلى القيمة المسموح بها .

ويتم تعيين هذه القيمة معمليا على عينة تم دمكها (أنظر فقرة ٥-٣-٣-٣) .

ويمكن استخدام الانسجة الصناعية Geosynthetics لتقوية طبقات الاستبدال . وفى هذه الحالة يقل السمك الكلى لطبقات الاحلال وبحيث نحصل على نفس قدرة تحمل الطبقة للاجهادات . ويتوقف قرار استعمال الانسجة الصناعية مع تقليل سمك طبقة الاحلال أو عدم استعمالها مع زيادة السمك على دراسة مقارنة للتكاليف فى الحالتين . ويتوقف

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

اختيار النوع المناسب للانسجة الصناعية على نوع التربة والاحمال وقيمة الهبوط المسموح به للمنشأ . وينصح بعمل اختبارات حقلية أو معملية للمساعدة فى تعيين الامتداد الرأسى والافقى لطبقات الأنسجة الموضوعة فى داخل تربة الاستبدال . ويؤخذ فى الاعتبار مدى كفاءة الانسجة الصناعية مع الزمن .

٥-٣-٤-٢-٦ تثبيت التربة Soil Stabilization

بالنظر إلى طبيعة ظاهرة الانهيار يظهر أن استخدام بعض أنواع مثبتات التربة سيكون له تأثير جيد . وعموما يكون دور المادة المثبتة للتربة أما 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 الاخرى . ولم تتوفر حتى الان معلومات كافية عن نتائج مرضية نتيجة استخدام هذه الطريقة . وعلى هذا فأن طريقة تثبيت التربة من المجالات المفتوحة للبحث والتطبيق فى المستقبل القريب .

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

٥-٣-٤-٣-١ الاساسات السطحية

عندما تكون التربة ذات قابلية ضعيفة إلى متوسطة للانهيار بحيث يكون الهبوط المتوقع نتيجة انهيار التربة يمكن للاساسات مقاومته وتحمله بأمان فان الاساسات تصمم فى هذه الحالة لمقاومة هذا الهبوط المتوقع وتنفذ بدون أى من طرق معالجة التربة السالفة الذكر . ولكن كحد أدنى يتم غمر التربة عند منسوب التأسيس ودمكها ويمكن أيضا فى حالة التربة ذات طاقة الانهيار المتوسطة حفر أول ٠,٥ متر من التربة مع التقليب والغمر ثم إعادة دمكها قبل التأسيس عليها .

وفى مثل هذه الحالة يوصى عادة بتنفيذ هيكل جاسئ للمنشأ أى بنظام الهيكل ذو البلاطات والكمرات الساقطة وليس بنظام الاسقف المستوية .

(أ) القواعد المنفصلة

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

(ب) القواعد الشريطية

يفضل استخدام القواعد الشريطية من الخرسانة المسلحة فى كل من الاتجاهين الطولى والعرضى أى التى تكون على شكل شبكة مصبعة وذلك نظرا لجساءتها العالية وفى حالة تنفيذ قواعد شريطية فى الاتجاه الطولى فقط فأنه يلزم ربطها فى الاتجاة العرضى بواسطة سملات عالية الجساءة . ويجب أن يكون القطاع العرضى للقاعدة الشريطية المسلحة جاسئاً ذو عصب وأسى على شكل ⊥ .

(ج) أساسات اللبشة

من المفضل عموما عند التأسيس على التربة القابلة للانهيار تقليل الاجهادات على التربة بقدر الامكان .

ويجب أن تكون اللبشة عالية الجساءة لمقاومة فروق الهبوط الناتجة من انهيار التربة . ولذلك يفضل استعمال اللبشة المنفذة بنظام البلاطة والكمرات المقلوبة وليس بنظام البلاطة المستوية .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٣-٤-٣-٢ الاساسات العميقة

في 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 فأن نقل الاحمال الانشائية خلال طبقة التربة القابلة للانهيار بواسطة الخوازيق أو الآبار يكون حلا اقتصاديا فى الغالب .

وعند حساب حمل الخازوق يجب عدم الاعتماد نهائيا على مقاومة الاحتكاك على جوانب الخازوق فى التربة القابلة للانهيار . بل على العكس فأنه من الاصوب أن تؤخذ مقاومة الاحتكاك فى هذه الحالة على أنها مقاومة احتكاك سالبة تضاف إلى حمل الخازوق أو البئر من التربة القابلة للانهيار .

وقد تم استخدام الخوازيق المنفذة بالحفر لاساسات المبانى السكنية المبنية على طبقات قابلة للانهيار ، حيث ترتكز هذه الخوازيق على طبقات صلبة ، وفى بعض الحالات تم انهاء الخازوق داخل الطبقة القابلة للانهيار ذاتها ولكن عند أعماق معينة لا يتوقع حدوث زيادة فى نسبة رطوبتها بعد الانشاء . ذلك أنه من المعروف أن الزيادة فى نسبة الرطوبة للتربة الانهيارية هى العامل المباشر الذى يسبب بدء حدوث الهبوط الانهيارى للتربة .

وفى هذه الحالة الاخيرة يمكن اعتبار الخوازيق كموانع للهبوط حيث أنها تنقل الاحمال إلى طبقات أعمق لايحتمل أن تتعرض لزيادة نسبة رطوبتها . وعندما تكون الطبقات القابلة للانهيار عميقة (أكثر من ٥,٠٠ إلى ١٠,٠٠ متر) فأن نقل الاحمال خلال الطبقات القابلة الانهيارية غالبا مايكون حلا مكلفا . وفى هذه الحالة يمكن استخدام خوازيق دق بعمق محدود اذا كان ذلك يناسب نوع التربة الموجودة . ذلك أن تنفيذ خوازيق الدق ينتج عنه دمك للتربة بالموقع مما يؤدى بالتالى إلى تقليل القابليةللانهيار .

إلا أن هذا النوع من الخوازيق لايمكن تنفيذه فى طبقات التربة القابلة للانهيار شديدة التراابط بسبب مقاومة الاختراق العالية للتربة فى حالتها الجافة . أما اذا سمحت نوعية التربة بتنفيذ خوازيق دق بها فأنه يمكن أيضا نقل أحمال المنشآت إلى الطبقات الاعمق والتى قد تكون أيضا قابلة للانهيار ولكنها معرضة بدرجة أقل لزيادة محتوى الرطوبة .

٥-٤ الاساسات على التربة الطينية اللينة

٥-٤-١ مقدمة

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

تهدف هذه المقدمة إلى 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

أن مشكلة التربة الطينية اللينة ترجع إلى انخفاض مقاومتها لاجهادات القص والتى قد لاتتعدى ٥٠ كيلو نيوتن/متر مربع (٥ر٠ كجم / سم٢) هذا بجانب قابليتها العالية للانضغاط التى تسبب الهبوط الكبير للمنشآت وهذا الهبوط يستمر لمدة زمنية طويلة ويرجع هذا إلى قابلية الطين الكبيرة للهبوط الثانوى بالاضافة إلى خصائص الزحف للحبيبات .

يتوقف سلوك التربة الطينية اللينة تحت تأثير الاحمال على التركيب المعدنى للطين وخصائص نظام حبيبات الطين والمياه المحيطة بها وكذلك يعتمد على ظروف الترسيب والتاريخ الجيولوجى وتاريخ التحميل للطين .

٥-٤-١-٢ تعريفات

أن المصطلحات التالية ستستخدم لوضع الاشتراطات الفنية اللازمة لاستخدام التربة الطينية كتربة اساس .

HBRC Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-٤-١-٢-١ مصطلحات خاصة بمقاومة الطين للقص

(أ) معاملات مقاومة القص Shear Strength Parameters

أن مقاومة القص للتربة(τ_f) يعبر عنها بدلالة قوة التماسك (c) وبزاوية مقاومة القص (ϕ) باستخدام معادلة كولوم (Coulomb)

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

حيث :

σ'_f هو الاجهاد العمودى المؤثر على سطح الانهيار

(ب) مقاومة القص غير المصرفة Undrained Shear Strength

هى مقاومة القص للطين تحت ظروف عدم خروج الماء المسامى . بالنسبة للطين المشبع عند تعرضه للقص بدون خروج الماء فأن زاوية الاحتكاك الداخلى الظاهرية (ϕ) تساوى صفرا وفى هذه الحالة تكون مقاومة القص مساوية للتماسك الظاهرى (c_u) .

(جـ) مقاومة القص المصرفة Drained Shear Strength

هى مقاومة القص للطين تحت ظروف خروج الماء المسامى . وبالتالى فأن معاملات القص المقاسة تكون هى زاوية الاحتكاك الفعالة لمقاومة القص (ϕ') والتماسك الفعال (c') .

(د) الحساسية Sensitivity

هى النسبة بين مقاومة القص للطين فى حالته الطبيعية الغير مقلقلة إلي مقاومة القص له بعد اعادة تشكيله والمقاسة باستخدام تجربة الضغط الحر أو باستخدام تجربة القص المروحى .

(هـ) الطين القابل للإسالة Quick Clay

هو الطين الذى يتغير قوامه بالتشكيل من الحالة الصلبة إلى حالة السائل اللزج .

(و) خاصية استعادة القوام Thixotropy

هذه الخاصية تمثل عملية تبادل عكسى عند درجة حرارة ثابتة وتتوقف على الزمن وتحدث عند ظروف تركيب وحجم ثابت حيث تزيد مقاومة التربة مع الزمن فى حالة السكون وتتحول إلي حالة الليونة أو السيولة عند تعرضها للتشكل .

٥-٤-١-٢-٢ مصطلحات خاصة بتضاغط الطين

(أ) اجزاء الهبوط

(١) الهبوط المباشر Immediate Settlement

هو الهبوط الذى يحدث مباشرة بعد تطبيق الحمل . وبالنسبة للطين المشبع فان التشكلات تحدث فيه نتيجة اجهادات القص بدون تغير فى الحجم (بدون خروج الماء المسامى) .

(٢) الهبوط الناتج عن التضاغط Consolidation Settlement

هو الهبوط الناتج عن خروج الماء المسامى وانتقال الحمل إلى الهيكل الحبيبى . هذا الهبوط يتوقف على الزمن وينتج عنه تغير فى الحجم مصحوبا باجهادات قص .

(٣) هبوط التضاغط الثانوى Secondary Consolidation Settlement

يحدث معظم هذا الهبوط بعد تلاشى ضغط المياه المسامى كليا وعمليا فأن ذلك يحدث عندما تصل الضغوط الفعالة إلى قيم ثابتة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(ب) دليل الانضغاط (Cc) Compression Index

هو ميل المنحنى الذى يربط العلاقة بين نسبة الفراغات (e) ولوغاريتم الجهد (log p) المقابل لزيادة معينة فى الجهد .

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

(جـ) دليل اعادة الانضغاط (C_{cr}) Recompression Index

هو ميل منحنى اعادة الانضغاط الذى يربط بين نسبة الفراغات (e)ولوغاريتم جهد اعادة الانضغاط (log p) المقابل لزيادة معينة فى الجهد .

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

(د) معامل التضاغط (Cv) Coefficient of Consolidation

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

حيث :

T_v معامل زمن (ليس له وحدات)

t الزمن

h طول مسار خروج الماء

(هـ) معامل التغير الحجم (m_v)

(٥-١٠)

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

حيث :

e_o نسبة الفراغات الابتدائية

$\Delta \varepsilon_v$ الزيادة فى الانفعال الرأسى

ΔP الزيادة فى الاجهاد الرأسى عند منتصف طبقة الطين .

(و) معدل التضاغط الثانوى (C_α)

Rate of Secondary Conolidation

هو التغير فى نسبة الفراغات (e) المقابل لدورة زمن على المقياس اللوغاريتمى (log t).

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

(ز) نسبة سبق التضاغط (R) Over Consolidation Ratio

هى النسبة بين أقصى اجهاد تضاغط للطين (Pc) واجهاد التضاغط الحالى الواقع عليه (Po) .

$$R = \frac{P_c}{P_o} \qquad (٥-١٢)$$

٥-٤-١-٣ تصنيف التربة الطينية اللينة

يمكن تصنيف قوام الطين اللين بناءا على درجة قابلية الطين للتشكل (كطريقة سريعة فالموقع) بجانب قيمة مقاومة اجهادات القص والتى يمكن اجراءها باستخدام جهاز القص المروحى كما هو مبين فى الجدول (٥-٣) .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

جدول (٥-٣) تصنيف التربة الطينية اللينة طبقاً للقوام ومقاومة القص

قوام التربة	التجربة فى الحقل	مقاومة القص بدون خروج الماء (كيلونيوتن / متر مربع)
طين لين جداً	عند الضغط عليها داخل اليد فإنها تخرج من بين الأصابع	أقل من ٢٥
طين لين	يمكن أن تشكل عند تعرضها لضغط خفيف من الأصابع	٢٥ : ٥٠

٥-٤-٢ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

٥-٤-٢-١ مقدمة

أن اختيار طريقة استكشاف الموقع تتحكم فيها عوامل كثيرة مثل طبيعة الموقع ، المعدات وكفاءات الفنيين المتاحة وكذلك تكلفة الطرق المستخدمة ومع ذلك فأن طبيعة الاراضى والمتطلبات الفنية لاستكشافها تعتبر أهم هذه العوامل وعلى سبيل المثال اذا كانت الطبقة السطحية للموقع عبارة عن تربة لينة فأنه لايمكننا استخدام غير المعدات ذات الثقل الخفيف ، واذا كانت هذه المعدات غير فعالة فأنه يتحتم عمل طريق موصل لتحمل المعدات الثقيلة اللازمة لاستكشاف الموقع .

٥-٤-٢-٢ طرق استكشاف الموقع

قبل بداية عمل الجسات والحصول على عينات فأنه يفضل فى المشروعات الكبيرة التى يتوقع منها وجود طبقات طين لين أن تبدأ عملية اسكشاف الموقع بعدد من تجارب الجس (Soundings) والغرض من تجارب الجس هذه هو تحديد تتابع الطبقات ولتسهيل اختيار الاماكن التى يتواجد بها طبقات طينية أكثر ليونة والتى تحتاج لاجراء تجارب حقلية

مكثفة بها والحصول منها على عينات للتجارب المعملية أن أمكن . إن التربة الطينية الرخوة يسهل اختراقها باستخدام المعدات اليدوية وكذلك المعدات الميكانيكية الشائعة الاستعمال .

٥-٤-٢-٣ استخراج العينات

تعتمد تقنية أخذ العينات وكذلك الجهاز المستعمل فى ذلك يعتمد على نوع التربة والدرجة اللازمة للحصول على عينات غير مقلقلة . فى الواقع فان الحصول على عينات غير مقلقلة يعتبر من الناحية العملية شئ لايمكن تحققه ، ولكن يمكن اعتبار العينات ذات الجودة العالية والتى يتم الحصول عليها بطريقة تجعل تأثير العوامل التى تسبب قلقلة العينة أقل مايمكن بانها - عمليا - عينات غير مقلقلة .

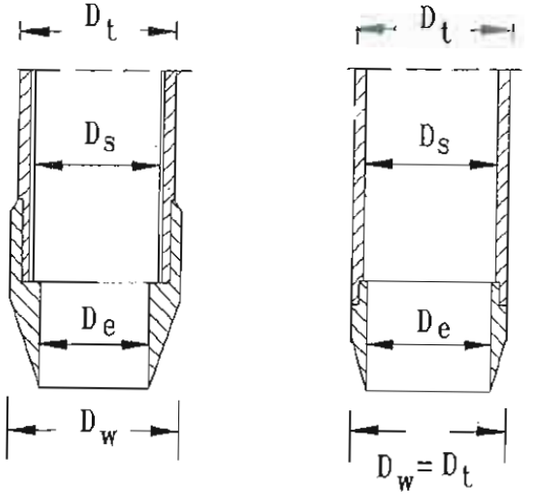
العينات الغير مقلقلة يمكن أن تعطى المعاملات اللازمة لمعرفة مقاومة وانضغاط التربة والتى تستخدم فى حل المشاكل الجيوتكنيكية . بالنسبة للعينات المقلقلة (أو المثلة لنوع التربة فقط) من الممكن أن تكون ذات قيمة أيضا لاعطاء معلومات عن التركيب الكيميائى ، واللدونة ونسبة الرطوبة المحتوية بجانب معلومات تفيد فى توصيف التربة .

فى بعض الحالات اذا تعذر الحصول على عينات غير مقلقلة من التربة الطينية الرخوة ، فإن المعلومات اللازمة يمكن الحصول عليها من العينات المقلقلة بجانب التجارب الحقلية .

٥-٤-٢-٣-١ أبعاد جهاز استخراج العينات

أن التشكلات التى تحدث للتربة اثناء أخذ العينات تسبب قلقلة عينات التربة . لذلك فإنه عند أخذ العينات من تربة طينية لينة فإن أبعاد جهاز أخذ العينات والموضحة فى شكل (٥-١٩) يجب أن تؤخذ فى الاعتبار كما يلى :

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٥-١٩) الأقطار الداخلية والخارجية لجهاز استخراج العينات

(أ) سمك اسطوانة الجهاز والحافة المسلوبة

أن الحجم المزاح أثناء عملية أخذ العينات يمكن التعبير عنه بدلالة نسبة المساحة "Ca" والتى تعرف بواسطة العلاقة :

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

حيث Dw , De هما القطر الخارجى وقطر دخول العينة على التوالى فى جهاز أخذ العينات الاسطوانى .

إن هذه النسبة فى حالة التربة الطينية الرخوة يجب أن تكون أقل مايمكن (لا تزيد عن ١٠ ٪) وذلك باستخدام اسطوانات ذات سمك رفيع . بالنسبة إلى جهاز أخذ العينات المركب فان هذه النسبة تكون أعلى نسبيا . لاسباب عملية فان الجزء السفلى من حافة القطع بأخذ عامة ميل يتراوح بين ٢٠ إلى ٤٥° حتى يمكن الحصول على سمك مناسب

لجدار اسطوانة الجهاز والذى يمنع ضرر أو تلف الجهاز أثناء أخذ العينات .

(ب) الخلوص الداخلى والخارجى

يعرف الخلوص الداخلى عادة بنسبة الخلوص الداخلى (Ci) باستخدام العلاقة التالية :

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

حيث Ds قطر الاسطوانة الداخلى ، De قطر حافة القطع

اذا كان أسطح الاسطوانة نظيفة وناعمة ومستوية فان قيمة نسبة الخلوص الداخلى المطلوب تتراوح بين ٠ر٥ - ٠ر١٪ لأخذ عينات لاعماق تصل إلى - ٢٠ر م وفى التربة الطينية غير الانتفاخية يجب ألا يقل القطر الداخلى للأسطوانة بأى حال عن القطر الداخلى لحافة القطع . أن نسبة الخلوص الكبيرة (٣٢٪) قد تسبب تشكلات فى العينات وانتفاخها وخاصة فى التربة التي تحتوى على غازات .

نسبة الخلوص الخارجى (Co) يمكن التعبير عنها بالعلاقة الاتية :

$$Co = \frac{Dw - Dt}{Dt} \qquad (٥-١٥)$$

حيث :

Dw يمثل أكبر قطر خارجى للجهاز (أو الحافة المستدقة) .

Dt هو القطر الخارجى لأسطوانة الجهاز . وعلى الرغم من الخلوص الخارجى يمكن أن يزيد من نسبة المساحة فإنه خلوص خارجى ذو قيمة تتراوح بين ٢-٣٪ يمكن آن يعطى ميزة للجهاز فى أخذ عينات الطين .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

وعامة فأن الخلوص الداخلى يؤثر فى مدى إحتكاك العينة مع السطح الداخلى للأسطوانة بينما يؤثر الخلوص الخارجى فى مدى الاحتكاك بين الجهاز والتربة التى يخترقها .

(جـ) نسبة الطول إلى قطر الجهاز

إن أفضل جودة للعينات يمكن الحصول عليها عندما يكون قطر الجهاز حوالى ١٠٠ مم أو أكبر ، إن النسب المثلى للطول إلى القطر والمقترحة لانواع من الطين ذات حساسيات (sensitivities) مختلفة مبينة كما يلى .

الحساسية	الطول / القطر
٣٠	٢٠
٣٠-٥	١٢
٥	١٠

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

٥-٤-٢-٣-٢ جهاز استخراج العينات المفتوح ذو الجدار رفيع السمك

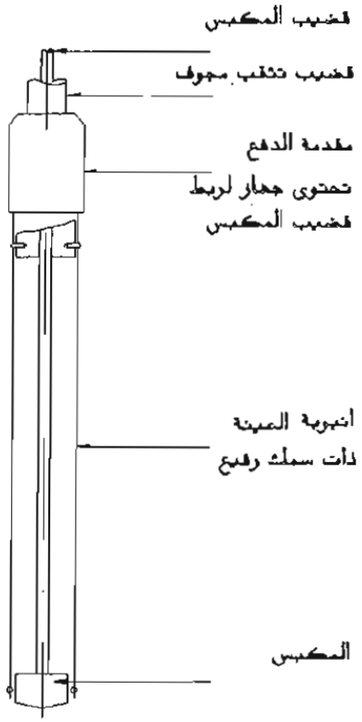
Open thin walled samplers

أن الجهاز ذو الانبوبة الاسطوانية ذات الجدار رفيع السمك والمزود بحافة قاطعة من أكثر الاجهزة شائعة الاستعمال للحصول على عينات غير مقلقلة من التربة الطينية اللينة . أن هذا الجهاز المعروف باسطوانة الشلبى (Shelby tube) يصل لقاع الجسة باستخدام قوة دفع هيدروليكية أو جهاز حفر أو أى طريقة لدفع الجهاز لاسفل .

أن جودة العينات التى يمكن الحصول عليها باستخدام جهاز العينات المفتوح تعتمد إلى حد كبير على الاهتمام بتنظيف قاع الجسة قبل أخذ العينات .

٥-٤-٢-٣-٣ جهاز استخراج العينات ذو المكبس Piston Samplers

إن جهاز آخذ العينات ذو المكبس يتيح لنا الحصول على عينات من الطين اللين ذات جودة أعلى من التى يمكن الحصول عليها بواسطة جهاز العينات المفتوح علارة على أن هذا النوع من أجهزة أخذ العينات يمكننا من الحصول على عينات بدون عمل حفر مسبق للجسة . التفاصيل الاساسية لجهاز أخذ العينات ذو المكبس مبينة فى شكل رقم (٥-٢٠) .

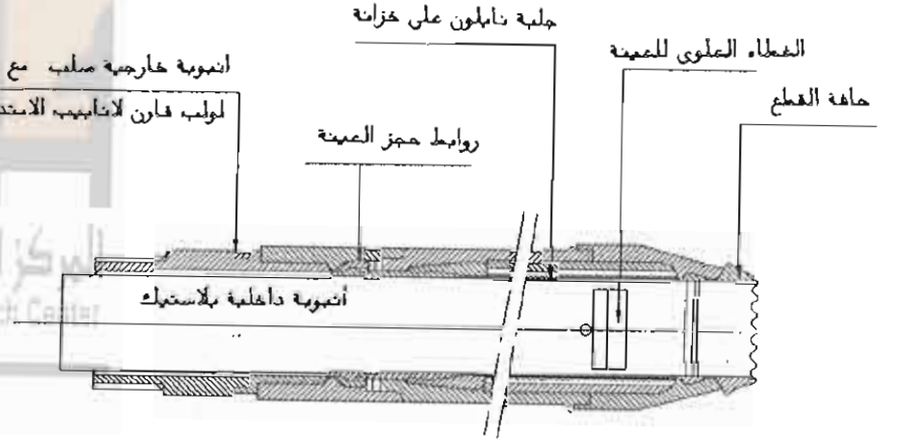


شكل (٥-٢٠) التفصيلات الأساسية لجهاز استخراج العينات ذو المكبس

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(أ) جهاز أستخراج العينات ذو المكبس المركب Composite piston sampler

فى بعض الاحيان قد تتواجد ترسيبات الطين اللين أسفل ترسيبات من الطين الجامد أو التربة ذات الحبيبات الكبيرة . فى هذه الحالة فانه للحصول على عينات غير مقلقلة مرضية من الطين اللين تحت هذه الظروف ، فانه يفضل استخدام جهاز أستخراج العينات المركب عن استخدام الجهاز والاسطوانة 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 . ويبين شكل رقم (٥-٢١) نوع من هذا الجهاز .



شكل (٥-٢١) التفصيلات الأساسية لجهاز استخراج العينات ذو المكبس المركب

(ب) خطوات أخذ العينات

أن خطوات أخذ العينة لها أهمية كبيرة اذا أخذ فى الاعتبار مقدار ما تتعرض له من القلقلة وتتبع الخطوات التالية أساسا عند استخدام جهاز آخذ العينات ذو المكبس :

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

(٢) يتم دفع الجهاز إلى أسفل قاع الجسة وعندما يصل إلى عمق العينة المطلوبة فانه يتم ايقاف المكبس ويتم دفع انبوبة الجهاز بقوة دفع استاتيكية حتى تتلاقى مقدمة الحفر مع السطح العلوى للمكبس . أن الماسك الاتوماتيكى الموجود فى مقدمة حفر الجهاز يمنع المكبس من السقوط وكذلك العينة أثناء سحب الجهاز لاعلى .

(٣) يجب ألا تقل سرعة الاختراق عن ١٠ر٠ متر / الدقيقة والا أنه ستتولد قوى التصاق قد تسبب قلقلة كبيرة للعينة .

(٤) لمنع فقد العينة ، فأن الجهاز يجب أن يترك ساكنا لعدة دقائق بعد أخذ العينة وقبل السحب وذلك للسماح بضغط المياه المسامى الزائد بالتلاشى اذا كان الجهاز غير مزود بميكانيكية للقطع ، فانه قبل سحب الجهاز لاعلى يجب ادارة 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 إلى السطح فانه يتم فصل مقدمة الجهاز مع مراعاة عدم اعطاء فرصة لتولد فراغ هوائى بين المكبس والعينة والذى قد يؤدى إلى تولد قوى شد على أعلى العينة . ويمكن منع حدوث مثل ذلك باستخدام اجهزة ميكانيكية خاصة ومنها على سبيل المثال :

- لولب تفريغ - الهواء والذى يمكن تثبيته مع المكبس .

- فى جهاز أخذ العينات المركب ، أنبوبة البطانة يمكن تقسيمها إلى عدة بطانات والجزء الذى يحتوى على المكبس يمكن فصله عن الاجزاء الاخرى والتى تحتوى على العينة .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

- وصلة سدود للهواء بين مقدمة العينة والانبوبة والتى يمكن وضعها أسفل الموضع العلوى للمكبس .

عند استخدام جهاز أخذ عينات فى التربة الطينية اللينة بطريقة الدفع للحصول على العينات متصلة بدون عمل حفر فى الجسة فان التربة فى حدود عمق يساوى ثلاث مرات قطر الجهاز على الاقل من أعلى وأسفل يجب ألا يستخدم لاجراء تجارب عليها نتيجة لتعرض التربة فى هذه المسافة للقلقلة .

بعد فصل أنبوبة العينة من الجهاز مباشرة يجب أن توضع علامة على الانبوبة تحدد اتجاه أعلى وأسفل العينة والمقابل تماما لاتجاه استخراج العينة ثم بعد ذلك يتم تشميعها جيدا

٥-٤-٢-٤ التجارب الحقلية

٥-٤-٢-٤-١ اختبار القص بجهاز المروحة Vane test

يعتبر اختبار المروحة (Vane test) من أفضل الوسائل لتعيين قوة مقاومة القص الغير مصروفة للطين اللين . إن الاختبار فى حد ذاته يسبب قلقلة قليلة نسبيا للتربة ويتم اجراء أسفل 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 إلى بعض القلقلة التى تؤثر فى تركيبه الانشائى والذى تعتمد عليه مقاومة القص إلى حد كبير .

لتجنب تأثير القلقلة إلى أقل حد ممكن فإنه يجب دفع جهاز المروحة أسفل قاع الحفر فى الجسة بمقدار لايقل عن ٦ مرات قطر الحفر قبل بدء التجربة من الناحية العملية فإن معدل دوران المروحة يجب ألا تزيد عن ٢ ,٠ درجة / ثانية كمعدل قياسى متفق عليه .

عند اجراء تجربة المروحة فى الطين الليس يجب أخذ الاحتياطات التالية فى الاعتبار .

(أ) لتقليل قلقلة التربة فان نسبة المساحة للمروحة (أى النسبة بين مساحة القطاع العرضى للريش إلى مساحة المسقط الافقى المكتسح بواسطة الريش) يجب إلا تزيد عن ١٫٠ . وبمعنى آخر ، فان المروحة يجب ألا تكون رفيعة جدا حتى يتوفر لها جساة كافية ضد الالتواء تمنع حدوث تشكلات على طول المروحة والذى قد يؤدى إلى انهيار قصف فى الطين القابل للإسالة .

(ب) يفضل استعمال المراوح المستطيلة التى ارتفاعها ضعف قطرها فى اختبار الطين اللين . حيث أن معظم مقاومة القص المقاسة بهذه المراوح تكون على مستويات رأسية فى الطين .

(جـ) يتم قياس عزم اللى المطبق لجهاز المروحة عند سطح الارض لذلك فانه عند استخدام مثقاب مروحة فيجب أن يتم ادخال قضبان المروحة فى أنابيب أو مواسير مع مراعاة تقليل الاحتكاك الميكانيكى إلى أقل قدر ممكن لتلاشى الاخطاء فى قراءات عزم اللى . كما يجب عمل معايرة للجهاز للتصحيح ضد أى احتكاك .

(د) أن مقاومة القص المقاسة تزداد قيمتها بزيادة الوقت الذى تترك فيه المروحة داخل التربة قبل اجراء التجربة . لذلك فانه قد يكون من الضرورى التأكد أن هناك وقت ثابت قياسى حوالى ٥ دقائق بين ادخال المروحة وبداية التجربة .

(هـ) أن تسجيل قراءات كاملة لعلاقة الجهد والانفعال لتجارب المروحة فى الطين اللين عادة ما يكون مفيد فى تعريف أو توصيف ترسيب الطين ويساعد فى تفسير نتائج التجارب.

لقياس مقاومة التربة فى نفس مكان التجربة بعد اعادة تشكيلها فانه يتم ادارة المروحة حوالى ٢٥ مرة ثم يعاد اجراء التجربة مرة أخرى اذا كانت مقاومة القص المتبقية (residual strength) ذات فائدة فان تجربة المروحة على الطين الغير مقلقل يجب أن تستمر لاقصى انفعال حتى تقل قيمة عزم اللى إلى قيمة عظمى ثابتة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٤-٢-٤-٢ تجارب الاختراق Sounding Tests

أن تجارب الاختراق الاستاتيكية هى ذات فائدة لتعيين قوة مقاومة القص فى الطين اللين ، حيث أنها لا تسبب القلقلة فى التربة مقارنة بالطرق الأخرى ومن أمثلة تجارب الاختراق الاستاتيكية التى يفضل استخدامها فى الطين اللين :

تجربة الجس بالثقل (The weight sounding test) وتجربة الاختراق بالمخروط (Cone Penetration test) .

٥-٤-٢-٤-٣ تجربة النفاذية

يمكن اجراء تجربة النفاذية فى الحقل للطين اللين باستخدام البيزومتر الهيدرولكى (hydraulic piezometer) ويتم تركيبه بالدفع فى الطين بدون عمل جسة مسبقا ، ثم تجرى فيه تجربة قياس النفاذية تحت تأثير علوى متناقص (Falling head permeability test) ويجب ألا يكون ضغط المياه المطبق إلى البيزومتر من سطح الارض عالى جدا حتى لايسبب انكسار هيدروليكى لذلك فانه يوصى بألا تتعدى الزيادة الكلية فى ضغط المياه عن نصف ضغط العبء الفعال ، ثم تحلل النتائج طبقا للمعادلة المستنتجة للنفاذية من البيزومتر .

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

٥-٤-٣ إعتبارات خاصة بالاختبارات المعملية للتربة الطينية اللينة

٥-٤-٣-١ مقدمة

إن اختيار وتحضير وأختبار العينات الغير مقلقلة فى المعمل يمثل مرحلة مكملة لمرحلة استكشاف الموقع . والبرنامج المعملى يجب تنفيذه تحت اشراف 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 تأثرا بالقلقلة اثناء استخراج العينات ونقلها وتخزينها وأكثر تعرضا للتغيرات فى محتوى الماء اثناء استخراج العينات واثناء اجراء التجارب لذلك يجب اعطاء عناية لعينات الطين اللين حتى لاتحدث بها قلقلة قبل اجراء التجارب وخاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية .

وفيما يلى نستعرض الاحتياطات اللازم إتخاذها أثناء إجراء الاختبارات المعملية مع العوامل المؤثرة على قياس الخواص وبعض التجارب الخاصة بالطين اللين .

٥-٤-٣-٢ محتوى الماء والكثافة وحدود القوام

قد يحتوى الطين اللين على مواد عضوية لذلك يجب اجراء التجارب التى تعتمد على محتوى الماء الموجود بالعينة بعناية شديدة (مثل محتوى الماء - الكثافة - حدود القوام).

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

ويمكن التفرقة بين الطين العضوى والغير عضوى بإجراء تجربتين لحد السيولة على نفس الطين . والتجربة الاولى تجرى على عينة طبيعية مجففة فى الهواء والآخرى تجرى على عينة مجففة بالفرن واذا كان حد السيولة للعينة المجففة بالفرن أقل بأكثر من ٢٠٪ من حد السيولة للعينة المجففة فى الهواء تعتبر التربة الطينية عضوية .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٤-٣-٣ التدرج الحبيبى

تكون بعض أنواع التربة الطينية اللينة من حبيبات ذات قطر مكافئ أقل من ٠,٠٠٢ مم وهى التى تعرف بالطين الدهنى وهذه الحبيبات طبقا لقانون ستوك وكما وجد عمليا قد تترسب فى خلال مدة زمنية طويلة خلال تجربة الهيدرومتر أو التحليل الميكانيكى بطريقة الترسيب حتى مع استعمال عامل مفرق جيد . لذلك قد تؤدى طريقة التحليل الميكانيكى بالترسيب إلى نتائج غير صحيحة ويفضل استعمال طريقة الطرد المركزى .

٥-٤-٣-٤ العوامل المؤثرة على الخواص المقاسة

٥-٤-٣-٤-١ تجربة التضاغط

(أ) سمك العينة

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

(ب) تأثير الاحتكاك على الحلقة

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

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

(جـ) تأثير مادة الحلقة

الحلقات النحاس ممكن أن تولد تأثيرات كهربائية مع المياه المحيطة بالعينة ومع المياه المسامية .ولتجنب هذا يفضل استعمال حلقات مصنوعة من الصلب العالى المقاومة الغير قابل للصدأ أو النحاس المطلى أو اللوسيت .

(د) درجة حرارة العينة المختبرة

إن درجة حراوة 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 .

(و) قلقلة العينات

فى حالة الطين اللين فإن قلقلة العينات تؤدى إلى قياسات انضغاط أقل بكثير من الحقيقة . لذلك فان اجراء التضاغط على الطين اللين يتطلب عناية شديدة جدا اثناء أعداد العينة للاختبار حتى يحدث بها أقل قلقلة ممكنة .

وأنواع كثيرة من الطين اللين والحساس عند انفعالات صغيرة تظهر اجهاد قص حرج وهو فى احوال كثيرة يتحكم فى تصرفاتها .

وقد يتلاشى إجهاد القص الحرج اذا تعرض الطين لانفعالات صغيرة اثناء اعداد العينة للتجربة وأثناء تداولها فى المعمل . هذا بالاضافة إلى تغير محتوى الرطوبة بالعينة اذا حدثت أى قلقلة وهذا يؤدى إلى اخطاء كثيرة فى نتائج التجربة .

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-٤-٣-٤-٣-٢ تجارب القص الغير مصروفة

(أ) جهاز المحاور الثلاثة Triaxial Apparatus

لوضع عينة الطين على قاعدة الجهاز يجب أولا التأكد من خروج كل فقاعات الهواء من المجارى بقاعدة الجهاز وتقفل بعد ذلك المحابس المتصلة بالقاعدة . توضع العينة على قاعدة الجهاز بعد ذلك وتغلف بغشاء من المطاط ويؤثر بضغط سالب لتفريغ الهواء بين العينة والغشاء المطاط .

وفى حالة الطين اللين يستعمل ضغط عكسى فى المياه المسامية لاحداث التضاغط وقد وجد أن أنسب ضغط يستعمل هو ٢٠٠ ك نيوتن/متر مربع (٢ر٠٠ كجم/سم٢) .

(ب) جهاز المخروط الساقط Falling Cone Apparatus

هذا الجهاز قد صمم لقياس مقاومة القص للطين اللين فى المعمل وفى هذه التجربة يترك مخروط صلب ليخترق عينة غير متقلقلة من الطين اللين (إذا أمكن الحصول عليها)ويكون فى وضع ابتدائى ملامس لسطح الطين ويؤخذ اختراق المخروط بالمليميتر كمقياس لمقاومة القص للطين وكمقياس لقوام الطين .

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

$$Su = \frac{H}{3.6+0.0064\ H} \quad kN/m^2 \qquad (١٦-٥)$$

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

(أ) الزمن اللازم للانهيار فى حالة تجربة القص الغير مصروف ومعدل اجراء التجربة-

كلما كان الزمن الذى يمر حتى يحدث الانهيار فى حالة القص بدون هروب الماء كبيرا كانت مقاومة القص أقل لذلك يجب أخذ هذا العامل فى الاعتبار وكلما كان معامل اللدونة كبيرا كلما كان معامل التصحيح لتخفيض مقاومة القص المقاسة فى المعمل كبيرا وهذا التخفيض فى قيمة مقاومة القص يكون نتيجة الزيادة فى الضغط المسامى بزيادة الزمن حتى يحدث الانهيار .

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

١- تجارب القص فى جهاز الثلاث محاور اذا اجريت بسرعة (بمعدل أنفعال أكبر من ٢٪ فى الدقيقة) تظهر قيمة علوية قصوى واضحة فى منحنى الاجهاد والانفعال واذا اجريت التجارب ببطء قد لاتظهر هذه القيمة العلوية .

٢- لوحظ نقص فى مقاومة القص بدون هروب الماء للطين اللين المقلقل حوالى ٥٪ فى مقاومة القص المقاسة بجهاز الثلاث محاور وهذا اذا نقص معدل الانفعال إلى عشر قيمته .

٣- فى حالة الطين الغير مقلقل يكون النقص فى المقاومة المقاسة بجهاز الثلاث محاور حوالى ١٥٪ اذا نقص معدل الانفعال إلى عشر قيمته .

٤- يمكن أن يؤخذ معدل الانفعال المحورى ٥ر٠٪ أو أقل فى حالة تجارب القص بدون هروب ماء للعينات ذات قطر ٣٨ مم وطول ٧٦ مم .

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

(ب) تأثير عدم التماثل

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

١- عدم التماثل فى تكوين الطين فى الطبيعة وهذا يؤدى إلى اجهادات مؤثرة مختلفة داخل العينة أثناء اختباراتها وبالتالى يؤدى إلى مقاومة قص مختلفة .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٢- أن تكون حبيبات التربة فى الطبيعة ذات اتجاه محدد وهذا قد يؤدى لاختلاف فى مقاومة القص الذى يتوقف على زاوية ميل سطوح الكسر بالنسبة لإتجاه ترتيب الحبيبات .

(جـ) قلقلة العينات

اذا كانت العينات قد حدث لها قلقلة أثناء اعدادها لتجربة القص فان مقاومة القص المقاسة تكون أقل من مقاومة القص للطين خاصة فى الطين الحساس فى الطبيعة وهذا بالنسبة لجهاز معين وشروط معينة لاجراء التجربة لذلك يجب العناية اثناء استخراج العينات من الطبقة فى الطبيعة حتى يحدث بها أقل قلقلة ممكنة كذلك اثناء نقلها واعدادها للتجارب المعملية .

(د) حجم العينات

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

(هـ) تأثير ظروف التضاغط

إن مقاومة القص المستنتجة من تجارب القص فى المعمل تختلف عنها فى الموقع وهذا راجع إلى أن التضاغط عادة يحدث فى المعمل تحت تأثير حمل متساوى فى جميع الجهات فى جهاز الثلاث محاور وهذا يخالف ظروف التضاغط فى الطبيعة .

٥-٤-٤ معالجة التربة وطرق التأسيس

٥-٤-٤-١ مقدمة

عند التفكير فى تصميم واقامة منشأ على تربة طينية رخوة فان المهندس يحتاج إلى تحديد مدى امكانية تحسين خواص التربة بطريقة اقتصادية . فى هذا الجزء نتعرض لعدة طرق تستخدم لتحسين الخواص الهندسية للتربة الطينية الرخوة فى مصر . هذا بجانب

الاعتبارات الخاصة التى يجب مراعاتها عند تصميم أساس اللبشة والاساسات الخازوقية .

٥-٤-٤-٢ معالجة التربة

تستخدم طرق مختلفة لتحسين خواص التربة اللينة ومن هذه الطرق :

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

٢- المصارف الرأسية وتستخدم مع طريقة سبق التحميل . وهذه الطريقة منتشرة جدا حديثا بعد التطويرات التى حدثت فى أنواع المصارف .

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

٤- الطرق الكهربائية مثل الطريقة الإلكترو أو زموزية وطريقة تجميد التربة .

٥- التثبيت باستخدام الجير .

٦- الدمك الديناميكى وهذه الطريقة كانت تستخدم لانواع التربة ذات الحبيبات الخشنة (الرمل والزلط) ولكن حديثا جدا 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 يتم استعراض بعض الطرق الشائعة .

٥-٤-٤-٢-١ سبق التحميل

تتلخص طريقة تحسين خصائص التربة اللينة باستعمال طريقة سبق التحميل فى تحميل سطح الارض فى موقع المنشأ بحمل منتظم موزع قبل أنشاء المنشأ المراد اقامته . وتأثير

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1964

الحمل الموزع على طبقة الطين تقلص فى الاتى :

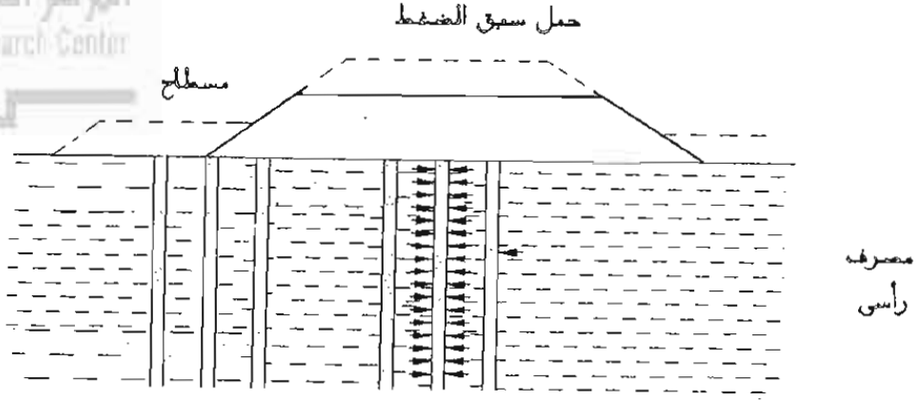
- هبوط ناتج عن التضاغط الاساسى .
- هبوط ناتج عن التضاغط الثانوى .
- زيادة مقاومة القص للطين الغير مصرف .

ويمكن أن يتم سبق التحميل بأحد الطريقتين :

- زيادة التحميل
- الانشاء على مراحل

٥-٤-٤-٢-٢ المصارف الرأسية

تستعمل المصارف الرأسية لطبقات الطين اللين السميكة حين تكون نسبة التضاغط الرئيسى إلى التضاغط الثانوى كبيرة تحت تأثير الاحمال المتوقعة وخاصة فى حالة الطين الذى له لدونه قليلة نسبيا . والمصارف الرأسية تستعمل مع طريقة سبق التحميل وهذا لزيادة سرعة التضاغط الرئيسى وهذا عن طريق تقصير مسار الصرف للمياه المسامية وهذا للاسراع من عملية التضاغط تحت الاحمال المعرض لها الطين شكل (٥-٢٢) .



شكل (٥-٢٢) تطبيق للمصرف الرأسى

(أ) كفاءة الصرف الرأسى

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

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

- أن الاحمال المعرض لها الطين $\left(\overline{\sigma}_{vo}+P\right)$ يجب أن تكون أكبر من اجهاد سبق التضاغط للطين $\overline{\sigma}_{vc}$.
- أن نسبة الهبوط نتيجة التضاغط الرئيسى إلى الهبوط نتيجة التضاغط الثانوى يجب أن تكون كبيرة .

وتعتمد كفاءة المصارف الرأسية إلى حد كبير على بعض خصائص الطين والتى تؤثر فى فاعليته وهى معامل النفاذية (K) ومعامل التضاغط (Cv) وتغيرهما بالنسبة للمسافة والزمن . تتميز ترسيبات الطين الحديثة عادة بوجود طبقات رقيقة جدا من الرمل والطمى عادة تزيد من كفاءة المصارف الرأسية حيث تعمل كمصارف افقية لما تتميز به من معامل نفاذية عالى نسبيا بالنسبة للطين .

- نسبة التضاغط الثانوى قليلة .
- وجود هذه الطبقات ذات سمك اكبر نسبيا أو على مسافات قريبة يقلل هذا 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 اقطار كبيرة .

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(ب) أنواع المصارف الرأسية

المصارف الرملية

تتراوح اقطار المصارف الرملية المستعملة من ١٨٠ مم 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 حديثا فى كثير من الاحيان بدلا من المصارف الرملية ومقارنة المصارف الرملية بالمصارف البلاستيك يتضح أن استعمال المصارف البلاستيك تحدث قلقلة أقل للطين وكذلك اذا حدث هبوط كبير لايؤثر على فاعلية المصرف البلاستيك .

٥-٤-٤-٢-٣ الدمك الديناميكى Dynamic Compaction

تتلخص عملية الدمك الديناميكى 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 تأثير احمال المنشأ . والاوزان المستعملة تتراوح بين (١٢٠-٢٠٠ كيلو نيوتن) (٢ر١--ر٢كجم/سم٢) وارتفاعات السقوط حوالى ٢٠ متر وكذلك يعجل الدمك الديناميكى من عملية التضاغط عن طريق احداث مسارات تصريف عديدة فى الطين ويمكن ايضا استعمال سبق التحميل مع الدمك الديناميكى ويعتمد التصميم فى هذه الحالة على الخبرة والتجربة .

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

٥-٤-٤-٣-١ الاساسات السطحية

الاساسات السطحية قليلا ما تستخدم فى حالة ما اذا كانت تربة التأسيس تتكون من طين لين جدا . 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 إلى حد ما وحمل المنشأ المراد اقامته قليل حيث يكون هذا النوع من الاساسات هو الحل الافضل من الناحية الاقتصادية كما هو موضح فى شكل (٥-٢٣) فانه يمكن الفرض بأن حمل المنشأ يتوزع بزاوية ٣٠ مع الرأسى وبالتالى فان الضغط على سطح طبقة الطين اللين (q) يمكن حسابه كما يلى :

للقواعد المربعة الدائرية :

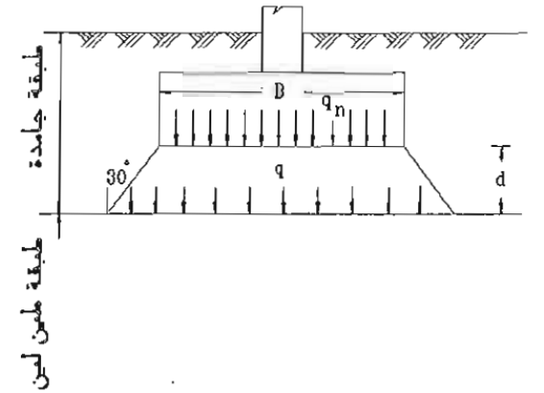
$$q = q_n \left(\frac{B}{B + 1.15\,d}\right)^2 \qquad (١٧-٥)$$

أو للقواعد الشريطية

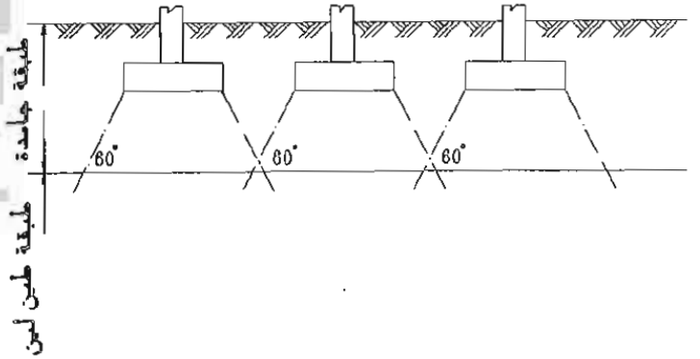
$$q = q_n \left(\frac{B}{B + 1.12\,d}\right) \qquad (١٨-٥)$$

قيمة الضغط (q) يجب ألا يزيد عن قدر التحمل الامان لطبقة الطين اللين كما يمكن تقليل قيمة الضغط الناتج عن المنشأ وذلك بزيادة ابعاد القواعد مع ملاحظة أن القواعد اذا اصبحت متقاربة جدا فان الضغط الناتج عن المنشأ على سطح طبقة الطين قد يتضاعف نتيجة تداخل توزيع الضغط كما هو واضح فى شكل (٥-٢٤) ولتجنب ذلك فانه قد يفضل استخدام القواعد الشريطية .

HBRC
مركز البحوث للإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٥-٢٣) أساسات منفصلة ترتكز على طبقة قوية تحتها طبقة ضعيفة



شكل (٥-٢٤) أساسات بينهم مسافات صغيرة

بالنسبة لاساسات اللبشة فانها اذا وضعت على العمق الذى يتساوى عنده الضغط الناتج من المنشأ بالضغط المقابل للتربة المزالة . فانه لن يحدث اية تغيرات فى التربة وبالتالى يتوقع هبوط قليل مقبول .

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

عند الحفر فى التربة الطينية اللينة لبدروم مبنى فان ازالة احمال التربة التى فوق منسوب التأسيس قد يسبب انتفاخ 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 امان عال كاف ضد انتفاخ الطين فى بعض الاحيان 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 من ٠,٥ إلى ٠,٦ يتراوح بين ٠,٠٣ X ١٠$^{-١٠}$ إلى ٠,٠٩ X ١٠$^{-١٠}$ متر/ثانية ، وهى تقريبا نفس القيم لمعامل النفاذية للتربة الطينية المحيطة باللبشة .

بالنسبة للتربة الطينية ذات النفاذية المنخفضة فأن وضع طبقة من الرمل أو الزلط بين أسفل اللبشة والطين قد يساعد على جعل ضغط المياه البينى فى هذه الطبقة الركامية مساوياً لمثيله فى الطين .

(أ) قدرة التحمل

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

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

$$q_u = S_u N_c + \sigma_{vb} \qquad (١٩-٥)$$

حيث :

Nc معامل قدرة التحمل ويمكن اخذه يساوى ٥,٧٠ .

Su مقاومة قص التربة الغير مصرف .

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

فى حالة الاساسات السطحية على طبقة جامدة فوق طين لين فان هناك احتمال حدوث انهيار نتيجة الضغط الزائد وسريان الطين فى اتجاة خارج المساحة المحملة ولذلك فانه ينصح باستخدام معامل امان فى الحدود من ٢,٥ - ٣,٠ لقدرة التحميل المسموح بها لضمان أن الهبوط المتوقع يكون فى الحدود المسموح بها ومع ذلك فانه يجب بصفة عامة حساب الهبوط حتى بالنسبة للمنشآت التى تعطى ضغوط قليلة على التربة .

(ب) الهبوط

أن الهبوط الكلى ينتج عامة عن الهبوط الفورى (immediate settlement) والهبوط الأساسى الناتج عن تضاغط التربة Consolidation settlement وهبوط التضاغط الثانوى secondary consolidation settlement بالنسبة للتربة الطينية الرخوة فان الهبوط الاساسى والهبوط الثانوى هما العاملان المؤثران .

الهبوط الاساسى يمكن حسابه باستخدام دليل الانضغاط Cc . كما يلى :

$$S = \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \frac{\bar{\sigma}_o + \overline{\Delta\sigma}}{\bar{\sigma}_o} \qquad (٢٠-٥)$$

حيث :

S الهبوط

C_c دليل الانضغاط المحسوب من المنحنى الحقلى

e_o نسبة الفراغات عند الضغط الابتدائى الفعال للتربة $\bar{\sigma}_o$

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

بالنسبة للهبوط الثانوى فان تجربة الانضغاط Consolidation test يجب ان يمتد اجراؤها لوقت طويل يسمح بالحصول على معامل الهبوط الثانوى .

٥-٤-٤-٣-٢ الاساسات العميقة

أن الخوازيق السابقة التجهيز تستخدم بصفة عامة فى حالة وجود الطين اللين وقد تستخدم الخوازيق ذات النهاية المنتفخة لزيادة مقاومة الارتكاز وكذلك لتقلل من تأثير الاحتكاك السطحى السالب على قدرة التحمل . وبالنسبة للخوازيق التى تصب فى الموقع فإنها تحتاج إلى غلاف دائم من المواسير لتلاشى حدوث إختناق للخرسانة وربما إلى سبق التشقيب لتفادى تأثير الدق عليا لخوازيق المجاورة . الخوازيق ذات الأقطار الكبيرة التى تصب فى الموقع تستخدم عادة فى التربة اللينة لتتحمل الاحمال الكبيرة المركزة .

الصدأ المحتمل للخوازيق الحديدية فى التربة الطينية اللينة أسفل وأعلى المياه الجوفية قليل وذلك نتيجة انخفاض معامل النفاذية للتربة .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(أ) تأثير اجهادات دق الخوازيق

عند اصطدام المطرقة بالخازوق فأنه يتولد موجه اجهادات تسرى إلى أسفل الخازوق بسرعة الصوت فى الطين.. أن موجة الضغط الابتدائية تنعكس عند نقطة فى الخازوق إلى موجة شد ، ولذلك فانه يتولد اجهادات شد عالية فى الجزء العلوى من الخازوق عند استخدام مطرقة خفيفة وعندما يكون ارتفاع السقوط كبير .

لذلك فان ارتفاع سقوط المطرقة يجب أن يكون صغير فى حالة التربة الطينية اللينة لمنع حدوث خضوع لحديد التسليح أو انفصال وصلات الخازوق نتيجة موجة الشد المنعكسة .

(ب) تأثير دق الخوازيق على مقاومة القص للتربة

نتيجة دق الخوازيق فان التربة حول الخازوق يحدث لها اعادة تشكل جزئى فى منطقة تمتد من مرة إلى مرتين قدر قطر الخازوق من سطح الأرض . وذلك يؤدى إلى ارتفاع ضغط المياه المسامى والذى قد يزيد فى هذه المنطقة عن ضعف عبء التربة الكلى . اعادة الانضغاط للتربة وماينتج عنه من استرجاع التربة لمقاومتها للقص بعد الدق عادة مايحدث بسرعة نتيجة للانحدار الهيدروليكى العالى فى التربة واحتمال رجود شروخ دائرية حول الخازوق اثناء الدق . ان مقاومة القص النهائية للتربة عند سطح الخازوق قد تزيد عن مقاومة القص الاصلية . حسابيا فأنه يمكن عامة فرض أن الطين يمكنه استرجاع مقاومته للقص فى فترة من شهر إلى ثلاثة اشهر بعد دق الخوازيق .

(ج) انتفاخ الارض واعادة التضاغط

Ground Heave and Reconsolidation

فى حالة مجموعة خوازيق متقاربة فى تربة طينية رخوة تعلو طبقة من الطين الجامد فان الجزء العلوى من كتلة الطين الرخو المحصورة بمجموعة الخوازيق يحدث لها انتفاخ كما هو مبين فى شكل (٥-٢٥).

الانتفاخ السطحى يؤدى إلى رفع الخوازيق المتقاربة اذا كانت قوة الدفع إلى أعلى تزيد عن مقاومة الجذب (الشد) للجزء السفلى للخازوق .

الانتفاخ خلال مجموعة خوازيق يؤخذ عادة مساويا إلى ٤٠ - ٥٠٪ من الحجم الكلى للخوازيق عندما يكون سطح الارض افقيا عادة مايظهر حوالى نصف الانتفاخ الكلى كانتفاخ سطحى خارج مجموعة الخوازيق .

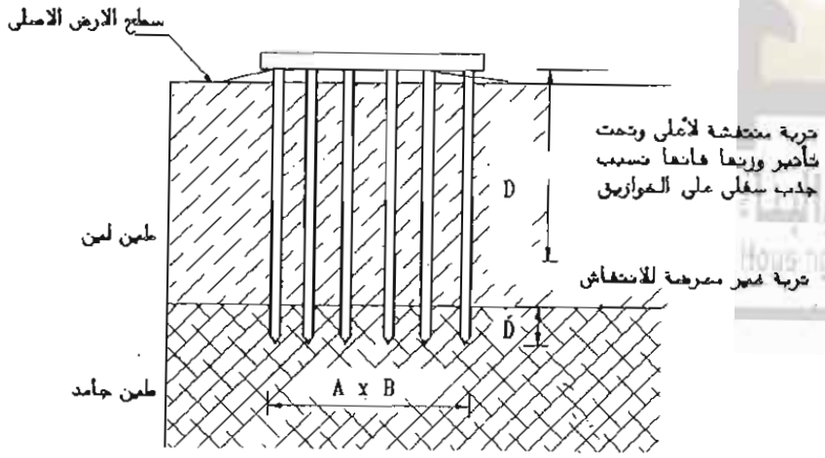
الحجم الكلى للانتفاخ عادة أقل من الحجم الكلى للخوازيق وذلك نتيجة للانخفاض السريع لضغوط المياه المسامية الزائدة بجانب انضغاط التربة اثناء عملية دق الخوازيق .

دق الخوازيق فى الطين اللين يؤدى إلى زيادة الضغط الجانبى للتربة تزداد قيمة هذا الضغط كلما تقاربت الخوازيق . لذلك فان خوازيق الجسور الملاصقة لدعامة الكوبرى تدق

عامة قبل دق الخوازيق الانشائية للكوبرى لتقليل الازاحة الجانبية للتربة وغالبا مايستخدم النمط ذو الشكل التبادلى لدق الخوازيق لدفع التربة افقيا بعيدا عن محور طريق الجسر .

إن اعادة الانضغاط للتربة وتلاشى ضغوط المياه المسامية الزائدة بعد دق الخوازيق تحدث بسرعة . ولذلك فان الهبوط الناتج غالبا مايكون له نفس مقدار الانتفاخ الذى سببه دق الخوازيق .

عندما يحدث الانضغاط فان وزن التربة المنتفخة ينتقل إلى الخوازيق وهذا يزيد من احمال الخوازيق . وهذا يوضح أن الجزء العلوى للطين اللين لايشارك فى قدرة التحمل للخوازيق (خاصة فى حالة خوازيق الارتكاز والاحتكاك) ايضا عند الاخذ فى الاعتبار السحب لاسفل لكل خازوق على حده فأنه يجب التذكر بان الانتفاخ واعادة الانضغاط يكونا كافيين ليسببا الاحتكاك السطحى السالب لحدوثه على الاجزاء العليا فقط من عامود الخازوق .



شكل (٥-٢٥) تأثيرات إنتفاخ التربة

على مجموعة من الخوازيق المندقة فى الطين

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(د) قدرة التحمل لخازوق ولمجموعة خوازيق فى الطين اللين

قدرة التحمل للخوازيق فى التربة الطينية اللينة تحسب عامة من مقاومة القص بدون صرف الماء والتى يمكن تقييمها من نتائج تجربة مروحة الحقل ، أو تجربة سقوط المخروط لا يمكن إستخدام نتائج من تجارب الاختراق الاستاتيكى أو الديناميكى أو 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 : الاولى الزمن المنقضى بين دق الخوازيق وبداية التحميل والثانية معدل التحميل الذى يؤثر على مقاومة الالتصاق بين الطين والخازوق .

اقصى قدرة تحمل للخازوق الخرسانى أو الحديد تصل عامة بعد ٤ إلى ٦شهور من نهاية دق الخوازيق عندما يكون دليل اللدونة للتربة (Ip) أقل من ٥٠٪ وبالنسبة للطين ذو دليل اللدونة العالى فان أقصى قدرة تصل عامة بعد شهرين إلى ثلاثة اشهر من نهاية دق الخوازيق .

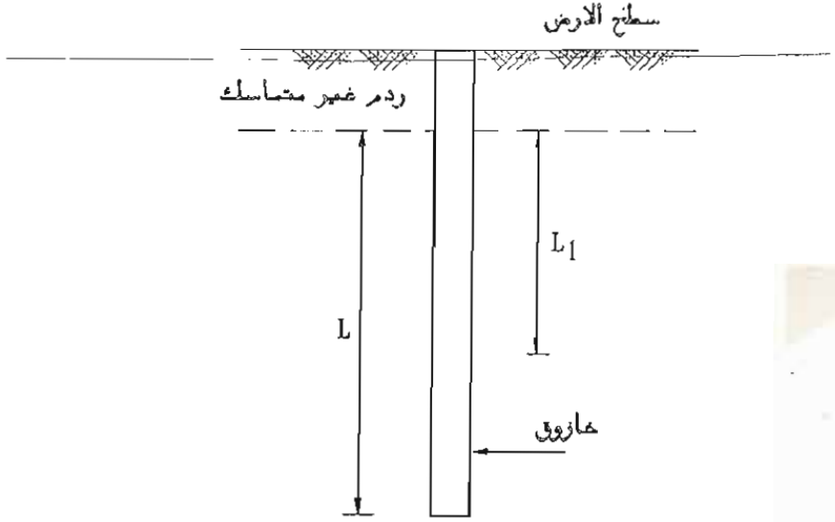
خوازيق المجموعات ذات نقط الارتكاز والتى تدق فى الطين اللين تصمم على اساس أن كل خازوق يعمل منفصلا دون أى تأثير للخوازيق المتجاورة .

(هـ) الاحتكاك السطحى السالب

أن هبوط التربة حول الخوازيق كنتيجة لقلقلة الدق أو خفض منسوب المياه الجوفية أو وضع ردم حول الخوازيق أو الاهتزازات يؤدى إلى زيادة أحمال الخوازيق ذات نقط الارتكاز .

وهذه القوى التى تعمل على جذب الخازوق لاسفل كأحتكاك سطحى سالب قد تؤدى إلى حدوث الانهيار لمجموعات الخوازيق .

لذلك فأنه يجب ان يتولد على سطح الخازوق مقاومة احتكاك موجبة زائدة لتعادل هذا الاحتكاك السالب المعاكس فى هذه الحالة فانه يمكن تقدير موضع نقطة التعادل تقريبا كما هو موضح فى شكل (٥-٢٦) كما يلى :



شكل (٥-٢٦) تولد الاحتكاك السالب على خازوق مفرد

بالنسبة لتربة انضغاطية يعلوها طبقة ردم من التربة الغير متماسكة (رمل أو زلط) فان العمق (L_1) إلى نقطة التعادل على الخازوق ذو الطول (L) المدق فى التربة الانضغاطية يمكن تقديره من العلاقة

$$L_1 = \frac{L}{\sqrt{2}} \qquad (٥-٢١)$$

(و) تتابع دق الخوازيق

أن أهمية تتابع دق الخوازيق يتوقف على مدى تأثير الازاحة الجانبية وكذلك انتفاخ سطح الارض . لذلك فأنه لدق مجموعة خوازيق لمنشأ فى مساحة محدودة فأنه قد يفضل ان يتم التتابع من الوسط إلى الجوانب .

أما بالنسبة لخوازيق الجسور فأنه يفضل أن يبدأ الدق بالخوازيق القريبة من الميل أولا ثم يستمر التتابع بعيدا عن الميل لان الخوازيق التى تدق أولا فى هذه الحالة تقلل من الازاحة الجانبية للتربة اسفل الميل .

HBRC
المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

(ز) خوازيق الجسور

خوازيق الجسور أو الردم ذو الاحمال الثقيلة تستخدم عادة لتقلل من الضغط الجانبى على خوازيق المنشأ .

عند استخدام هذا النوع من الخوازيق فى التربة اللينة فان تصميم وتنفيذ خوازيق الجسور يجب أن يتم بعناية كبيرة . أنه فى غاية الاهمية أن يؤخذ فى الاعتبار أن التربة وعتبة الخازوق الخرسانية والخازوق تعمل كوحدة واحدة . والمتطلبات الاتية يجب أخذها فى الاعتبار .

١- ضغط التراب الناتج عن رد الجسر يجب أن يقاوم باستخدام الخوازيق المائلة .

٢- قوى ردود فعل الخوازيق المائلة تؤخذ بواسطة المنشأ (غالبا مايكون الجسر) .

٣- ردم الجسر بين الاعتاب الخرسانية للخوازيق يجب الا يتعرض لاية ازاحة .

٤- يجب وضع الردم بطريقة لاتسمح بحدوث ازاحة للخوازيق واعتابها الخرسانية ، وعند وجود طبقات طين لين عليا فأنه يجب تثبيت رؤوس الخوازيق .

٥- أن تكون الخوازيق قادرة على حمل اوزان الجسر واية احمال محتملة اخرى .

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

المراجع

1- ALAMM SINGH, (1967). "Soil Engineering in Theory and Practice", Asia Publication House. P. 654.

2- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORATION OFFICIALS, (1978). "Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing", Part II, AASHTO, Washington, D.C.

3- BISHOP, A.W. and D.J. HENKLE, (1976). "The measurement of soil properties in the Triaxial Test"., ElBS, Edward Arnold (Publishers) LTD, P. 83.

4- BJERUM L., (1973). Problems of soil mechanics and construction on soft clays and structurally unstable soils (Collapsible, Expansive and others). Proc. 8th Int. Conf. on soil Mech. and Found. Eng., Moscow, 2.3, 111-159, Geotechnical Report.

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

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

7- BRAND, E.W. AND BRENNER R.P., (1981). "Soft Clay Engineering", Elsevier Scientific Publishing Company.

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

9- 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.

10- CANADIAN BUILDING CODE, (1975). National Research Council, Canada.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

11- CANADIAN MANUAL ON FOUNDATION ENGINEERING, (1975).

12- CHEN, F.H. (1975). "Foundation on Expansive Soils", Elsevier Scientific Publishing Company.

13- CLAYTON, C.R.I., SIMONS, N.E. & MATTHEWS (1982). " Site Investigation. A HandBook for Engineers", Granada, London.

14- DUDLEY J.H., (1970). "Review of Collapsible Soils" ASCE Journal Soil Mechanics and Foundation Engineering Div., SM3, pp. 925 - 947.

15- GILOT, J..E., (1968). "Clay in Engineering Geology " Elsevier Pub. Comp. London.

16- GRIM, R.E., (1962). "Applied clay mineralogy", McGraw-Hill Book Company, New york

17- GRIM, R.E. (1968). "Clay mineralogy", McGraw-Hill, Book Company, New York

18- HOLTZ, W.G. AND GIBBS, H.J., (1956). "Engineering Properties of Expansive Clays", Transactions, ASCE, 121: P. 661-677.

19- INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINERING, (1977). Report of the sub-committee on standardization of penetration Testing in Europe. Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Tokyo, 3: pp 95-120 .

20- JENNINGS, J.E., and KNIGHT, K. (1975). "A guide to Construction on or with materials Exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure". Proc. 6th Regional Conf. for Africa on Soil Mech. Found. Eng., Vol. 1, pp. 99-114, Durban

21- LEGGET and KARROW, (1983). "Handbook of Geology in Civil Engineering", Mc Graw Hill Book Comp., Canada, Chapter 52.

22- MATHEWSSON, C.C., (1981). "Engineering Geology"; Charles & Merill Publishing Comp., Toronto, London.

23- NAVFAC DM - 7.1 (1982)." Soil Mechanics Design Mannual 7.1", Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Virginia.

24- NAVFAC DM- 7.3, (1982). "Soil Dynamics, Deep Stabliization, and Special Geotechnical Construction", Design Manual 7.3, Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Virginia.

25- NORWEGIAN PILE COMMITTEE, (1973). "Guidelines for Pile Foundatrions", Norwegian Geotech. Inst. 108 pp.

26- PECK R.B., HANSON W.E. and THORNBURN T.H. (1974). "Foundation Engineering", 2 nd ed. Wiley, New York.

27- SOWERS, G.F., (1962). "Shallow Foundations In Foundation Engineering". Ed. G.A. Leonards, pp. 525-632. McGraw Hill, New York.

28- TERZAGHI, K. AND PECK, R.B. (1976). "Soil Mechanics in Engineering Practice", 2nd ed., Wiley, New York.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954