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

# الدليل الاسترشادى
# للكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
# (٢٢/٢٠٢)

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات
طبعة ٢٠٠٦

# الباب الأول

# دراسة الموقع

## ١/١ مقدمة

يهدف هذا الباب من الدليل الاسترشادى إلى توجيه المهندس وإرشاده إلى بنود وإشتراطات أعمال دراسة الموقع المنصوص عليها فى الجزء الأول من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الصادر بالقرار الوزارى رقم ١٣٩ لسنة ٢٠٠١ ، ويشتمل على طرق استطلاع الموقع ، وطرق تصنيف الصخور والتربة ، ونبذة عن أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية ، كما يتضمن أيضاً طرق استكشاف التربة والجسات وتوزيعها وأعماقها وأنواع العينات والحفر المكشوف ، وكذلك الاختبارات التى تجرى بالموقع ، وأجهزة القياس الحقلية ، والطرق الفيزيقية، وطرق قياس مناسيب المياه الأرضية والدراسات الكيميائية للتربة والمياه الأرضية . كما يشتمل هذا الباب على المتطلبات التى يلزم تحقيقها فى تقرير دراسة التربة والأساسات لأعمال المنشآت الأرضية .

ملحوظة : جميع أرقام البنود والجدوال والأشكال الواردة بهذا الباب من الدليل الاسترشادى هى أرقام البنود والجداول والأشكال بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الأول – دراسة الموقع.

## ٢/١ استطلاع الموقع

يعرض الجزء الأول من الكود فى بند (١/٢/١) الدراسات الاستكشافية للموقع التى تشتمل على:

( أ ) المساحة الطبوغرافية : يجب أن توضح الخرائط حدود الموقع والطرق المؤدية له والمنشآت المجاورة والمعالم الطبيعية . ويتم الحصول على الخرائط الطبوغرافية من الهيئة العامة للمساحة وما يتم إنتاجه بالمساحة الأرضية أو الجوية .

(ب) المعلومات الجيولوجية ومصادرها : وتشتمل على وصف الوحدات السطحية ، ثم وصف تتابعها حتى عمق مناسب ، وتحديد العوامل التى أثرت فيها ، والعوامل الجيولوجية ذات التأثير على المشروع . وبالنسبة إلى الجيولوجيا السطحية فإن مصادر هذه المعلومات هى الخرائط والتقارير الجيولوجية التى تصدرها الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية وشركات البترول والهيئات العلمية . أما بالنسبة للجيولوجيا تحت السطحية فيمكن تحديدها بالتنقيب واستخراج عينات لتحديد طبيعة الصخور ، أو من نفس المصادر المذكورة ، ويتم الحصول منها أيضاً على الخرائط التى تشير إلى وجود الفوالق والطيات والتشققات ... الخ .

(ج) المعلومات الجيومورفولوجية : وتتركز فى توضيح الوديان ومخرات السيول ومجارى المياه وخواص الترسيبات السطحية وأماكن الانهيارات الأرضية والمنحدارت الصخرية ومدى اتزانها .

(د) المعلومات الهيدرولوجية : وتشتمل على دراسات لخزانات المياه الجوفية وحركتها ونفاذية الوحدات الصخرية والتحليل الكيميائى والبكتريولوجى للمياه والآبار والسيول والبيانات المناخية .

(هـ) المسح الجيوفيزيقى : ويستخدم لعمل الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والخرائط التركيبية والهيدرولوجية .

### ٣/١ تصنيف الصخور

يوضح البنـد (١/٣/١) التصنيف الجيولوجي للصخور بأنواعها ويلخص ذلك فى جدول (١-١). أما التـصنيف الهندسي فيشتمل على مايلي :

(أ ) التصنيف طبقاً لدرجة الصلابة ( جدول ١-٢) : حيث تتحدد درجة الصلابة من الاختبارات المستخدم فيهـا الوسائل اليدوية بالموقع ، أو بتحديد قيمة الضغط المحورى معملياً .

(ب) التصنيف طبقاً لدرجة التجوية ( جدول ١-٣) : ويتم ذلك بالفحص اليدوى .

(ج) التصنيف طبقاً للنسيج الصخرى (جدول ١-٤) : ويتحدد ذلك من القطر المكافىء للحبيبات ( يتكون الصخر من حبيبات ومادة لاحمة ) .

(د) التصنيف طبقاً للمسافة بين أسطح الانفصال (جدول ١-٥) : ويتم ذلك بالقياس بالموقع.

(هـ) التصنيف طبقاً لحالة التشققات ( جدول ١-٦) : ويستخدم لهذا التصنيف معامل جودة الـصخر (R.Q.D) ومعايير السرعة .

ويبين جدول (١-٧) وزن وحدة الحجوم ونسبة الفراغات لبعض الصخور .

ويشتمل هذا البند أيضاً على أسلوب وصف الصخور الذى يتم بالترتيب الآتى :

الأسم – الصلابة – درجة التجوية – أسطح الانفصال – حجم الحبيبات – اللون .

### ٤/١ تصنيف التربة

يعرض هذا البند طرق تصنيف التربة طبقاً للآتى :

(أ ) مكوناتها بالنسبة لصخور الأساس : تصنف التربة إلى تربة متبقية وتربة منقولة .

(ب) عامل النقل : تصنف التربة إلى تربة هوائية – وأنواعها هى الكثبان الرملية وتربة اللويس، والتربة التثاقلية التى تتكون فى المناطق الصحراوية الجافة المتباينة التضاريس ، والتربة النهرية.

ويتضمن البند شرحاً لطبيعة هذه الأنواع من التربة ، ثم يتناول بند (٣/٤/١) التصنيف الهندسى للتربة بنوعيها :

(أ) التربة ذات الحبيبات الكبيرة :

يبين جدول (١-٨) تصنيف التربة طبقاً لمقاس الحبيبات .

يبين جدول (١-٩) التصنيف طبقاً للكثافة النسبية وحالة الدمك .

يبين جدول (١-١٠) تصنيف التربة طبقاً للتكوين الطبقى .

(ب) التربة دقيقة الحبيبات :

يبين جدول (١-١١) تصنيف التربة طبقاً للقوام .

ويشتمل البند على وصف التربة طبقاً للمظهر والتركيب ، ووصف التربة طبقاً لسلوكها .

ويتناول هذا البند أيضاً التصنيف المعملى للتربة وأسلوب توصيف التربة الخشنة ودقيقة الحبيبات، وينص على أن يتم توصيف التربة الحبيبية الخشنة بالترتيب التالى :

النوع – حجم الحبيبات – حالة دمك التربة – الإضافة – اللون . ( الإضافة هى الأنواع الأخرى من التربة المختلطة بالنوع الرئيسى بنسب مختلفة )

وبالنسبة إلى التربة دقيقة الحبيبات فيتم توصيفها بالترتيب التالى :
النوع – التكوين الطبقى أو المظهر – القوام – اللون .

### ١/٥ نبذة عن أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية وطبيعتها

يتضمن هذا البند المعلومات الرئيسية عن أنواع التربة فى الجمهورية وصفاتها الأساسية . و هذه الأنواع هي :

#### ١/٥/١ الرواسب النيلية

تتكون من رواسب نهر النيل فى سهله الفيض ، والترسيبات النيلية الساحلية ، والتربة العضوية .

#### ٢/٥/١ التربة الصحراوية

تتكون من الرمال المتماسكة أو المفككة ، والطبقات الطينية سواء ما يسمى بالحجر الطينى أو الطمىى أو مايعرف جيولوجياً بالطين الجامد ، أو المارل الذى يشتمل نسيجه عادة على معادن الطين –التى قد تكون من النوع القابل للانتفاخ – مع كربونات الكالسيوم .

### ٦/١ استكشاف التربة

#### ١/٦/١ يتضمن هذا البند:

( أ ) شرحاً للجسات وطرق تنفيذها موضحاً ذلك بالجدول رقم (١-١٢).
(ب) توزيع واختيار أماكن الجسات وعددها موضحاً ذلك بالجدول رقم (١-١٣).
(ج) متطلبات تحديد أعماق الجسات بالمواقع المختلفة موضحاً ذلك بالجدول رقم (١-١٤).

#### ٢/٦/١ الحفر المكشوف وضوابط استخدامه

يشتمل هذا البند على أسلوب الحفر المكشوف فى استكشاف التربة ويحدد ضوابط استخدامه .

#### ٣/٦/١ قطاع التربة

يعرض هذا البند ما يأتى :
( أ ) قطاعاً نموذجياً فى تربة صخرية موضحاً ذلك بالشكل رقم (١-١).
(ب) قطاعاً نموذجياً فى تربة صخرية موضحاً ذلك بالشكل رقم (١-٢).
(ج) أنواع التهشير المستخدم فى رسم قطاعات الجسات موضحاً ذلك بالشكل رقم (١-٣).

### ٧/١ أنواع العينات

يشتمل هذا البند على معدلات وطرق استخراج العينات المقلقلة وغير المقلقلة فى الجسات وفى الحفر المكشوف واستخراج عينات الصخر وعينات التربة بالشواطئ البحرية .

### ٨/١ اختبارات الموقع

يشتمل هذا البند على الآتى :

#### ١/٨/١ اختبار الاختراق القياسى

يوضح شكل (١-٤) ماسورة اختبار الاختراق القياسى Standard penetration test (SPT) وأخذ العينات ، ويشرح البند أدوات الاختبار والإعداد للاختبار والمعدات ، شاملة الملعقة القياسية وقضبان الدق ، ثم خطوات إجراء الاختبار وطريقة عرض النتائج .

ويتعرض البند أيضاً لشرح مزايا وعيوب الاختبار، ثم التصحيحات الواجبة لنتائجه ، ويشمل ذلك:

(أ ) تأثير عمل التجربة أسفل منسوب المياه الأرضية.

(ب) تأثير وزن عمود التربة الفعال أعلى منسوب الاختبار.

(ج ) تأثير قطر الحسة.

(د ) تأثير أطوال قضبان الدق.

ويتناول البند أيضاً تقدير بعض خواص ومعاملات التربة من نتائج اختبار الاختراق القياسى وتقدير قيم معاملات القص :

(أ ) تحديد قيم زاوية مقاومة القص والكثافة النسبية للرمل ، كما فى جدول (١-١٧) .

(ب) تقدير قيم الضغط غير المحاط للتربة الطينية كما فى جدول (١-١٨) وشكل (١-٦) .

(ج ) تقدير كثافة التربة الرملية ومقاومة القص ومعاملات قدرة تحمل التربة بمعرفة قيم (N) كما فى شكل (١-٧) .

#### ٢/٨/١ اختبار الاختراق بالمخروط الميكانيكي

يعرض هذا البند اختبار المخروط الديناميكي Dynamic cone test ويوضح مجالات استخدامه والمعدات ، ويوضح جدول (١-١٩) الأنواع المختلفة منه . ويشمل البند خطوات إجراء الاختبار ومشتملات تسجيل النتائج، ومزايا وعيوب هذا الاختبار ، ثم طريقة عرض النتائج . كما يعرض البند أيضاً طرق تقدير الكثافة النسبية للتربة من نتائج الاختبار مشيراً إلى التربة الرملية أو خليط الرمل والزلط فى حالة وجود وعدم وجود مياه أرضية .

#### ٣/٨/١ اختبار المخروط الاستاتيكى ( الهولندي )

يعرض هذا البند مجالات استخدام اختبار المخروط الاستاتيكى Cone penetration test (CPT) ويشرح المعدات وأنواع المخروط الموضحة فى الأشكال أرقام (١-٩)،(١-١٠)، (١-١١) ، كما يوضح طريقة عرض النتائج ، وطريقة تصنيف التربة باستخدام العلاقات البيانية فى شكل (١-١٢) . كما يعنى البند أيضاً بعرض المعادلات التى يمكن بواسطتها تقدير معامل التماسك © - بدون صرف مياه بينية – للتربة الطينية ، ومقاومة القص القصوى للرمل السليسى غير المتلاحم .

### ٤/٨/١ اختبار مقياس الضغط

يشتمل هذا البند على شرح لجهاز مقياس الضغط Pressuremeter ، ويعرض مجالات استخدامه ، والمعدات ، وطريقة وضع المجس فى التربة ، ثم طريقة إجراء الاختبار والتصحيحات اللازمة ، ثم طريقة عرض النتائج .

ويقدم البند المعادلات التى يمكن بواسطتها تحديد الآتى :

(أ ) معامل مقياس الانفعال للتربة.

(ب) معامل ضغط التربة الجانبى فى حالة السكون.

(ج ) قيمة معامل التماسك © للتربة المتماسكة المبين فى شكل (١-١٧) .

### ٥/٨/١ اختبار الديلاتومتر

يشرح هذا البند جهاز الديلاتومتر Dilatometer ومعداته ثم خطوات إجراء الاختبار ، ومزاياه . ويوضح البند كيفية إجراء التصحيحات اللازمة للنتائج وكيفية إجراء الحسابات وتقدير بعض معاملات وخواص التربة . ويوضح الجدول رقم (١-١٨) تصنيف التربة مستخدماً نتائج الاختبار ، واستخدام شكل (١-١٩) وشكل (١-٢٠) لتحديد نسبة التدعيم الزائد للتربة المتماسكة واستخدام شكل (١-٢١) لايجاد معامل ضغط التربة الجانبى فى حالة السكون .

### ٦/٨/١ اختبار لوح التحميل

يشرح هذا البند مجالات استخدام هذا الاختبار Plate load test والمعدات اللازمة ، وخطوات إجراء الاختبار للحصول على الآتى :

(أ ) قدرة تحمل التربة.

(ب) معامل رد فعل طبقة الأساس.

### ٧/٨/١ اختبار نفاذية التربة

يتعرض هذا البند لاختبار النفاذية للتربة بالموقع In-situ permeability test بنوعيه :

(أ ) اختبار عمود ضغط المياه المتغير.

(ب) اختبار ضغط المياه الثابت.

ويشرح لكل اختبار كيفية الإعداد له وإجراؤه ، وطريقة حساب النتائج ، وملاحظات على العوامل التى تؤثر على نتائج الاختبار .

ويوضح شكل (١-٢٦) قيم معامل المأخذ لحساب معامل النفاذية لعمود ضغط المياه المتغير ، ويوضح شكل رقم (١-٢٨) طريقة حساب النفاذية لضغط المياه المتغير .

### ٨/٨/١ اختبار القص بالمروحة

يشرح هذا البند مجال استخدام اختبار القص بالمروحة فى الموقع Field vane test وطريقة إجراؤه ، والمعدات ، ويوضح جدول (١-١٩) مقاسات المراوح المستخدمة فى الاختبار . ويشرح البند كيفية تقدير قوة

قص التربة من نتائجه ، ويوضح شكل رقم (١-٣٠) طريقة إيجاد معامل التصحيح اللازم . ويوضح البند أيضاً كيفية تسجيل النتائج وملاحظات عن ضوابط إجراء الاختبار .

### ٩/٨/١ اختبار قياس الكثافة فى الموقع

يستعرض هذا البند طريقتين لايجاد كثافة التربة فى الموقع وهما :

(أ ) طريقة القاطع التى تستخدم للتربة المتماسكة

(ب) طريقة مخروط الرمل التى تستخدم للتربة غير المتماسكة

ويوضح البند كيفية إجراء كل اختبار وحساب الكثافة وملاحظات تتضمن ضوابط إجراء الاختبار ويلخص الجدول رقم (أ) -بهذا الدليل الاسترشادى- الاختبارات الحقلية ومجالات استخدامها ومعاملات التربة المستنتجة منها.

### ٩/١ أجهزة القياس الحقلية

يتضمن البند مقدمة عن استخدامات أجهزة القياس الحقلية ثم أنواع القياسات وهى :

( أ ) تحديد قيمة الحركة ( رأسية أو أفقية) مع تحديد معدلاتها وتوزيعها.

(ب) قياس قيمة الضغط الهيدروستاتيكى.

(ج ) تحديد قيمة الاجهادات والانفعالات فى التربة.

(د ) تغيير الاجهادات فى التربة أو الصخور نتيجة لعمليات الانشاء أو أثنائها.

(هـ) قياس التغير فى مناسيب المياه الأرضية وحركتها .

ثم يتناول البند شرحاً لأنواع أجهزة القياس وهى :

(أ ) أجهزة للقياسات السطحية.

(ب) أجهزة للقياسات تحت السطحية ، وهى :

(ب-١) مقياس الميل.

(ب-٢) مقياس الهبوط أحادى النقطة.

(ب-٣) مقياس الهبوط المتعدد النقط.

(ب-٤) مقياس ضغط المياه.

### ١٠/١ الطرق الجيوفيزيقية لاختبار الموقع

تشمل هذه الطرق :

(أ ) المسح الكهربى

(ب) المسح السيزمى

بالنسبة للمساحة الكهربية يتناول البند بالشرح طريقة الجهد المتساوى ، وطرق المقاومة الكهربية ويوضح طريقة حساب المقاومة النوعية ( الكهربية ) للتربة .

بالنسبة للمسح السيزمى يوضح البند طريقة الانعكاس وطريقة الانكسار ، ويعطى جـــدول (١-٢١) سرعة انتقال الموجات الطولية فى بعض الصخور . ويوضح البند أنواع الموجات السيزمية ، ويعطى جدول (١-٢٢) سرعات موجات الضغط والقص فى بعض الصخور . ويشير البند إلى حدود الصلاحية لاستخدام المسح السيزمى .

**١١/١ طرق قياس مناسيب المياه الأرضية**

يشير البند أولاً إلى أهمية تحديد مناسيب المياه الأرضية ، ثم يتناول بالشرح كلاً من :

( أ ) البيزومترات.

(ب) الآبار المفتوحة.

(ج ) البيزومترات ذات المواسير الرأسية.

(د ) البيزومترات ذات النهايات المنفذة.

كما يستعرض البند تحديد مناسيب المياه وبيان اختلافها أثناء تنفيذ الجسة وبعد انتهائها . ويبين الجدول رقم (١-٢٣) مزايا وعيوب أنواع البيزومترات . وينوه البند عن تحديد اختلاف مناسيب المياه الأرضية مع الزمن فى الموقع ككل . ويتضمن البند أيضاً شرحاً لطرق قياس منسوب المياه وأخذ العينات منها .

**١٢/١ الدراسات الكيميائية لمواد التربة المكونه للبيئة المحيطة بالأساسات**

يحتوى هذا البند على مقدمة عن تكوين الخرسانة وتأثرها بالمواد الكيميائية المختلفة خاصة مع وجود المياه ، ثم سرد للمركبات الضارة بالخرسانة وهى :

(أ ) الأحماض الحرة وبعض الغازات التى تهاجم الخرسانة فى وجود الرطوبة.

(ب) الكبريتات.

(ج ) بعض أملاح الماغنسيوم.

( د ) أملاح الألومنيوم.

(هـ) الماء العذب.

( و ) الدهون والزيوت.

ويستعرض البند تواجد المواد المهاجمة للخرسانة سواء فى المياه الأرضية بأنواعها أو التربة أو الغازات ، ثم يتناول تقييم هذا التواجد ويبين الآتى :

**(أ ) المياه الأرضية :**

- الفحص الظاهرى.
- التحليل الكيميائى.
- حدود المكونات المهاجمة ( جدول ١-٢٤).

**(ب) التربة :**

- احتمال تواجد المواد الضارة.
- التحليل الكيميائى.
- التربة المهاجمة : ( يعطى جـــدول (١-٥٢) حـــدود وتقـــييم خطورة التربة المهاجمة على الخرسانة ).

(جـ) الغازات :

يوضح جدول (١-٢٦) درجة تأثر الخرسانة بالتربة والمياه المحتوية على تركيزات مختلفة من الكبريتات . ويوضح جدول (١-٢٧) درجة المهاجمة للخرسانة بالكبريتات فى وجود الكلوريدات. ويعطى جدول (١-٢٨) الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة ، ويتضمن نوع الأسمنت ومحتواه ونسبة الماء إلى الأسمنت للقيم المختلفة لمحتوى الكبريتات فى التربة والمياه الأرضية .

ويتضمن البند طرق أخذ عينة المياه أو التربة للتحليل الكيميائى وعناصر تحليل عينة المياه والتربة .

**١٣/١ المتطلبات التى يلزم تحقيقها فى تقرير دراسة التربة والأساسات لأعمال المنشآت الأرضية**

يتضمن هذا البند مايلى :

(أ ) مقدمة عن أهداف تقرير دراسة التربة والأساسات وأهميته.

(ب) الأقسام الرئيسية للتقرير :

يشـــرح هذا البند البيانات والمعلومات الواجب توافرها فى التقرير مصنفة تبعاً للأقسام الآتية :

(ب-١) القسم الإدارى : بيانات عن الجهات المشاركة فى المشروع.

(ب-٢) القسم التمهيدى : بيانات عن طبيعة المشروع.

(ب-٣) القسم الفنى العام : بيانات لها انعكاسات على التقييم الفنى للدراسة.

(ب-٤) القسم الفنى الجيوتقنى : تفاصيل الدراسة ( وصف الأعمال الحقلية - وصف طبيعة التربة - الاختبارات الحقلية - الاختبارات المعملية ).

(ب-٥) القسم الاستشارى : تحليل النتائج وإعطاء التوصيات.

(جـ ) اشتراطات عامة : ضوابط للشكل العام للتقرير .

جدول يبين أنواع الاختبارات الحقلية والمعاملات المستنتجة منها

| الاختبار | نوع التربة | المعاملات المستنتجة | رقم البند بالكود |
|---|---|---|---|
| الاختراق القياسي S.P.T. | - يفضل فى التربة الرملية | زاوية مقاومة القص $\phi$ | أ/٨/١/٨/١ |
| | - التربة الطينية | معامل التماسك $c_u$ | ب/٨/١/٨/١ |
| الاختراق الديناميكي | التربة الرملية | الكثافة النسبية $D_r$ | ٧/٢/٨/١ |
| المخروط الاستاتيكي C.P.T. | - التربة الطينية | معامل التماسك $c_u$ | أ/٦/٣/٨/١ |
| | - الرمل السليسى غير المتلاحم | زاوية مقاومة القص القصوى | ب/٦/٣/٨/١ |
| | - جميع الأنواع | تصنيف التربة | |
| مقياس الضغط | - جميع الأنواع | معامل مقياس الانفعال $E_p$ | أ/٨/٤/٨/١ |
| | - جميع الأنواع | معامل ضغط التربة فى حالة السكون $k_o$ | ب/٨/٤/٨/١ |
| | - التربة المتماسكة | معامل التماسك $c_u$ | ج/٨/٤/٨/١ |
| الديلاتومتر | - جميع الأنواع | تصنيف التربة | د/٦/٥/٨/١ |
| | - التربة الطينية | نسبة التدعيم الزائد O.C.R | هـ/٦/٥/٨/١ |
| | - التربة الطينية | معامل ضغط التربة فى حالة السكون $K_o$ | و/٦/٥/٨/١ |
| | - التربة الطينية | معامل التماسك $c_u$ | ز/٦/٥/٨/١ |
| لوح التحميل | التربة المتجانسة رملية أو طينية | قدرة تحمل التربة $q_u$ | أ/٣/٦/٨/١ |
| | | معامل رد فعل التربة لحساب الهبوط $k_s$ | ب/٣/٦/٨/١ |
| المروحة | - التربة الطينية | قوة القص $s_u$ | أ/٥/٨/٨/١ |
| قياس الكثافة بالقاطع بمخروط الرمل | - التربة المتماسكة | الكثافة الطبيعية $\gamma_b$ | ٢/٩/٨/١ |
| | - التربة الرملية | الكثافة الطبيعية $\gamma_b$ | ٣/٩/٨/١ |
| نفاذية التربة : | | | |
| عمود ضغط المياه المتغير | - التربة الرملية | معامل النفاذية k | ٣/٧/٨/١ |
| عمود ضغط المياه الثابت | - التربة المتماسكة | معامل النفاذية k | ٤/٧/٨/١ |

# الباب الثانى

# الاختبارات المعملية

## ١/٢ مقدمة عامة

يهدف هذا الباب من الدليل الاسترشادى إلى إعطاء نبذة مختصرة عن الاختبارات المعملية الواردة بالجزء الثانى من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم الأساسات الصادر بالقرار الوزارى رقم ١٣٩ لسنه ٢٠٠١ . والغرض من ذلك أن يكون المهندس الجيوتقنى على دراية تامة بالاختبارات المعملية المختلفة التى يمكن إجراؤها على عينات التربة المستخرجة من الموقع من أجل التعرف على خصائصها الطبيعية والميكانيكية وتحديد معاملاتها اللازمة فى عمليات التصميم .

وقبل استعراض الاختبارات المختلفة ، يوضح هذا الباب بعض القواعد العامة الخاصة بتصنيف التربة ووصفها وكيفية نقل العينات السليمة إلى المعمل .

وفى كل الأحوال يجب على المهندس – إذا لزم الأمر – الرجوع إلى الجزء الثانى من الكود المصرى المشار إليه سابقاً للوقوف على التفاصيل الدقيقة للاختبارات المعملية وكيفية إجرائها والنتائج المتوقعة منها .

## ٢/٢ تصنيف التربة

يجب على مهندسى الموقع القائمين بالإشراف على أعمال الجسات ، أو أعمال تنفيذ الأساسات أن يقوموا بتصنيف عينات التربة المستخرجة وذلك بفحصها جيداً وتسجيل طبيعتها ونوعها ، حيث أن هذه الخطوة تساعد كثيراً فى تفسير نتائج الاختبارات المعملية ، كما تساعد على كشف ما قد يحدث من أخطاء عند أخذ هذه العينات.

ويمكن تصنيف التربة إلى الأنواع التالية :

(أ) رجام Boulder وهو كتل من الصخر ذات قطر أكبر من ٢٠٠ مم .

(ب) ركام Cobble وهو كتل من الصخر ذات أقطار من ٦٠ إلى ٢٠٠ مم .

(ج) زلط ( حصى ) Gravel وهو تربة حبيبية تتراوح أقطارها من ٢ إلى ٦٠ مم .

ويشتمل الزلط على ثلاث أنواع تبعاً لمقاس الحبيبات : زلط كبير ( ٦٠ –٢٠مم ) ، وزلط متوسط ( ٢٠ – ٦ مم) وزلط رفيع ( ٦ – ٢ مم ) .

(د) رمل Sand وهو تربة تتراوح أقطار حبيباتها من ٠,٠٦ إلى ٢ مم وتنقسم إلى ثلاث أنواع : رمل خرش (٢ – ٠,٦ مم) ورمل متوسط ( ٠,٦ – ٠,٢ مم ) ورمل ناعم ( ٠,٢ – ٠,٠٦مم).

(هـ) طمى Silt وهو تربة تتراوح مقاس حبيباتها من ٠,٠٦ مم إلى ٠,٠٠٢ مم .

(و) طين Clay وهو تربة مقاس حبيباتها أقل من ٠,٠٠٢ مم ( ٢ ميكرون ) .

ويسمى النوعان الثالث والرابع (ج ، د) بالتربة غير المتماسكة Cohesionless أو التربة كبيرة الحبيبات Coarse grained soil نظراً لأنها لا تكون كتلة متماسكة ولا يمكن تشكيلها مهما كان محتواها المائى .

أما النوعان الأخيران (هـ ، و) فيطلق عليهما عموماً التربة المتماسكة Cohesive soil أو التربة دقيقة الحبيبات Fine grained soil لخاصية اللدونة التى تتميز بها ومن ثم قابليتها للتشكيل ويزداد تماسكها بتناقص محتواها المائى .

### ٣/٢ وصف التربة والتعرف عليها

قبل إجراء الاختبارات على العينات يجب وصف التربة والتعرف عليها . ويتم ذلك بالطرق المذكورة بالبند ٣/٤/١ المشار إليه فى هذا الدليل الاسترشادى .

### ٤/٢ حفظ عينات التربة ونقلها

يجب أخذ جميع الاحتياطات الممكنة لمنع تسرب الرطوبة من العينات حيث يؤثر ذلك بدرجة كبيرة على محتوى الماء الطبيعى وبالتالى على نتائج اختبارات الخواص الميكانيكية .

وجدير بالذكر أنه لنجاح أى تجارب معملية فلابد من أن يتم استخراج عينات التربة بطريقة سليمة وأن تصل هذه العينات إلى المعامل بحالة جيدة تضمن تمثيل العينات تمثيلاً تاماً لطبقات التربة التى أخذت منها ، وبدون ذلك فإن النتائج المستهدفة لن تحقق الأغراض التى أجريت من أجلها الاختبارات .

### ٥/٢ أنواع الاختبارات المعملية

يحتوى الجدول التالى على بيان بالاختبارات المعملية المختلفة الواردة بالتفصيل بالجزء الثانى من الكود ، مع بيان نوع التربة التى يجرى عليها كل اختبار والغرض منه . وقد تم ذكر نفس رقم الاختبار الوارد بالجزء الثانى من الكود لسهولة الرجوع إليه لمزيد من التفاصيل .

جدول يبين الاختبارات المعملية المختلفة

| الاختبار | رقم الاختبار | نوع التربة | الغرض من الاختبار |
|---|---|---|---|
| محتوى الرطوبة | ٢/٢ | جميع الأنواع | تعيين محتوى الرطوبة أو نسبة المياه الطبيعية w . |
| حد السيولة | ٣/٢ | تربة متماسكة | تعيين حد السيولة $w_L$ بغرض التصنيف ويعطى فكرة عن مقاومة القص وقابلية التربة للانضغاط والنفاذية . |
| حد اللدونة | ٤/٢ | تربة متماسكة | تعيين حد اللدونه $w_P$ بغرض التصنيف ومن هذا الاختبار والاختبار السابق يتم تعيين دليل اللدونة $I_P$ بغرض التصنيف وإعطاء فكرة عن الانضغاط والنفاذية ومقاومة القص والقابلية للانتفاخ . |
| حد الانكماش | ٦/٢ | تربة طينية | تعيين حد الانكماش $w_S$ للاستدلال على بعض خواص التربة ومنها القابلية للانتفاخ . |
| الانكماش الطولى | ٧/٢ | تربة طينية | تعيين الانكماش الطولى للاستدلال على بعض خواص التربة . |
| الوزن النوعى لحبيبات التربة | ٨/٢ | جميع الأنواع | تعيين الوزن النوعى لاستخدامه فى إيجاد كثافة التربة . |
| التدرج الحبيبى باستخدام المناخل | ٩/٢ | تربه غير متماسكة (رمل أو زلط) | تعيين التدرج الحبيبى حتى مقاس الرمل الناعم ، ويمكن الحصول على نسبة مكونات التربة الطمية والطينية مجتمعة. |
| التدرج الحبيبى باستخدام الهيدروميتر | ١٠/٢ | تربة متماسكة (طمى أوطين) | تعيين التدرج الحبيبى للتربة الناعمة لتحديد نسبة الطمى والطين بها . |
| نسبة المواد العضوية فى التربة | ١١/٢ | جميع الأنواع | تحديد النسبة المئوية للمواد العضوية بالوزن فى التربة . |
| نسب المواد الكيميائية فى التربة والمياه الجوفية | ١٢/٢ | جميع الأنواع | تعيين نسبة الكبريتات الذائبة فى التربة ونسبة الكبريتات فى المياه الجوفية وفى المستخلص المائى للتربة . |

تابع جدول يبين الاختبارات المعملية المختلفة

| الاختبار | رقم الاختبار | نوع التربة | الغرض من الاختبار |
|---|---|---|---|
| الانضغاط أو التدعيم ( بالإيدومتر ) | ٢/١٣ | تربة متماسكة مشبعة | تعيين خواص الانضغاط : معامل التغير الحجمى $m_v$ ، دليل التضاغط $c_c$ ، معامل التضاغط $c_v$ ، معامل النفاذية k |
| معامل النفاذية | ٢/١٤ | جميع الأنواع | تعيين معامل النفاذية k لحساب معدل تسرب المياه فى التربة . |
| معاملات الانتفاش | ٢/١٥ | تربة متماسكة | تعيين معاملات الانتفاش مثل ضغط ونسبة الانتفاش والانتفاش الحر . |
| معاملات الانهيار | ٢/١٦ | تربة متماسكة ظاهرياً وغير مشبعة | تعيين معاملات الانهيار ومقدار الهبوط الانهيارى . |
| وزن وحدة الحجوم الكلية للتربة | ٢/١٧ | جميع الأنواع | لتعيين الكثافة الكلية $\gamma_h$ . |
| خواص الدمك للتربة | ٢/١٨ | جميع الأنواع | لتعيين أقصى كثافه جافة $(\gamma_d)_{max}$ ومحتوى المياه الأمثل المناظرلها O.M.C. |
| الكثافة النسبية للتربة الرملية | ٢/١٩ | تربة غير متماسكة(رمل) | تعيين زاوية مقاومة القص $\phi$ وقدرة تحمل التربة بطريقة تقريبية . |
| نسبة تحميل كاليفورنيا | ٢/٢٠ | جميع الأنواع | تعيين نسبة تحميل كاليفورنيا CBR للتربة المدموكة مما يعطى تقييماً لمقاومة تربة التأسيس وتربة الأساس فى الطرق . |
| مقاومة القص بطريقة الضغط المحورى بدون ضغط محيط | ٢/٢١ | تربة متماسكة مشبعة وغير مشققة | لتعيين مقاومة الضغط غير المحاط $q_u$ ومقاومة القص $(c_u)$ (واستخدامها فى تقييم مقاومة التربة على المدى الزمنى القصير) ومعامل المرونة E |
| مقاومة الضغط المحورى بدون ضغط محيط باستخدام جهاز الغز الجيبى | ٢/٢٢ | تربة متماسكة | تعيين مقاومة الضغط المحورى بطريقة تقريبية. |

تابع جدول يبين الاختبارات المعملية المختلفة

| الاختبار | رقم الاختبار | نوع التربة | الغرض من الاختبار |
|---|---|---|---|
| مقاومة القص بطريقة المروحة | ٢٣/٢ | تربة طينية متوسطة أو ضعيفة التماسك | تعيين مقاومة القص للتربة المشبعة ($c_u$) . |
| مقاومة القص باستخدام صندوق القص | ٢٤/٢ | جميع الأنواع | تعيين معاملات مقاومة التربة للقص $\phi_u$ ، $c_u$ . |
| مقاومة القص باستخدام جهاز الضغط ذى الثلاثة محاور | ٢٥/٢ | جميع الأنواع | تعيين معاملات مقاومة التربة للقص لحالات صرف المياه المختلفة . |
| مقاومة القص بطريقة القص البسيط | ٢٦/٢ | جميع الأنواع | تعيين مقاومة القص بأسلوب القص البسيط . |
| القص الحلقى | ٢٧/٢ | تربة متماسكة | قياس القيمة المتبقية لمقاومة القص للتربة المتماسكة . |
| مقاومة الضغط المحورى بدون ضغط محيط | ٢٨/٢ | صخر سليم — عينات لبية | تعيين قيمة مقاومة الضغط المحورى ومعامل المرونه E . |
| مقاومة الضغط ثلاثى المحاور بدون قياس ضغط المياه البينية | ٢٩/٢ | عينة صخر لبية | تعيين المقاومة الكلية للقص عند ضغوط جانبية مختلفة ، وزاوية مقاومة القص ، ومعامل المرونة E . |
| مقاومة الصخر للحمل المركّز Point load | ٣١/٢ | عينة صخر لبية أو منشورية | تقدير مقاومة الضغط المحورى بدون ضغط محيط . كما يستخدم فى تصنيف الصخر . |
| زحف عينات الصخر تحت أحمال الضغط المحورى | ٣٢/٢ | عينات لبية من الصخر السليم | توصيف وتعيين خواص الزحف للصخر تحت تأثير إجهاد محورى ثابت . |
| مقاومة الشد المباشر | ٣٣/٢ | عينات لبية من الصخر السليم | تعيين مقاومة الشد لتقييم حالة الانهيار للنسيج الصخرى . |
| مقاومة الشد بالانشطار | ٣٤/٢ | عينات لبية من الصخر السليم | تحديد مقاومة الشد للصخر بطريقة بديلة أبسط . |

تابع جدول يبين الاختبارات المعملية المختلفة

| الاختبار | رقم الاختبار | نوع التربة | الغرض من الاختبار |
|---|---|---|---|
| مقاومة الطين الصفحى والصخور الضعيفة للتفكك Slake durability | ٣٥/٢ | عينة من الطين الصفحى أو الصخر الضعيف | تقدير مقاومة الطين الصفحى والصخر الضعيف للتفكك . |
| سرعة النبضات ومعاملات المرونة فوق الصوتية للصخر | ٣٦/٢ | عينات صخر لبية | تعيين معاملات المرونة فوق الصوتية لاستخدامها فى التحديد المبدئى للخواص الاستاتيكية للصخر . |
| نسبة تحميل كاليفورنيا لعينات مدموكة من خليط التربة والجير | ٣٧/٢ | خليط التربة بأنواعها والجير | تعيين نسبة تحميل كاليفورنيا للتربة المثبتة بالجير لتقييم تربة الأساس فى الطرق . |
| نسبة الانتفاخ المحورى ونسبة الانكماش وضغط الانتفاخ الأقصى للتربة المعالجة بالجير | ٣٨/٢ | خليط التربة الانتفاشية والجير | تعيين معاملات التربة المعالجة بالجير لتقييم التحسن فى صفاتها . |
| مقاومة الضغط لعينات اسطوانية مصبوبة من خليط التربة والأسمنت | ٣٩/٢ | خليط التربة بأنواعها والأسمنت | تعيين مقاومة الضغط للتربة المعالجة بالأسمنت. |

# الباب الثالث

# الأساسات الضحلة

## ١/٣ مقدمة

يهدف هذا الباب من الدليل الاسترشادى الخاص بالأساسات الضحلة Shallow foundations إلى إعطاء أسس موحدة للمتطلبات الأساسية الواجب دراستها عند تصميم هذه الأساسات بغرض توفير الأداء الأمثل والاقتصادي لهذه الأساسات عند تنفيذها وتحقيق الأمان الكافي للمنشآت المقامة عليها.

ويقدم هذا الباب تعريفاً للأساسات الضحلة وتحديداً لمتطلبات الأمان اللازمة للتصميم والاعتبارات العامة الواجب مراعاتها عند حساب القوى المؤثرة على الأساس مع تمييز حالات التحميل المختلفة.

ولتحقيق الأمان لهذه الأساسات يتحتم على المهندس تعيين قدرة التحمل القصوى Ultimate bearing capacity للتربة مع تحديد معامل الأمان لحالات التحميل المختلفة. ثم يتم تقدير الهبوط Settlement المتوقع للأساسات الناتج عن الإجهادات الإضافية المتولدة داخل التربة. ويوضح هذا الباب الطرق المختلفة لحساب توزيع ضغط التلامس Contact pressure مع مراعاة شروط الاتزان والتوافق بين التغير فى الشكل Deformations للتربة والأساس. كما يتضمن هذا الباب الاحتياطات الضرورية الواجب اتباعها لحماية الأساسات الضحلة ، وكذلك أسباب فشل هذه الأساسات التى يجب على المهندس تجنبها .

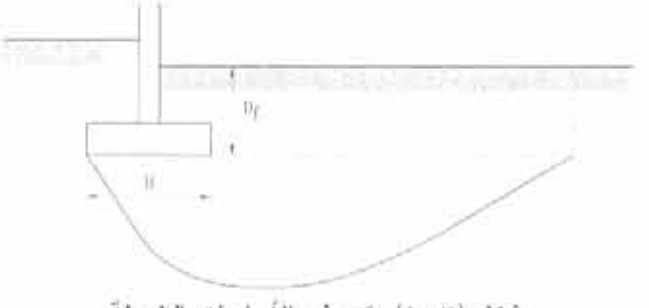
## ٢/٣ عموميات

### ١/٢/٣ تعريفات

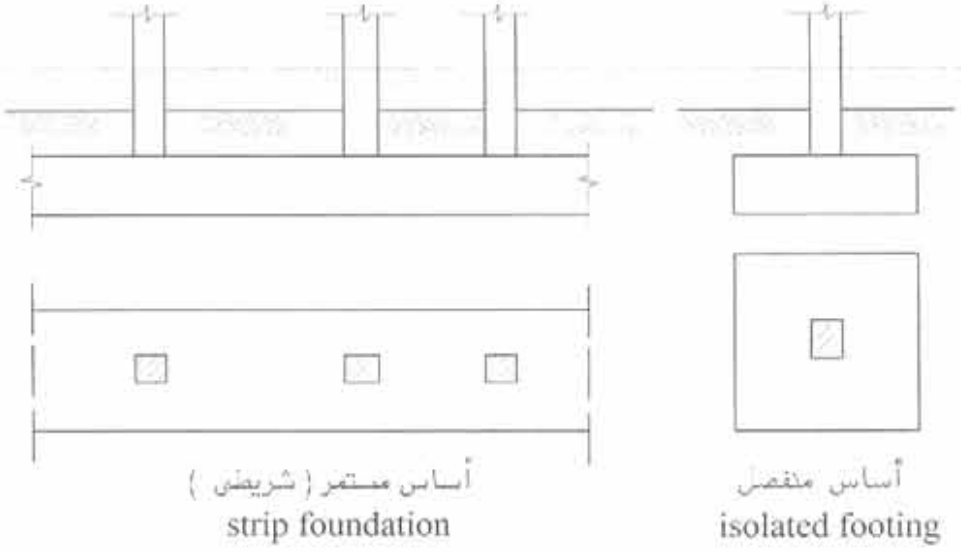
يعتبر الأساس ضحلا إذا لم تدخل مقاومة القص Shearing resistance للتربه فوق منسوب التأسيس فى حساب قدره تحمل التربة (شكل رقم ٣-١).

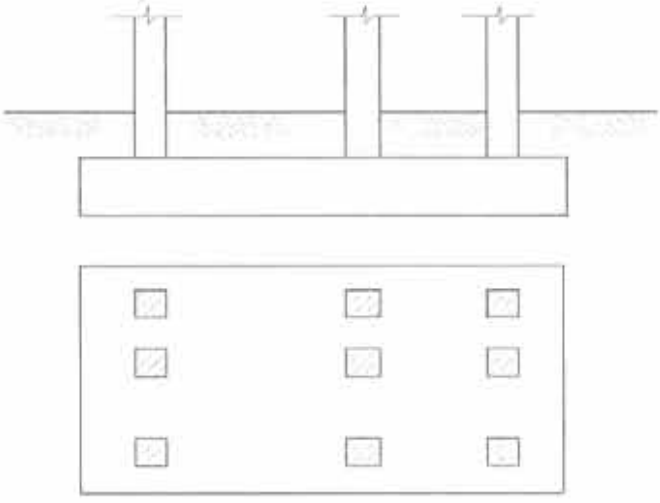
والأساسات الضحلة هى القواعد المنفصلة Isolated footings والقواعد المشتركة combined والأساسات الشريطية المستمرة Continuous strip واللبشة Raft ويوضح شكل رقم (٣-٢) بعض أنواع الأساسات الضحلة المختلفة.

ويمكن استخدام الأساسات الضحلة عند وجود طبقة من التربة ذات قدرة تحمل مناسبة قريبة من سطح الأرض، مع عدم وجود طبقات عالية الانضغاط على أعماق قريبة من منسوب التأسيس حتى يكون الهبوط المحسوب للأساس فى حدود المسموح به.



شكل (٣-١) تعريف الأساسات الضحلة



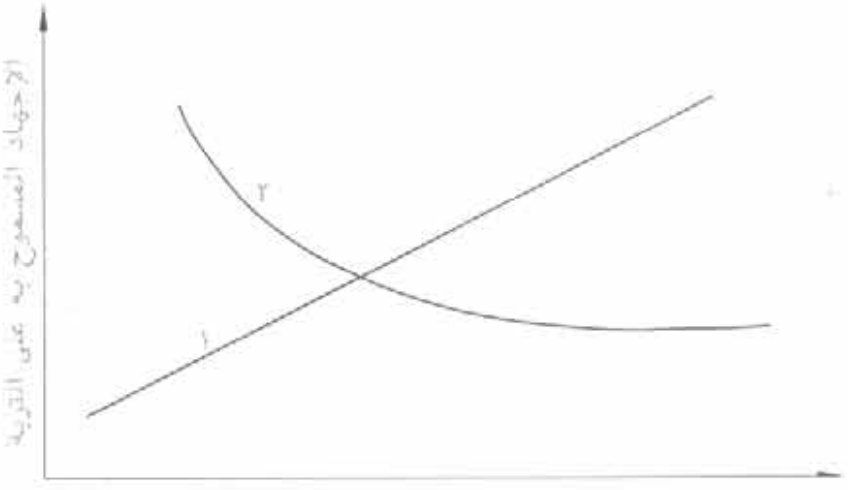




**شكل (٣-٢) بعض أنواع الأساسات الضحلة**

### ٢/٢/٣ متطلبات التصميم

يتطلب تصميم الأساسات الضحلة حساب كل من قدرة التحمل والهبوط لتربة التأسيس. ونظرا لصعوبة الربط بين هذين المطلبين حسابيا فيحسب كل منهما على حدة . وفى حالة الأساسات ذات الأبعاد الكبيرة يكون الهبوط فى الغالب هو العامل الحاكم. ويوضح الشكل رقم (٣-٣) العلاقة بين الإجهاد Stress المسموح به على التربة وعرض الأساس لكل من الهبوط والهبوط المتفاوت Differential settlement وقدرة التحمل . ففى حالة ثبات معامل الأمان من فشل Failure التربة فان الإجهاد المسموح به يزداد بازدياد مساحة الأساس. بينما فى حالة

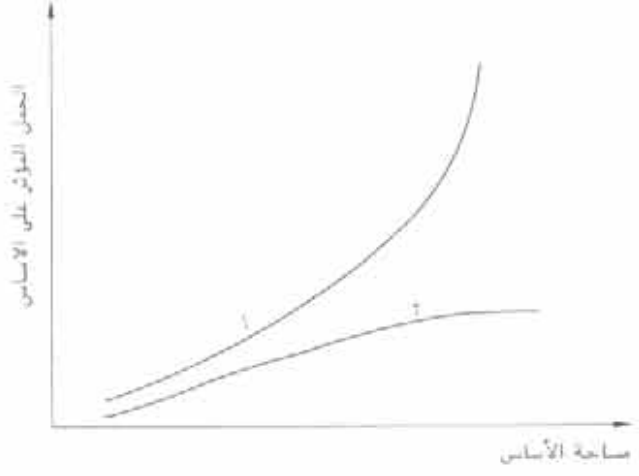
ثبات الهبوط المسموح به، فإن مقدار الإجهاد يقل بزيادة مساحة الأساس. وعلى العموم فان الحمل المؤثر على الأساس يزداد بزيادة مساحة الأساس لتحقيق كل من مطلبي قدرة التحمل والهبوط . شكل رقم (٣-٤).




**شكل (٣-٣) العلاقة بين الإجهاد المسموح به وعرض الأساس**

١) لمعامل أمان معين من فشل تربة الأساس

٢) لمقدار معين من الهبوط




**شكل (٣-٤) العلاقة بين الحمل المؤثر على الأساس ومساحة الأساس**

١) لمعامل أمان معين من فشل تربة الأساس

٢) لمقدار معين من الهبوط

### ٣/٢/ ٣ القوى المؤثرة على الأساس

يتم حساب أقصى قيمة لمحصلة القوى المؤثرة عند منسوب التأسيس وذلك لأسوأ حالات التحميل الناتجة من المنشأ ووزن الأساس وضغط التربة وضغط الماء والرياح والزلازل ... الخ (انظر البند ٤/٢/٣ من الكود). ويجوز أخذ المركبة الرأسية للضغط الجانبى الفعال للتربة فى حساب الأحمال. وفيما يخص الضغط الجانبى المقاوم للتربة فيمكن أخذه في الاعتبار إذا كانت الحركة الجانبية اللازمة لتولد هذا الضغط لا تسبب أى ضرر على المنشأ. ويوصى باستعمال نصف قيمة ضغط التربة المقاوم لتقليل الحركة الجانبية. وفى جميع الحالات يجب التأكد من عدم إزالة التربة المسببة لهذا الضغط الجانبى المقاوم طوال عمر المنشأ.

### ٤/٢/٣ حالات التحميل

تقسم حالات التحميل المختلفة إلى ثلاث حالات وفقا لاحتمالات حدوثها ومدة تأثيرها ومعدل تكرارها ويتم تحديد معامل الأمان لهذه الحالات على النحو الموضح فيما بعد فى البند (٦/٢/٣).

**حالة التحميل رقم (١):** تشمل كل الأحمال الدائمة المؤثرة على الأساس الناتجة من الاستعمال اليومى العادي للمنشأ مثل وزن المنشأ نفسه (الحمل الميت) والحمل الحى وضغط الماء وضغط التربة والأحمال المتحركة بصورة منتظمة ... الخ.

**حالة التحميل رقم (٢):** تشمل الأحمال غير الدائمة المؤثرة على الأساس مثل ضغط الرياح والأحمال المتحركة ... الخ سواء أثناء مرحلة الإنشاء أو خلال العمر الافتراضى للمنشأ وذلك بالإضافة إلى الأحمال المذكورة فى حالة التحميل رقم (١).

**حالة التحميل رقم (٣):** تشمل الأحمال النادرة الحدوث التى تنجم عن حوادث التشغيل والزلازل والكوارث الطبيعية وذلك بالإضافة إلى حالة التحميل رقم (٢).

### ٥/٢/٣ طبيعة وخواص التربة

تحدد الخواص الطبيعية والميكانيكية لطبقات التربة المختلفة عن طريق استكشاف الموقع والتجارب الحقلية والمعملية طبقا للطرق الموضحة فى الجزئين الأول والثاني من هذا الكود.

### ٦/٢/٣ متطلبات الأمان اللازمة للتصميم

#### ١/٦/٢/٣ العمق الأدنى لمنسوب التأسيس

يجب ألا يقل عمق التأسيس عن ٠,٨ متراً تحت منسوب سطح الأرض النهائى الدائم حول الأساس وذلك لضمان عدم تأثر التربة عند منسوب التأسيس بالعوامل الجوية. ويمكن أن يقل هذا العمق فى حالات التربة الصخرية السليمة والمباني المؤقتة أو الصغيرة مثل الاكشاك وبوابات الحراسة ... إلخ . ويراعى زيادة عمق التأسيس لحماية الأساسات من الزيادة الحجمية للتربة والناتجة عن انخفاض درجة الحرارة تحت الصفر فى المناطق الجبلية أو نتيجة أى عامل خارجى آخر.

### ٢/٦/٢/٣ الأمان من الانقلاب

يتحقق الأمان من الانقلاب Overturning للأساسات الضحلة بالاحتفاظ بالمساحة الكلية لقاعدة الأساس أو جزء منها تحت إجهادات الضغط بفرض أن أحمال الأساس ينتج عنها توزيعا خطيا للإجهادات على التربة عند منسوب التأسيس كالأتي:

فى حالة تعرض الأساس للأحمال المبتة فقط ، يجب أن تقع محصلة القوى المؤثرة عند منسوب التأسيس فى قلب مساحة الأساس core كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٥). أما فى حالة تعرض الأساس لأحمال مبته وحيه معا، فمن الجائز السماح لجزء من المساحة الكلية للأساس بنقل إجهادات الضغط إلى التربة. ويجب ألا تقل مساحة هذا الجزء عن ٥٠% من المساحة الكلية فى حالة الأساس المتماثل. ويجب مراعاة أن التربة لا تتحمل إجهادات شد. وتكون حدود هذا الجزء من مساحة الأساس محصورة بين حواف الأساس وخط مستقيم يمر بالمركز الهندسى لشكل الأساس centroid كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٦). ولاستيفاء هذا الشرط يجب أن تقع نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس فى حدود المساحات المهشره بالشكل رقم (٣-٧) ويمكن تحديد هذه المساحات فى حالتى المستطيل والدائرة بالمعادلتين الاتيتين:

**فى حالة الأساسات المستطيلة**

$$\left(\frac{x_c}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{y_c}{b_y}\right)^2 = \frac{1}{9} \qquad (٣-١)$$

**فى حالة الأساسات الدائرية**

$$\frac{r_c}{r} = 0.59 \qquad (٣-٢)$$

حيث:

$x_c, y_c$ إحداثيات حد المساحة التى يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى .

$b_x, b_y$ أبعاد مساحة الأساس المستطيل فى اتجاهى x, y .

$r_c$ نصف قطر المساحة والتى يجب أن تقع بداخلها نقطة تأثير محصلة القوى .

r نصف قطر الأساس الدائرى .

ويجب إعطاء أهمية خاصة للأمان من الانقلاب فى حالة الأساسات التى يمكن أن يؤدي أى تغيير طفيف فى الأحمال إلى ترحيل Excentricity كبير فى نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على الأساس كما فى حالة أساسات المنشأت الكابولية المزدوجة double cantilever أو الحوائط الساندة شكل رقم (٣-٨). وفى مثل هذه المنشأت يجب مراعاة الدقة التامة فى حساب الأحمال المؤثرة عليها.

### ٣/٦/٢/٣ الأمان من التعويم

فى حالات تعرض الأساسات لقوى دفع المياه الى أعلى (شكل رقم ٣- ٩)، يحدد معامل الأمان من التعويم bouancy من العلاقة التالية:

$$F_u = \frac{Q}{U} \qquad (٣-٣)$$

حيث:

$F_u$ معامل الأمان من التعويم .

$Q$ الحمل الرأسى الكلى المؤثر إلى أسفل عند منسوب التأسيس .

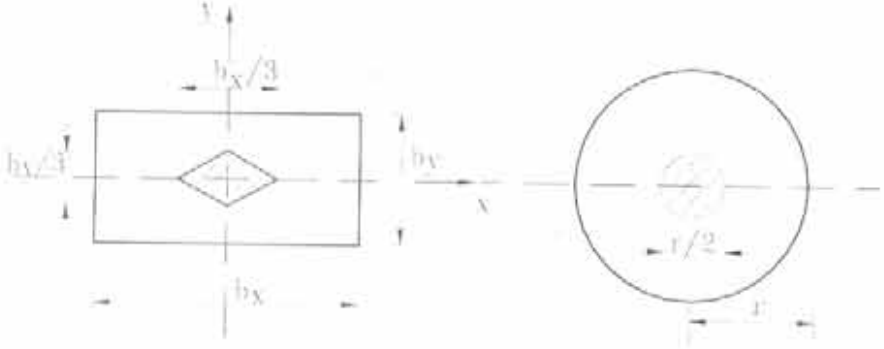
$U$ قوة الدفع الكلية المؤثرة إلى أعلى عند منسوب التأسيس .

ويجب ألا يقل معامل الأمان من التعويم عن القيم المبينة فى الجدول رقم (٣-١)

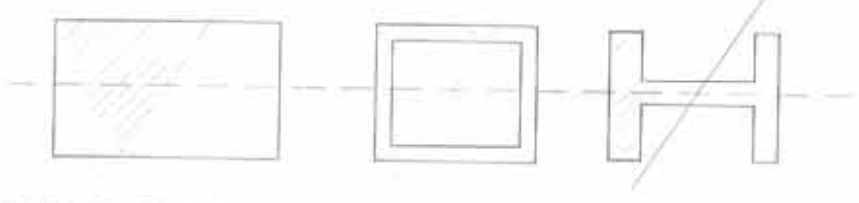
جدول رقم (٣-١) معامل الأمان من التعويم

| حالات التحميل* | ١ | ٢ | ٣ |
|---|---|---|---|
| معامل الأمان | ١,٣ | ١,٢ | ١,١ |

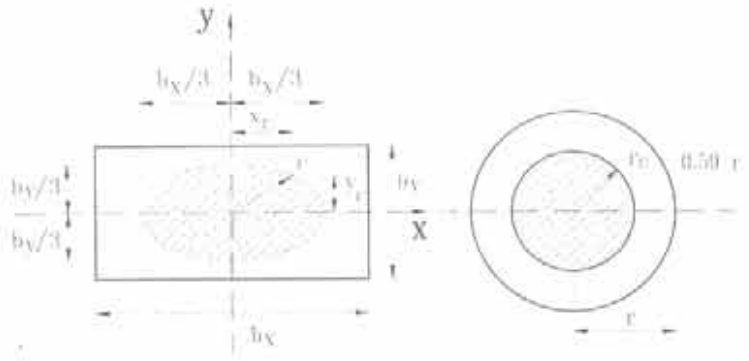
*أنظر بند رقم (٣/٢/٤) من الكود



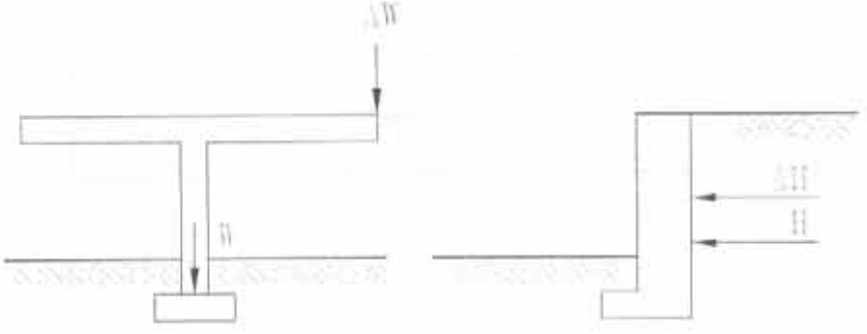
شكل (٣-٥) قلب الأساسات المستطيلة و الدائرية



شكل (٣-٦) الاجزاء الدنيا من مساحه الاساسات التي تعمل في نقل الاحمال للتربة

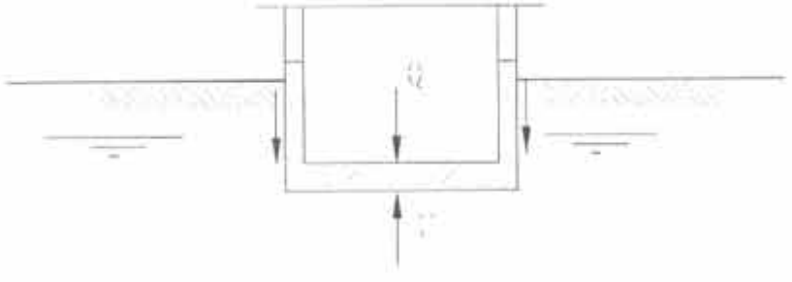



شكل (٣-٧) موقع تأثير محصلات القوى للأساسات المستطيلة و الدائرية لتحقيق الأمان من الإنقلاب



شكل (٣-٨) أساسات حساسة للانقلاب

وإذا أخذ فى الاعتبار قيم مقاومة القص بين التربة وجوانب الأساس كقيمة إضافية للقوى الرأسية المؤثرة إلى أسفل فيجب أن تزيد القيم المذكورة سابقا لمعامل الأمان من التعويم بمقدار ٠.٢ وفى هذه الحالة يجب التأكد من عدم إزالة التربة طوال عمر المنشأ.



شكل (٣-٩) أساسات حساسة للتعويم

### ٤/٦/٢/٣ الأمان من الانزلاق

يمكن حدوث الانزلاق Sliding فى حالة تعرض الأساسات لأحمال جانبية كبيرة مع صغر عمق الأساس المدفون تحت سطح الأرض بالإضافة إلى صغر قيمة مقاومة القص للتربة الملامسة للأساس ويعرف معامل الأمان من الانزلاق طبقا لشكل رقم (٣-١٠) على النحو التالى:

$$F_s = \frac{H_s + E_p}{E_a + H} = \frac{\text{مجموع القوى المقاومة للانزلاق}}{\text{مجموع القوى المسببة للانزلاق}} \qquad (٤-٣)$$

حيث:

$F_s$ معامل الأمان من الانزلاق .

$H_s$ قوة مقاومة القص عند قاعدة الأساس .

$H$ القوة الأفقية المنقولة من المنشأ عند قاعدة الأساس .

$E_p$ قوة ضغط التربة المقاوم Passive earth pressure (أنظر البند ٣/٢/٣) .

$E_a$ قوة ضغط التربة الفعال Active earth pressure .

ويتم حساب قوة مقاومة القص ($H_s$) كالآتي:

$$H_s = Q \,.\, \tan\delta + A \,.\, c_w \qquad (٥-٣)$$

فى حالة التربة غير المتماسكة Cohesionless يمكن إهمال الجزء ($A.c_w$) من المعادلة.

وفى حالة التربة المتماسكة Cohesive يمكن إهمال الجزء ($Q.\tan\delta$) من المعادلة.

حيث:

$\delta$ زاوية الاحتكاك بين الأساس والتربة ، وتؤخذ $\delta = ٢/٣ . \phi$ .

$\phi$ زاوية مقاومة القص Angle of shearing resistance .

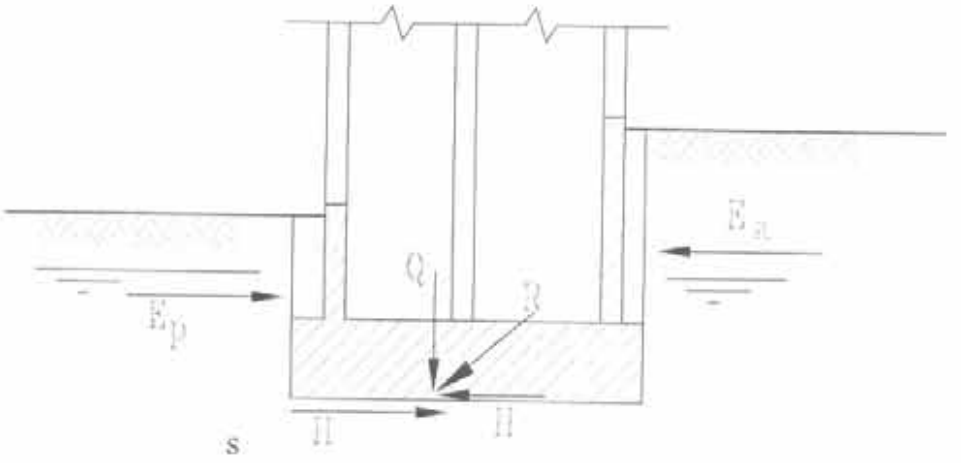
$c_w$ مقاومة الالتصاق Adhesion بين التربة والأساس . فى حالة الطين الضعيف والمتوسط التماسك تؤخذ ($c_w = c_u$) وفى حالة الطين المتماسك وشديد التماسك والصلد تؤخذ ($c_w = ½\ c_u$) .

$c_u$ مقاومة التماسك Cohesion للتربة فى الحالة غير المصرفة .

$A$ مساحة الأساس المعرض للضغط .

$Q$ محصلة القوى الرأسية المؤثرة عند منسوب الأساس بما فيها ضغط الماء عند القاعدة (إذا وجد ).

وفى جميع الحالات، يجب ألا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن القيم المبينة فى الجدول رقم (٣-٢) لحالات التحميل المناظرة.




شكل (٣- ١٠) الأمان من الانزلاق

جدول رقم (٣-٢) معامل الأمان من الإنزلاق

| حالات التحميل* | ١ | ٢ | ٣ |
|---|---|---|---|
| معامل الأمان | ١,٥ | ١,٣ | ١,١٥ |

* انظر بند رقم (٤/٢/٣)

### ٥/٦/٢/٣ الأمان من فشل التربة

يمكن تعريف معامل الأمان من فشل التربة على النحو التالى (انظر شكل رقم ٣-١١) :

$$F_b = \frac{R_b}{R} \qquad (٦-٣)$$

حيث:

$F_b$ معامل الأمان من فشل التربة.

$R_b$ قوة التحمل القصوى للتربة عند منسوب التأسيس. أنظر بند ٣/٣ .

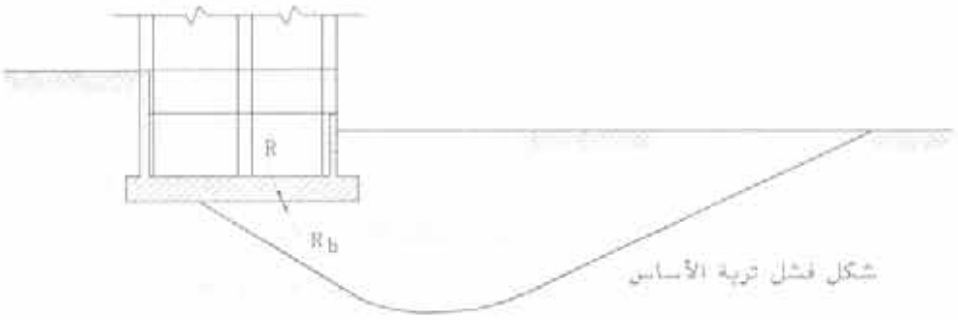
$R$ محصلة القوى المؤثرة عند منسوب التأسيس.

ويجب ألا يقل معامل الأمان من فشل التربة عن القيم المبينة فى الجدول رقم (٣-٣).

جدول رقم (٣-٣) معامل الأمان من فشل التربة

| حالات التحميل* | ١ | ٢ | ٣ |
|---|---|---|---|
| معامل الأمان من فشل التربة | ٢,٥ | ٢,٠ | ١,٨ |

* انظر بند رقم (٤/٢/٣) من الكود




**شكل رقم (٣-١١) فشل التربة وقدرة التحمل القصوى**

### ٦/٦/٢/٣ الأمان من الهبوط الزائد والهبوط المتفاوت

يحدث هبوط الأساس نتيجة لانتقال الأحمال إلى التربة. وعموما لا يسبب الهبوط المتساوى للأساسات أضراراً بالمنشأ فيما يتعلق بسلامته حيث لا تنتج عنه أي شروخ أوتصدعات بالمبنى.أما إذا كان الهبوط المتساوى كبيرا فقد يؤثر ذلك على سلامة وصلات المياه والمجارى وحسن أداء وظيفة المنشأ ... الخ. وينشأ الهبوط المتفاوت عموما نتيجة لاختلاف الأحمال المؤثرة على الأجزاء المختلفة للأساس أو نتيجة لاختلاف أعماق أو أبعاد أو أشكال الأساس وكذلك لاختلاف خواص التربة تحت المنشأ خاصة فيما يتعلق بقابليتها للانضغاط. وفيما يلى بعض التوصيات الواجب اتخاذها للحد سواء من قيمة الهبوط الكلى أو الهبوط المتفاوت للأساسات الضحلة.

### ٦/٦/٢/٣ (أ) الهبوط الكلى

يجب ألا تتجاوز قيم أقصى هبوط كلى Ttotal settlement للأساسات الضحلة القيم المذكورة فى الجدول رقم (٣-٤).

**جدول رقم (٣-٤) أقصى هبوط كلى مسموح به**
**للمنشأ المرتكز على أساسات ضحلة**

| نوع تربة التأسيس | أقصى هبوط ( مم ) * |
|---|---|
| تربة طينية | ١٠٠-١٥٠ |
| تربة رملية | ٧٠-١٠٠ |

*تؤخذ القيم الأكبر للمبانى الأكثر جساءة

من المعلوم أن عدم تجاوز قيم الهبوط الكلى المذكورة فى الجدول السابق من شأنه أن الهبوط المتفاوت لايؤدى الى حدوث أى أضرار بالمنشأ بشرط تمركز أحمال الأساس مع مركز ثقله وتجانس تربة التأسيس أسفله . وفى مناطق الطين الضعيف جداً يمكن السماح بقيم هبوط أكبر مما هو مذكور فى الجدول السابق بشرط ضمان عدم

فشل التربة وأن تكون المنشآت جاسئة وأحمالها متمركزة مع مركز ثقل الأساس وألايتسبب الهبوط المنتظم فى حدوث أضرار مؤثرة على سلامة المبنى وكفاءته وكذلك توصيلات المياه والصرف الصحى وماشابه.

### ٦/٦/٢/٣ (ب) الهبوط المتفاوت

يوضح الجدول رقم (٣-٥) قيم الهبوط المتفاوت Differential settlement المسموح به بدلالة زاوية الدوران وذلك للمنشآت المختلفة (زاوية الدوران تساوى الهبوط المتفاوت بين عمودين على سبيل المثال مقسوما على المسافة بين هذين العمودين). وفى حالة التقدير المبدئى للهبوط المتفاوت يمكن أخذه مساوياً لـ ٥٠% من قيمة أقصى هبوط كلى وذلك سواء فى التربة الطينية أو الرملية.

وفيما يتعلق بطرق حساب هبوط المنشات الضحلة يرجع إلى البند رقم (٤/٣).

### ٧/٦/٢/٣ المقاسات التى تكفل الأمان للأساس إنشائيا

يجب تصميم أى أساس ليتحمل الإجهادات الناتجة عن القوى المؤثرة عليه بما فى ذلك ضغط التلامس. ويتم تصميم الأساس تبعا لهذه القوى طبقا للكودات المختلفة التى تحكم تصميم مواد البناء المختلفة. ويرجع إلى البند (٥/٣) فى الجزء الثالث من الكود لمعرفة طرق حساب توزيع ضغط التلامس.

**جدول رقم (٣-٥) الهبوط المتفاوت المسموح به للمنشآت**

| الهبوط المتفاوت بدلالة ظل زاوية الدوران | تصنيف الحالة |
|---|---|
| ١ : ٧٥٠ | الحد المتوقع عنده وجود مشاكل للماكينات الحساسة للهبوط المتفاوت. |
| ١ : ٦٠٠ | الحد المتوقع عنده حدوث شروخ فى الإطارات من الخرسانة المسلحة غير المحددة استاتيكيا. |
| ١ : ٥٠٠ | الحد المطلوب للمنشآت العادية المراد خلوها من أية شروخ بالحوائط على وجه العموم. |
| ١ : ٣٠٠ | الحد المتوقع عنده حدوث شروخ بالحوائط فى المبانى الهيكلية وصعوبات فى المنشآت المحتوية على أوناش. والحد الذى يمكن عنده ملاحظة ميل المبانى العالية بالعين المجردة. |
| ١ : ١٥٠ | الحد المتوقع عنده حدوث شروخ كبيرة فى حوائط المبانى الهيكلية أو الحد المتوقع عنده حدوث شروخ فى الحوائط الحاملة من الطوب الأحمر أو الحجر أو الحد الذى يحدث عنده أضرار فى هيكل المنشأ. |

### ٣/٣ قدرة تحمل الأساسات الضحلة

يتم الرجوع بالتفصيل إلى محتويات الكود لحساب قدرة تحمل الأساسات الضحلة.

ويحتوى الكود فى هذا الموضوع على مايلى :

أ- تعريف فشل تربة التأسيس .

ب- البيانات المطلوب توافرها عن الأساس والتربة لحساب قدرة التحمل .

ج- الطرق المختلفة لحساب قدرة التحمل ومنها :

١- الطرق الدقيقة

٢- الطرق النصف بيانية

٣- المعادلات الخاصة بتحديد قدرة التحمل القصوى للحالات المختلفة لتحميل الأساس .

٤- الطرق الخاصة بالحسابات للأساسات على انحدار أو قريبة منه .

٥- طرق الحساب للأساسات على طبقات تربة متعددة .

٦- تأثير المياه الجوفية على قدرة التحمل .

٧- تعيين قدرة التحمل من الاختبارات الحقلية مثل اختبار الاختراق القياسى – اختبار المخروط الديناميكى – اختبار مخروط الاختراق الإستاتيكى – اختبار التحميل باللوح .

٨- قدرة تحمل الصخر .

ويمكن الاسترشاد بالقيم المسموح بها لقدرة تحمل التربة والصخور من الجدول (رقم٣-١٦).

### ٤/٣ هبوط الأساسات الضحلة

يتم الرجوع بالتفصيل إلى الجزء الثالث من الكود لحساب هبوط الأساسات الضحلة.

ويحتوى الكود فى هذا الموضوع على مايلى :

١- عناصر الهبوط

٢- البيانات المطلوبة لحساب الهبوط مثل الأحمال ونوع الأساس وأبعاد وخصائص الانضغاط لتربة التأسيس .

٣- تعيين معامل الانضغاط من التجارب المعملية باستخدام الاختبار ثلاثى المحاور أو اختبار التدعيم ( بواسطة الأيدومتر ) .

٤- تعيين معامل الانضغاط من التجارب الحقلية باستخدام تجربة التحميل باللوح أو تجربة الاختراق القياسى أو تجربة المخروط الاستاتيكى أو تجربة القص بالمروحة .

ويمكن الاسترشاد بالقيم التقديرية لمعامل الانضغاط $E_s$ من الجدول ( رقم ٣-١٩) .

جدول رقم (٣-١٦) القيم التقديرية لقدرة التحمل المسموح بها للتربة والصخور

| نوع التربة | الوصف | قدرة التحمل كيلو نيوتن /م٢ ( كجم / سم٢) | ملاحظات |
|---|---|---|---|
| تكوينات كريستالية من الصخور النارية والمتحولة | صخور سليمة | ١٠٠٠٠ - ٥٠٠٠ (١٠٠ - ٥٠) | |
| صخور رقائقية متحولة | صخور سليمة | ٤٠٠٠ -٢٠٠٠ (٤٠ - ٢٠) | |
| صخور رسوبية (حجر طميى - حجر رملى -حجر جيرى ) | صخور سليمة | ٣٥٠٠-١٠٠٠ (٣٥-١٠) | |
| الصخور المعرضة للعوامل الجوية والصخور الطينية | صخور رخوة | ١٠٠٠ - ٥٠٠ ( ١٠ - ٥) | ما لم تكن تتأثر بالماء |
| زلط -خليط من الزلط والرمل أو خليط من الزلط والرجام (١) | عالى الدمك<br>متوسط الدمك<br>سائب | ٧٠٠-٥٠٠ ( ٧ -٥ )<br>٦٠٠-٤٠٠ ( ٦ -٤ )<br>٤٠٠-٢٠٠ ( ٤ -٢ ) | عرض الأساس لا يقل عن ١,٠٠متر |
| رمل خشن الى متوسط أو رمل مع قليل من الزلط (١) | كثيف جدا<br>متوسط الكثافة الى كثيف<br>سائب | ٥٠٠ - ٣٠٠ ( ٥ - ٣ )<br>٣٠٠ - ١٥٠ ( ٣ - ١,٥ )<br>٢٠٠ - ١٠٠ ( ٢ - ١ ) | |
| رمل ناعم إلى متوسط أو رمل متوسط إلى خشن طميى أو طينى(١) | كثيف جدا<br>متوسط الكثافة إلى كثيف<br>سائب | ٤٠٠-٢٠٠ ( ٤,٠ -٢,٠ )<br>٢٥٠-١٥٠ ( ٢,٥ -١,٥ )<br>١٥٠-١٠٠ ( ١,٥ -١,٠ ) | |
| طمى غير عضوى أو طمى رملى | | ٢٠٠-١٠٠ (٢-١) | عمق التأسيس من ٠,٨ - ١,٥م |
| طين متجانس غير عضوى أو طين رملى أو طين طميى أو طمى طينى (٢) | صلد<br>شديد التماسك<br>متماسك<br>متوسط التماسك<br>ضعيف التماسك<br>ضعيف جدا | ٤٠٠ < ( ٤,٠ < )<br>٤٠٠ -٢٠٠ ( ٤,٠ - ٢,٠ )<br>٢٠٠ -١٠٠ ( ٢,٠ - ١,٠ )<br>١٠٠ - ٥٠ ( ١,٠ - ٠,٥ )<br>٥٠ - ٢٥ (٠,٥ -٠,٢٥)<br>٢٥ > ( ٠,٢٥ > ) | يمكن حدوث هبوط نتيجة التضاغط على المدى الطويل |

(١) القيم الواردة في هذا الجدول تسرى في حالة التربة غير المغمورة وتؤخذ نصف هذه القيمة في حالة ما إذا كانت التربة مغمورة أسفل منسوب المياه الأرضية ومنسوب التأسيس.

(٢) القيم الواردة في هذا الجدول تسرى في حالة التربة كاملة التشبع.

جدول رقم (٣-١٩) بعض القيم التقديرية لمعامل الانضغاط ($E_S$)

| نوع التربة | الوصف | معامل الانضغاط $E_S$ | |
|---|---|---|---|
| | | ميجا نيوتن /م$^2$ | كجم / سم$^2$ |
| طين | ضعيف التماسك | ٢ - ٠,٥ | ٢٠ - ٥ |
| | متوسط التماسك | ٦ - ١,٥ | ٦٠ - ١٥ |
| | متماسك | ١٠ - ٢,٥ | ١٠٠ - ٢٥ |
| | شديد التماسك | ٢٠ - ٥ | ٢٠٠ - ٥٠ |
| | صلد | ٤٠ - ١٠ | ٤٠٠ - ١٠٠ |
| طمى | | ٣٠ - ٣ | ٣٠٠ - ٣٠ |
| رمل | سائب | ٢٥ - ١٠ | ٢٥٠ - ١٠٠ |
| | متوسط الكثافة | ٧٥ - ٢٥ | ٧٥٠ - ٢٥٠ |
| | كثيف | ١٥٠ - ٧٥ | ١٥٠٠ - ٧٥٠ |
| | كثيف جداً | ٤٠٠ - ١٥٠ | ٤٠٠٠ - ١٥٠٠ |
| زلط | | ٤٠٠ - ١٠٠ | ٤٠٠٠ - ١٠٠٠ |
| تربة عضوية أو بقايا نباتية | | ٢ - ٠,٥ | ٢٠ - ٥ |

٥- توزيع الإجهادات فى التربة لحساب الهبوط ومنها :

أ- الإجهادات الاولية الناتجة عن وزن التربة .

ب- الإجهادات الناتجة عن نوعيات مختلفة من الأحمال باستخدام معادلات تعتمد على نظرية بوسينسك ( حمل رأسى مركز فى نقطة – حمل خطى لانهائى الطول – حمل موزع على مساحة دائرية – حمل موزع على مساحة مستطيلة – حمل موزع على شكل نصف جسر بطول لانهائى – حمل موزع على شكل مثلث – حمل رأسى غير منتظم ) .

ج- حساب الإجهادات فى التربة باستخدام طرق تقريبية .

٦- حساب الهبوط الفورى .

٧- الهبوط نتيجة لتدعيم التربة (Consolidation)

٨- حساب معدل التدعيم مع الزمن .

٩- الهبوط نتيجة للانضغاط الثانوى .

١٠- تعيين الهبوط من التجارب الحقلية ومنها :

أ- تجربة التحميل باللوح .

ب- تجربة الاختراق القياسى .

ج- تجربة الاختراق الاستاتيكى بالمخروط .

د- تجربة القص بالروحة .

١١- أسباب خاصة لتحرك الأساسات .

١٢- رصد هبوط المنشآت .

كما يمكن حساب هبوط الأساسات الجسيئة من المعادلة رقم (٣-٦٩) .

### ٣/٥ حساب توزيع ضغط التلامس تحت الأساسات الضحلة :

يتم الرجوع بالتفصيل إلى محتويات الجزء الثالث من الكود لحساب توزيع التلامس تحت الأساسات الضحلة ويحتوى الجزء الثالث من الكود فى هذا الموضوع على مايلى :

١- حدود التطبيق

٢- البيانات اللازمة لحساب ضغط التلامس سواء بالنسبة للأساس أو لتربة التأسيس .

٣- طرق إيجاد توزيع ضغط التلامس ومنها :

أ- الطرق المتطورة

ب- طريقة معامل الانضغاط وتشمل تعيين معامل الانضغاط - حساب ضغوط التلامس لأساس اللبشة - حساب ضغوط التلامس لأساس شريطى مستمر - حساب ضغوط التلامس لحالات خاصة ( أساس مستدير جسيء محمل تحميلاً رأسياً مركزياً أو لا مركزياً - أساس شريطى جسيء محمل تحميلاً رأسياً مركزياً أو لا مركزياً - أساس مستطيل جسيء محمل تحميلاً رأسياً مركزياً ) .

ج- طريقة معامل رد فعل تربة التأسيس وتشمل تعيين معامل رد الفعل لتربة التأسيس - حساب ضغوط التلامس لأساس اللبشة - حساب ضغوط التلامس لأساس شريطى مستمر . ويمكن حساب معامل رد فعل تربة التأسيس في حالةالتربة منتظمة الخواص (وذلك لحساب ضغوط التلامس ببرامج الحاسب الآلي) من المعادلة الآتية شكل (٣-٨٠):

$$s = \frac{p.B}{E_s}.I \qquad (٣-٦٩)$$

$$k = \frac{p}{s} = \frac{E_s}{B.I} \qquad (٣-٧٠)$$

حيث:

s مقدار الهبوط

k معامل رد فعل تربة التأسيس .

B أصغر مقاس للأساس .

$E_s$ معامل الانضغاط للطبقة المعرضة للانضغاط .

I معامل تأثير يتوقف على النسبتين(d/B, L/B) ( أنظر جدول ٣-٢٢) .

L أكبر مقاس للأساس .

d سمك طبقة التأسيس المعرضة للانضغاط .

**شكل (٣-٨٠) معامل رد فعل تربة التأسيس لتربة منتظمة الخواص**

ويمكن حساب ضغوط التلامس لحالات خاصة مثل الأساسات الجسيئة المرتكزة على تربة ذات معامل رد فعل ثابت من المعادلة التالية ( شكل رقم ٣-٨١) :

$$p = \frac{N}{A} + \frac{M_x . y}{I_x} + \frac{M_y . x}{I_y} \qquad (٧٣-٣)$$

حيث:

p ضغط التلامس عند أى نقطة احداثياتها (x,y) من المحاور الأساسية للقصور الذاتى لمساحة الأساس (+ للشد ، - للضغط) .

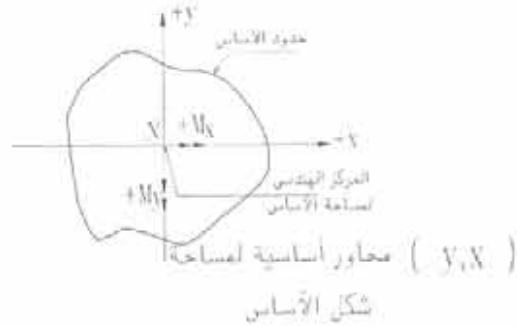
N محصلة الأحمال الرأسية على الأساس المؤثرة عند مركز الشكل الهندسى للأساس (+ للشد ، - للضغط) .

$M_x$ محصلة العزوم الناتجة عن الأحمال على الأساس حول المحور (x) .

$M_y$ محصلة العزوم الناتجة عن الأحمال على الأساس حول المحور (y) .

A مساحة الأساس .

$I_x$ ، $I_y$ عزوم القصور الذاتى لمساحة الأساس حول المحاور الأساسية للقصور الذاتى(y,x) على الترتيب .




**شكل (٣-٨١) توزيع ضغط التلامس لأساس لبشة جسئ**
**نتيجة لحالة تحميل عامة لمعامل رد فعل ثابت لتربة التأسيس**

ويجب ملاحظة أن المعادلـــة (٣-٧٣) تستخدم فى حالة الأساسات الجسيئه مع أخذ معامل ثابت لرد فعل تربة التأسيس.

فى حالة عدم وجود قيم دقيقة لمعامل الانضغاط ( $E_s$ ) فيمكن استخدام القيم المعطاة سابقا فى جـــدول (٣-١٩) وذلك لإجراء الحسابات الأولية فقط.

جدول رقم ( ٣-٢٢) قيم معامل التأثير (I)

| d / B | L / B | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ١ | ١,٥ | ٢ | ٣ | ٥ | ١٠ | ∝ |
| ٠,٢ | ٠,١٧٦٤ | ٠,١٨١٦ | ٠,١٨٤٢ | ٠,١٨٦٥ | ٠,١٨٧٠ | ٠,١٨٧٠ | ٠,١٨٧٠ |
| ٠,٤ | ٠,٢٨٩١ | ٠,٣٠٧٢ | ٠,٣٢٠٣ | ٠,٣٢٨٨ | ٠,٣٣٤٠ | ٠,٣٣٥٤ | ٠,٣٣٥٤ |
| ٠,٦ | ٠,٣٧١١ | ٠,٣٩٩٧ | ٠,٤٢١٣ | ٠,٤٤٠١ | ٠,٤٥٤٥ | ٠,٤٦٠٤ | ٠,٤٦١٨ |
| ٠,٨ | ٠,٤٣٦١ | ٠,٤٧٣٧ | ٠,٥٠٢٣ | ٠,٥٣٠٧ | ٠,٥٥٦٣ | ٠,٥٦٩٦ | ٠,٥٧٣٣ |
| ١,٠ | ٠,٤٨٨١ | ٠,٥٣٤٧ | ٠,٥٦٩٣ | ٠,٦٠٦٦ | ٠,٦٤٣٠ | ٠,٦٦٥٦ | ٠,٦٧٢٣ |
| ١,٥ | ٠,٥٧٩٦ | ٠,٦٤٧٢ | ٠,٦٩٦٣ | ٠,٧٥٠٥ | ٠,٨٠٧٣ | ٠,٨٥٩٦ | ٠,٨٧٧٩ |
| ٢,٠ | ٠,٦٣٨١ | ٠,٧٢٤٢ | ٠,٧٨٤٨ | ٠,٨٥٣٠ | ٠,٩٢٨٠ | ١,٠٠٤١ | ١,٠٤٠٣ |
| ٣,٠ | ٠,٧٠٣١ | ٠,٨١٩٢ | ٠,٨٩٤٨ | ٠,٩٨٦٠ | ١,٠٨٩٠ | ١,١٩٧١ | ١,٢٨٠٨ |
| ٤,٠ | ٠,٧٤٠٦ | ٠,٨٧١٧ | ٠,٩٥٧٣ | ١,٠٧١٠ | ١,١٩٤٠ | ١,٣٢٨١ | ١,٤٥٥٣ |
| ٥,٠ | ٠,٧٦٣١ | ٠,٩٠٤٢ | ٠,٩٩٨٣ | ١,١٣٠٥ | ١,٢٦٩٥ | ١,٤٢٥١ | ١,٥٩٢٣ |
| ٦,٠ | ٠,٧٧٩١ | ٠,٩٢٦٧ | ١,٠٢٦٨ | ١,١٧٣٥ | ١,٣٢٥٥ | ١,٥٠٠٦ | ١,٧٠٥٨ |
| ٨,٠ | ٠,٨٠١١ | ٠,٩٥٤٧ | ١,٠٦٤٨ | ١,٢٣٠٥ | ١,٤٠٤٥ | ١,٦٠٨٦ | ١,٨٨٨٨ |
| ١٠,٠ | ٠,٨١٠١ | ٠,٩٧٠٧ | ١,٠٩٠٨ | ١,٢٦٤٥ | ١,٤٤٨٥ | ١,٦٨٢٦ | ٢,٠٣٤٨ |
| ١٤,٠ | ٠,٨١٥١ | ٠,٩٧٨٧ | ١,١١١٨ | ١,٢٩٣٥ | ١,٥٠٤٥ | ١,٧٨٦٦ | ٢,٢٤٥٨ |
| ٢٠,٠ | ٠,٨١٥١ | ٠,٩٨٠٧ | ١,١١٥٨ | ١,٣٢٣٥ | ١,٥٧٠٥ | ١,٨٩٢٦ | ٢,٤٧٥٨ |

## ٦/٣ حماية الأساسات الضحلة

### ١/٦/٣ مقدمة

يجب أخذ الاحتياطات الضرورية لحماية الأساسات من التأثيرات الضارة للأملاح وبعض المواد الكيميائية التى قد توجد فى المياه الجوفية أو التربة. وعند القيام باستكشاف الموقع يجب تحليل عينات من التربة أو المياه الجوفية أو كليهما تحليلا كيميائيا.

### ٢/٦/٣ حماية الأساسات من تأثير الكيماويات

تعتبر الكبريتات التى توجد بالتربة والمياه الجوفية وكذلك الأحماض الموجودة فى التربة العضوية من أكثر الكيماويات الضارة بخرسانة الأساسات.

وكقاعدة عامة فإن الأساسات يمكن أن تقاوم التأثير الضار لهذه الكيماويات فى حالة ما إذا كانت الخرسانة المستخدمة فى الأساسات عالية الكثافة، ذات محتوى اسمنتى غنى، ومع زيادة سمك الغطاء الخرسانى لحديد التسليح . ويوضح الجدول رقم (١-٢٢) فى الجزء الأول الخاص بدراسة الموقع التوصيات والاحتياطات الواجب مراعاتها فى تصميم الخلطات الخرسانية المسلحة للأساسات لمقاومة الكبريتات.

ولاستخدام هذا الجدول يجب الأخذ فى الاعتبار النقاط التالية:

١- التوصيات المذكورة بالجدول تشترط أن يكون الأس الهيدروجيني (pH) للمياه الجوفية بين ٦، ٩ والا تكون التربة أو المياه الجوفية ملوثة بكبريتات غير طبيعية مثل أملاح الأمونيوم على سبيل المثال.

٢- لا يوصى باستخدام الخرسانات المجهزة من الأسمنت البورتلاندى العادى فى الحالات الحامضية (pH<٦). ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها إلا انه يصعب الحصول على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للأحماض عالية التركيز. وتعتبر مقاومة الأسمنت السوبر سلفات للأحماض ضعيفة التركيز أحسن من الأسمنت البورتلاندى العادى الا أنه يجب الأخذ فى الاعتبار الحدود المقترحة من الجهة المصنعة لهذا النوع من الأسمنت.

٣- عند وجود قطاعات خرسانية رفيعة أو قطاعات معرضة لضغط هيدروستاتيكى على جانب واحد فقط، أو قطاعات مغمورة جزئيا فانه يجب تخفيض نسبة مياه الخلط إلى الأسمنت أو زيادة كمية الأسمنت.

٤- على الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثير ضار مباشر على الخرسانة مهما كان تركيزها ألا ان اختراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرسانى يساعد على صدأ حديد التسليح. ولذلك يجب التأكيد على أهمية أن تكون الخرسانة كثيفة وسمك الغطاء الخرسانى من ٥ الى ٧ سنتيمترات وذلك فى حالة زيادة كمية الكلوريدات عن ٣٠٠٠ جزء فى المليون مع استخدام غطاء عازل مثل الاسفلت أو البيتومين أو تغليف الأساس بمادة غير منفذة للمياه.

### ٣/٦/٣ عزل الأساسات

عزل الأساسات يعتبر من التفصيلات الهامة لعناصر الأساسات حيث أنه يوفر الحماية لخرسانة الأساسات من التعرض للمياه الجوفية الموجودة أو مياه الرشح عند التشغيل. ويكون للعزل أهمية خاصة بالنسبة للمنشآت المحتوية على فراغات تحت مستوى سطح الأرض كالجراجات تحت الأرض .وفى هذه الحالة تكون مهمة

العزل منع تسرب المياه الجوفية من الشقوق المحتملة فى الخرسانة إلى داخل الفراغات الأرضية. ويتم عمل العزل حسب الغرض المراد منه. فتستخدم الدهانات البيتومينية لحماية أجزاء الأساسات المعرضة للمياه الجوفية فى حين تستخدم الرقائق العازلة بالإضافة للدهانات لمنع تسرب المياه إلى الفراغات تحت سطح الأرض. وفى كل الحالات يجب أن يتم العزل حسب الأصول الفنية وتحت إشراف هندسى ذو خبرة. ويمكن الرجوع إلى مواصفات بنود أعمال عزل الأساسات لسنة ١٩٩٤.

### ٧/٣ بعض أسباب فشل الأساسات الضحلة

كثيرا ما يرجع السبب فى حدوث التصدعات أو انهيار المنشآت إلى تصدع أو فشل failure الأساسات. وفيما يلى بعض الأسباب التى تؤدى إلى فشل الأساسات الضحلة والواجب أخذها فى الإعتبار لضرورة تلافيها:

١- عدم القيام بدراسة الموقع أو إجراء استكشاف غير سليم للموقع من حيث عدد الجسات وأعماقها ونوع التثقيب المستخدم.

٢- التوصيف الخاطئ للتربة .

٣- عدم الدقة فى تحديد خواص التربة.

٤- التغير فى خواص التربة ومنسوب المياه الأرضية.

٥- عدم إجراء تحليل كيميائى للتربة والمياه الأرضية.

٦- الحفر لعمق يزيد عن أعماق أساسات المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة.

٧- استخدام طريقة غير مناسبة لنزح المياه الأرضية.

٨- وجود مصدر لاهتزازات زائدة.

٩- عدم اتزان القوى الأفقية.

١٠- ضغط التحميل الزائد على التربة.

١١- الهبوط المتفاوت الزائد.

١٢- استخدام أنواع غير مناسبة من الأساسات.

١٣- تأسيس الأجزاء المختلفة لنفس المنشأ على طبقات مختلفة من التربة.

١٤- النحر.

١٥- انتفاش التربة عند انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد.

١٦- وجود جذور الأشجار أو النباتات بالقرب من الأساسات.

١٧- التأسيس بطريقة غير مناسبة على تربة انهيارية (Collapsible) أو تربة انتفاشية (Expansive).

# الباب الرابع

# الأساسات العميـــقة

## ٤/١ مقدمة

يتضمن هذا الباب م لخصاً وافياً للتعريف بأنواع الأساسات العميقة ومتطلبات تنفيذها ومعايير تصميمها والخطوات العملية التى يلزم مراعاتها عند التنفيذ.

ويلزم تنفيذ الأساسات العميقة عادة فى حالة عدم إمكان تنفيذ أساسات ضحلة وذلك لضعف التربةالسطحية مـــع وجود أحمال كبيرة أو أن منسوب المياه الأرضية عالى نسبياً عن الطبقات الصالحة للتأسيس.

ولمزيد من التفاصيل يتم الرجوع إلى الجزء الرابع (الأساسات العميقة) بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات . (أرقام البنود الواردة فى هذا الباب هى أرقام البنود بالكود)

### أنواع الأساسات العميقة

أنواع الأساسات العميقة الأكثر شيوعا هى :

( أ ) الخوازيق وتنفذ بالإزاحة ( بالدق أو بالبرم أو بالضغط ) مستديرة أو مربعة المقطـــع أو تنفـــذ بـــالتفريغ باستعمال القاسون والبريمة أو البريمة المستمرة أو الكباش مستديرة أو مستطيلة المقطع.

(ب) القيسونات

(ج) الدعائم

(د) الآبار الإسكندرانى

## ٤/٢ الخوازيق

### ٤/٢/١ مقدمة

الوظيفة الأساسية للخوازيق هى نقل أحمال المنشأ إلى الطبقات السفلية القادرة على مقاومة هذه الأحمال بمعامل أمان كاف سواء كان ذلك بالاحتكاك أو الارتكاز.

### ٤/٢/٢ استكشاف وإعداد الموقع

تنفذ الجسات اللازمة بالأعماق المناسبة لاستكشاف طبيعة تتابع طبقات التربـــة وعمـــق الطبقـــات الـــصالحة للتأسيس، كما يفضل عمل مجسات أولية مثل تجارب الاختـــراق القياســـى (S.P.T ) أو تجـــارب المخـــروط الإستاتيكى (C.P.T ) وذلك لتقدير قدرة تحمل طبقات التربة.

### ٤/٢/٣ أنواع الخوازيق

#### ٤/٢/٣/١ خوازيق الإزاحة المنفذة بالاختراق Displacement piles

#### ٤/٢/٣/١ ( أ ) الخوازيق الخشبية

وهى نادرة الاستعمال حاليا فى مصر حيث أن مصر دولة غير منتجة للأخشاب.

**٤/٣/٢/١ (ب الخوازيق الحديدية**

وهى قليلة الاستعمال فى مصر نظرا لارتفاع سعر الحديد وتعرضه للصدأ والتآكل.

**٤/٣/٢/١ (ج) الخوازيق الخرسانية**

**٤/٣/٢/١ (ج-١) الخوازيق الخرسانية سابقة الصب**

وهى خوازيق مربعة القطاع غالبا ومسلحة بقفص حديدى مكون من أسياخ طولية وكانات حلزونية يتم تكثيفها فى نهايتي الخازوق العلوية والسفلية لمقاومة إجهادات الدق واختراق التربة.

**٤/٣/٢/١(ج-٢) الخوازيق الخرسانية المنشأة بالإزاحة ( الاختراق ) والمصبوبة فى مكانها**

وتنفذ بدق ماسورة داخل الأرض حتى الوصول إلى العمق المطلوب ثم تصب الخرسانة داخلها مع وضع حديد التسليح اللازم ثم تترك الماسورة بالأرض بما فيها من خرسانة وحديد تسليح أو تسحب الماسورة ويترك جسم الخازوق المكون من الخرسانة وحديد التسليح، والماسورة إما مسدودة من أسفلها بكعب حديدى وإما ماسورة مفتوحة يوضع فى أسفلها خلطة خرسانية لتكوين السدادة.

**٤/٣/٢/٢ الخوازيق الخرسانية المنشأة بالحفر ( التثقيب – التفريغ) Bored piles**

تنفذ هذه الخوازيق بعمل حفرة فى الأرض بالقطر المطلوب حتى المنسوب المحدد ، ويتم المحافظه على ثبات قطاع الحفرة باستعمال مواسير خارجية دائمة أو مؤقتة بكامل الطول أو جزء منه أو بملء الحفرة بصفة دائمة بالمياه أو بمعلق البنتونيت. وأنواع الخـوازيق التى تنفـذ بالتفريغ والأكثـر شيوعاً هى:

**٤/٣/٢/٢ ( أ ) الخوازيق الخرسانية المنشأة بالحفر والتفريغ السابق للصب :**

**٤/٣/٢/٢ (أ -١) خوازيق بنوتو Benoto piles**

وتتلخص طريقة تنفيذها فى تغويص مواسير سميكة الجدران بطول من ٢ إلى ٤ متر بواسطة أذرع هيدروليكية تعطى حركة دائرية ترددية للمواسير ، ويتم الحفر داخلها بالكباش، ويجب ملء المواسير بالمياه عند الحفر تحت منسوب المياه لتوليد ضغط هيدروستاتيكى على قاع الحفر وتصل أقطار المواسير الى ١,٥٠ مترا ويتم تغويصها حتى أعماق تصل إلى ٤٠ مترا، ويحدد إجهاد الارتكاز حسب طبيعة طبقات تربة التأسيس ويمكن أن يصل إجهاد تحميل الخوازيق إلى ٥٥ كجم/سم٢

**٤/٣/٢/٢ (أ - ٢) الخوازيق الشريطية Barrette piles**

هى خوازيق مستطيلة تنفذ باستعمال جراب حفر الحوائط اللوحيـة وتأخـذ أشـكالا مختلفـة حسـب الحمـل [I,T,H... ] ، وطول القطاع من٢,٥٠ إلى ٤,٠٠ متر وعرضه من ٠,٤٠ إلى ١,٥٠ متر وتـصل أعماقهـا حتى٦٠,٠٠مترا. ويحدد إجهاد الارتكاز حسب طبيعة طبقات تربـة التأسـيس ويمكن أن يـصـل الإجهـاد التصميمى لتحميل الخوازيق إلى ٥٥ كجم/سم٢ .

### ٢/٣/٢/٤ (أ – ٣) الخوازيق الساندة

تستعمل الخوازيق الساندة فى بعض حالات سند جوانب الحفر للمحافظة على المنشآت أو المرافق المجاورة للحفر، وتنفذ هذه الخوازيق سواء بالإزاحة أو بالتفريغ (يدويا أو ميكانيكيا) حسب الأحوال ويجب مراعاة المحافظة على مكان ورأسية أدوات التشغيل أثناء التنفيذ حتى لا ينحرف مسارها خارج مسمار السند، ويتم تعريف الخوازيق الساندة وأنواعها طبقا للمسافات بين محاورها كالآتى :

**خوازيق متجاورة** **Adjacent piles**

وهى خوازيق من الخرسانة المسلحة تستعمل عادة فى حالة سند تربة طينية متماسكة إلى شديدة التماسك أو تربة رملية متلاحمة، وعادة لا تزيد المسافة البينية بين محاور هذه الخوازيق عن ثلاثة أمثال قطر الخازوق المستعمل فى أعمال السند.

**خوازيق متلاصقة** **Contiguous piles**

وهى خوازيق من الخرسانة المسلحة تستعمل عادة فى حالة سند تربة جافة ضعيفة التماسك أو غير متماسكة ، والمسافة بين محاورها غالبا تساوى قطر الخازوق أو أكبر قليلا (القطر + حتى ١٠ سم).

**خوازيق متقاطعة** **Secant piles**

وهى خوازيق مونة غير مسلحة ( تتكون عادة من الأسمنت والرمل والبنتونيت والمياه ) تتقاطع معها الخوازيق الخرسانية المسلحة وتستعمل عادة فى حالة التربة الطينية الضعيفة أو التربة غير المتماسكة ويكون منسوب المياه الأرضية أعلى من منسوب الحفر المطلوب تجفيفه. وتنفذ خوازيق المونة أولا على مسافات أقل من ضعف قطر الخوازيق الخرسانية المسلحة التى يتم تنفيذها بعد ذلك متقاطعة مع خوازيق المونة مكونة حائطا مستمرا ساندا مانعا لتسرب المياه.

### ٢/٣/٢/٤( أ – ٤) خوازيق ستراوس

تنفذ بحفر مكان الخازوق بواسطة البريمة والبلف يدوياً أو ميكانيكياً باستخدام الأوناش مع تغويص مواسير خارجية ( بطول ٣ متر للماسورة ) حتى منسوب التأسيس للمحافظة على جوانب الحفر مع ملئها بالمياه لمنع فوران التربة عند منسوب التأسيس، وأقطارها تتراوح بين ٣٠ و ٥٠ سم بأعماق تصل الى ١٨ متراً، ، ويحدد إجهاد الارتكاز حسب طبيعة طبقات التأسيس بحيث يكون الإجهاد التصميمى لتحميل للخوازيق المنفذة يدوياً فى حدود ١٥ كجم/سم$^2$ والمنفذة ميكانيكياً ٢٥ كجم/سم$^2$، والفيصل هو تجربة التحميل.

### ٢/٣/٢/٤ ( أ –٥) خوازيق ذات الأقطار الصغيرة ( خوازيق إبرية ) Micropiles

وتنفذ هذه الخوازيق بحفر التربة بواسطة عمود دوار مجوف بنهايته أدوات قاطعة ومن خلال التجويف يضخ سائل الحفر (مياه أو معلق البنتونيت) لطرد التربة المحفورة خارج الحفرة، وعادة تنفذ بأقطار من ١٠سم الى ٢٥ سم وبأعماق تصل إلى ٤٠ متراً، وبعد تمام الحفر يتم استبدال سائل الحفر بالمونة الأسمنتية ويتم سحب عمود الحفر ثم يثبت التسليح المناسب سواء كان سيخ حديدى بقطر حتى ٦٠ ملليمتر أو مجموعة أسياخ، كما

يمكن استخدام المواسير الصلب ، وحمل تشغيل الخوازيق يتراوح عادة بين ١٥ طن، ٦٠ طن ، وتنقل أحمال الخوازيق إلى التربة عن طريق الاحتكاك.

٢/٣/٢/٤ (ب) الخوازيق من الخرسانة أو المونة باستعمال البريمة المستمرة

**Continuous flight auger piles, CFA**

تنفذ باستعمال بريمة مستمرة مكونة من وصلات كل بطول ٦ متر ( والبادي بطول حتى ١,٥٠متر ) وبداخل البريمة ماسورة مجوفة بكامل طولها بقطر لا يقل عن ٧٥ملليمتر فى حالة استخدام المونة و١٢٥ ملليمتر فى حالة استخدام الخرسانة ويستمر الحفر بالبريمة حتى العمق المحدد ثم تضخ المونة أو الخرسانة من أعلى البريمة فى الماسورة المجوفة ، وأثناء الضخ تسحب البريمة إلى أعلى بالتربة المحفورة الموجودة على أسلحتها ويجب أن تكون معدلات ضخ المونة أو الخرسانة كافية بحيث تضمن تنفيذ خازوق بقطاع خرسانى يماثل أو أكبر من قطر الحفر ، ثم يتم إنزال التقفيصة الحديدية اللازمة لتسليح الخازوق (عادة بطول حتى ١٢,٠٠ متر ) فى خرسانة الخازوق بالضغط أو بالهـزاز ، ويمكن تنفيذ هذا النوع من الخوازيق بأقطار تصل إلى ١,٢٠متر وأطوال تصل إلى ٣٠ مترا بمشوار واحد.

ويجب مراعاة ما يلى بخصوص تصنيع الخرسانة والتسليح ومعاملات الأمان للأنواع المذكورة أعلاه:

**٢/٣/٢/٤ (ج) تصنيع الخرسانة – معاملات الأمان – التسليح**

**٢/٣/٢/٤ (ج –١) تصنيع الخرسانة للخوازيق المصبوبة فى مكانها**

يجب أن تكون مكونات الخرسانة مطابقة للمواصفات وتستعمل الإضافات الكيماوية حسب الحاجة.

**٢/٣/٢/٤ (ج –٢) معاملات الأمان لأنواع الخوازيق**

يجب أن تعطى الخلطة الخرسانية التجريبية إجهادات أكبر من المحدد بمقدار ٢٥% على الأقـل وتحـدد قـيم إجهادات التشغيل بالنسبة لإجهاد كسر مكعبات الخرسانة المأخوذة بالموقع بعد ٢٨ يوم كالآتى:

( أ ) فى حالة الصب داخل مواسير مسدودة من أسفل يجب ألا يقل معامل الأمان عن ٣,٥.

(ب) فى حالة الصب داخل مواسير مفتوحة فى نهايتها باستعمال المزراب أو مواسير الصب والقمع يجـب ألا يقل معامل الأمان عن ٤,٠.

( ج ) فى حالة الصب فى وجود أو عدم وجود غلاف تحت سطح الماء باستعمال مواسير الصب والقمع يجـب ألا يقل معامل الأمان عن ٥,٥.

( د ) فى حالة الصب بواسطة طلمبة ضخ يجب ألا يقل معامل الأمان عن ٤,٥.

(هـ) فى حالة استعمال المونة والصب بواسطة طلمبة ضخ فلا يقل معامل الأمان عن ٦,٥.

**٢/٣/٢/٤(ج – ٣) التسليح**

يلزم بصفة عامة تسليح الخازوق بنسبة لا تقل عن ٠,٦% من مساحة مقطعه فى الستة أستار العليا أو ثلاثة أمثال قطر الخازوق أيهما أطول، مع امتداده مسافة كافية فى الهامة الرابطة لرؤوس الخوازيق. ويفضل فى حالة استعمال تقفيصة حديدية بكامل طول الخازوق أن يتم تعليقها أعلى من قاع الخازوق بمسافة لا تزيد عن قطر الخازوق وذلك لتلافى انبعاج التقفيصة.

### ٣/٣/٢/٤ أنوع أخرى من الخوازيق

توجد بعض الأنواع الأخرى من الخوازيق مثل خوازيق الدمك الإهتزازى وتستخدم فى تدعيم التربة الرملية وخوازيق الزلط أو الحجر ( التربة المستبدلة ) وتستخدم فى تحسين خواص التربة الطينية.

### ٤/٢/٤ حماية الخوازيق الخرسانية من الأملاح والكيماويات

تعتبر الكبريتات أكثر الأملاح الضارة للخوازيق الخرسانية وعموما يجب ألا تقل نسبة الأسمنت فى خرسانة الخوازيق العاملة عن ٣٥٠ كجم/متر٣ لخوازيق الإزاحة ، ٤٠٠كجم/متر٣ لخوازيق التفريغ، وأن يكون الرقم الهيدروجينى للمياه الأرضية بين ٦ ، ٩.

### ٥/٢/٤ العوامل المؤثرة فى اختيار نوع الخازوق المناسب

يعتمد اختيار نوع الخوازيق على عوامل فنية واقتصادية عديدة منها :

### ١/٥/٢/٤ نوع وحالة التربة

يتم اختيار طريقة تنفيذ الخوازيق ونوعها على حسب طبيعة وتتابع طبقات التربة.

ففى حالة التربة الطينية الضعيفة جدا تكون الخوازيق سابقة الصب أو خوازيق الإزاحة باستعمال ماسورة دائمة أكثر ملاءمة.

وفى حالة التربة الطينية متوسطة التماسك يمكن استعمال معظم خوازيق الإزاحة والتفريغ.

وفى حالة التربة الطينية شديدة التماسك : فإن خوازيق التفريغ بالبريمة تعتبر أكثر ملاءمة.

وفى حالة التربة الانتفاشية يفضل استخدام خوازيق التفريغ بأقطار كبيرة وتستعمل ماسورة دائمة فى حالة تربة لها قابلية عالية للانتفاش، أو زيادة التسليح فى حالة تربة متوسطة القابلية للانتفاش.

وفى حالة التربة الرملية متوسطة الكثافة ومستمرة لأعماق كبيرة فإنه يمكن استعمال خوازيق الإزاحة بقاعدة موسعة أو خوازيق التفريغ بأقطار كبيرة.

وفى حالة التربة الرملية الكثيفة يفضل استعمال خوازيق التفريغ.

وفى حالة التربة الحبيبية الجافة المتهايلة تستخدم خوازيق التفريغ بمواسير مؤقتة أو خوازيق البريمة المستمرة، أما فى حالة التربة الحبيبية تحت منسوب المياه فإنه يمكن استخدام خوازيق التفريغ مع ملء مكان ثقب الخازوق بمعلق البنتونيت أو بالمياه .

### ٢/٥/٢/٤ الأحمال المنقولة

يعتمد حمل تشغيل الخازوق على مساحة مقطعه وطوله – مع العلم أن خوازيق الإزاحة محدودة بأقطار حتى حوالى ٦٠ سم فى حين أن خوازيق التفريغ يمكن تنفيذها بأقطار حتى ٢,٠٠متر.

### ٣/٥/٢/٤ احتياطات خاصة بالتنفيذ قرب المبانى المجاورة حسب حالتها ونوعها

يجب مراعاة حالة المبانى المجاورة وطبيعتها وكذلك نوع أساساتها ومنسوب تأسيسها ، و بصفة عامة فإنه يفضل استعمال خوازيق التفريغ بالمدن حيث أن تنفيذها لا ينتج عنه اهتزازات أو إزعاج مثل الذى ينتج أثناء تنفيذ خوازيق الإزاحة بالدق.

### ٤/٥/٢/٤ مواصفات الموقع

يجب معاينة الموقع المراد تنفيذ الخوازيق به وكيفية الوصول إليه ومسطح الأرض ومنسوب التأسيس لاختيار أنسب الطرق لتنفيذ الخوازيق وكذا نوع الماكينات التى تلائم الموقع.

### ٥/٥/٢/٤ التكلفة الاقتصادية

فى حالة وجود أكثر من نوع من أنواع الخوازيق التى تلائم الموقع يتم المفاضلة بينهم اقتصاديا مع مراعاة تكلفة أعمال الحفر وهامات الخوازيق وتخفيض منسوب المياه الأرضية إذا لزم الأمر.

### ٦/٢/٤ قدرة تحمل الخوازيق

تتوقف قدرة تحمل الخوازيق على مقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق وهبوطه ، ويعرف حمل الخازوق الأقصى بالحمل الذى يؤثر عند رأس الخازوق ويؤدى الى استمرار هبوط الخازوق دون زيادة الحمل نتيجة حدوث انهيار قص عام للتربة حول الخازوق وأسفله، ويمكن تعريف ذلك عند إجراء تجربة التحميل بأنه الحمل الذى يعطى هبوطا للخازوق يتراوح بين ٥%، ١٠% من قطره.

ويمكن حساب القدرة القصوى لتحمل الخوازيق باستخدام الصيغ والمعادلات النظرية أو الديناميكية (للخوازيق المنفذة بالدق) أو بواسطة نتائج التجارب الحقلية، على أن يتم تأكيدها بتجارب التحميل.

هذا ويراعى زيادة الإجهادات التى تتحملها الخوازيق المرتكزة على طبقات رملية أو التى تعمل بالاحتكاك وذلك بنسبة ٢٠% فى حالة أخذ الأحمال غير المستديمة فى الاعتبار ( مثل تأثير الرياح ) وبنسبة ٣٣ % فى حالة أخذ تأثير الزلازل فى الاعتبار.

### ١/٦/٢/٤ حساب القدرة القصوى لتحمل الخوازيق باستخدام الصيغ النظرية الاستاتيكية

تعطى هذه المعادلات القيم النظرية عند حدوث انهيار قص للتربة عند كعب وحول جذع الخازوق دون التعرض لقيم الهبوط تحت الحمل المؤثر عليه.

### ٢/٦/٢/٤ حساب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق

تحسب هذه القدرة باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجية.

### ٢/٦/٢/٤ ( أ ) الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق

وهى طرق تقريبية لحساب قدرة تحمل الخوازيق المنشأة بالدق فى تربة غير متماسكة الحبيبات ولا يجوز الاعتماد عليها وحدها فى تحديد حمل تشغيل الخوازيق ويفضل الرجوع إلى نتائج تجارب التحميل أو الخبرة بالمنطقة. ولا يجوز استخدام هذه الطريقة فى حالة تربة متماسكة الحبيبات.

وتعتمد جميع الصيغ الديناميكية على فرضين تقريبيين:

١- القدرة القصوى الإستاتيكية لتحمل الخازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق.

٢- مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق تحسب من طاقة الدق ومقدار تحرك الخازوق.

٤/٦/٢/٤ (ب) قدرة تحمل الخازوق باستخدام المعادلة الموجية لتحليل بيانات دق الخوازيق:

تعتمد المعادلة الموجية على تحليل انتقال الموجات الطولية فى الخازوق أثناء الدق ، ويتم حل المعادلة التفاضلية من الدرجة الثانية باستخدام الحاسب الآلى. وتعتبر المعادلة الموجية من أدق الطرق المستخدمة فى تحديد و تحليل بيانات القدرة القصوى لتحمل خوازيق الدق وكذا قيمة الاختراق الناتج عن الدق( توجد برامج خاصة لتطبيق هذه المعادلة).

٤/٦/٢/٤ ٣ قدرة تحمل الخازوق باستخدام نتائج التجارب الحقلية

تعتبر طرق استخدام التجارب الحقلية طرق تقريبية يتحتم التحقق منها بإجراء تجارب التحميل فى الموقع على بعض الخوازيق.

٤/٦/٢/٤ ٣(أ) اختبار الاختراق القياسى Standard penetration test (S.P.T)

يمكن تقدير قدرة تحمل خوازيق الإزاحة المرتكزة فى تربة غير متماسكة الحبيبات باستخدام نتائج الاختبار وتطبيق المعادلات المذكورة بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الجزء الرابع (الأساسات العميقة).

٤/٦/٢/٤ ٣(ب) اختبار المخروط الإستاتيكى Cone penetration test (C.P.T)

يعتبر هذا الاختبار أدق من الاختبار السابق إلا أن نتائجه لا تعتبر دقيقة فى حالة التربة الرملية الكثيفة جداً أو المحتوية على نسبة من الزلط – ويمكن تقدير قدرة تحمل خوازيق الإزاحة المرتكزة فى الطمى أو فى رمل سائب إلى كثيف باستخدام نتائج التجربة وتطبيق المعادلات المذكورة بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الرابع ( الأساسات العميقة ) ، أما فى حالة خوازيق التثقيب المنفذة بطريقة الحفر فتؤخذ قيمة تتراوح بين ٥٠% الى١٠٠% من القيم المحسوبة طبقاً لنوع خازوق التثقيب المستخدم وطريقة تنفيذه.

٤/٦/٢/٤ ٣ (ج) اختبار مقياس الضغط Pressure meter

يمكن استخدام هذا الاختبار فى تقدير قدرة تحمل الخوازيق فى أنواع التربة المتماسكة وغير المتماسكة الحبيبات باستخدام نتائج التجربة وتطبيق المعادلات المذكورة بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء الرابع ( الأساسات العميقة ) ويفضل استخدامه لأنواع التربة التى يصعب استكشافها . وبصفة عامة يجب أن يكون استخدام هذا الاختبار وتحليل نتائجه مقصورا على المتخصصين فى ميكانيكا التربة.

٤/٦/٢/٤ ٣ (د) استخدام اختبارات تحميل الخوازيق .Pile loading tests

تعتبر هذه التجارب المرجع الأساسى لتقييم سلوك الأساسات الخازوقية وتحديد قدرة تحملها.

٤/٦/٢/٤ ٤ قدرة تحمل مجموعات الخوازيق

فى حالة تحميل الحمل على مجموعة من الخوازيق كعنصر واحد تتعرض منطقة الارتكاز إلى تكامل الإجهادات الناتجة عن كل خازوق فتزيد الإجهادات المتولدة بالتربة ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند تحديد قـــدرة التحمـــل

والهبوط المنتظر لمجموعة الخوازيق التى تعمل كوحدة واحدة.

**٤/٦/٢/٤ ( أ ) المسافة البينية لخوازيق المجموعة**

تتوقف المسافة بين الخوازيق على طبيعة التربة وطريقة التنفيذ التى تسمح بتنفيذها دون الإضـــرار ببعـــضها أو بأى منشأ أخر. وعادة لا يقل البعد بين مركزى أى خازوقين متجاورين عن:

٣,٠٠ مرات قطر الخازوق فى حالة خوازيق الاحتكاك.

٢,٥مرة قطر الخازوق فى حالة خوازيق الارتكاز(فى حالات خاصة مرتين قطر الخازوق ).

**٤/٦/٢/٤ (ب) مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية**

من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق لا تساوى عادة حاصل جمع قدرات تحمل الخوازيق بها كما يجب أخذ الهبوط المنتظر للمجموعة فى الاعتبار حيث أن تكامل الجهود الناتجة عن خوازيق المجموعة يزيد أبعاد المنطقة المجهدة بالتربة ويرفع من قيمة هذه الإجهادات، وبمراعاة ذلك يمكن تقدير القدرة القصوى لتحمل مجموعات الخوازيق فى حالة أحمال الضغط أو الشد.

**٤/٦/٢/٤ (ج) مجموعات الخوازيق بالتربة غير متماسكة الحبيبات**

فى حالة خوازيق الارتكاز على طبقات تربة كثيفة غير متماسكة الحبيبات بمعامل أمان مناسب فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة أمر غير وارد ، وفى حالة التربة السائبة فإن قدرة تحمل المجموعة تزيد فى حالة تنفيذ مجموعة خوازيق بالإزاحة، ويراعى عند وجود طبقات ضعيفة أسفل طبقات التأسيس أن يؤخذ ذلك فى الاعتبار بالنسبة لقدرة تحمل مجموعة الخوازيق.

**٦/٤/٢/٤ (د) مجموعات الخوازيق فى الصخر**

فى الطبقات الصخرية السليمة تكون قدرة تحمل المجموعة مساوية لإجمالى قدرة تحمل الخوازيق المفردة بها.

**٥/٦/٢/٤ هبوط الخوازيق**

يوجد أساليب نظرية تقريبية لتقدير قيم هبوط الأساسات الخازوقية إلا أنه يفضل الاعتماد على نتائج تجارب التحميل باعتبارها أكثر دقة من الأساليب النظرية.

**٥/٦/٢/٤ ( أ ) هبوط الخازوق المفرد**

ويتم حساب هبوط الخازوق المفرد الذى لا يزيد قطره عن ٦٠٠ مم بمجموع ثلاثة مقادير:

١- الهبوط المرن لجذع الخازوق.

٢- الهبوط نتيجة انتقال حمل الارتكاز إلى التربة.

٣- هبوط الخازوق نتيجة انتقال حمل الاحتكاك من جذع الخازوق إلى التربة.

### ٥/٦/٢/٤ (ب) هبوط مجموعات الخوازيق

ويتم حساب هبوط مجموعة الخوازيق سواء فى التربة المتماسكة الحبيبات والتى تعمل أساساً بالاحتكاك أو فى التربة غير متماسكة الحبيبات التى تعمل أساساً بالارتكاز طبقاً لصيغ معينة يرجع إليها فى بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات "الجزء الرابع".

### ٧/٢/٤ المتانة الإنشائية للخوازيق

يجب تصميم الخازوق بحيث يتحمل الإجهادات التى يتعرض لها سواء أثناء التنفيذ أو التشغيل مع إمكان نقل الأحمال إلى التربة بمعامل أمان كاف ولا يسبب هبوط الخازوق أضراراً للمنشأ.

### ١/٧/٢/٤ إجهادات ما قبل تشغيل الخازوق

يجب العناية بدراسة الإجهادات التى تتولد فى الخوازيق أثناء تنفيذها وعموما يجب ألا يزيد الترحيل المسموح به للخازوق عن مكانه التصميمى عن (١٠/١) قطره المكافئ، ولا يزيد انحراف الخازوق أو ميله المسوح به بالنسبة لمحوره الأصلى عن ١,٥% وبحيث لا تتعدى مسافة إزاحة كعب الخازوق بالنسبة لرأسه عن نصف قطره ، وإذا زاد عن ذلك فيجب أن يؤخذ الترحيل فى اعتبارات التصميم.

### ٢/٧/٢/٤ الخوازيق المحملة محورياً

لا تتعرض الخوازيق التى تستعمل عادة والموجودة بأكملها أسفل التربة للإنبعاج ولا يؤخذ تأثير الإنبعاج فى الاعتبار إلا فى حالة التربة ضعيفة التماسك جداً.

### ٣/٧/٢/٤ الخوازيق المحملة جانبياً

تتعرض الخوازيق الرأسية لأحمال جانبية نتيجة تعرض المنشأ للرياح أو الزلازل أو نتيجة ضغوط ترابية أو لأى سبب أخر ، وبصفة عامة فإن مقاومة الخوازيق الرأسية للأحمال الجانبية محدودة.

### ٣/٧/٢/٤ ( أ ) تصميم الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال جانبية

يمكن تصميم الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال أفقية بطريقتين:

الطريقة الأولى : طريقة معامل رد فعل التربة الأفقي سواء كان الخازوق عالى المرونة أو الجساءة.

الطريقة الثانية : اعتبار التربة وسطاً مرناً فى التربة الطينية والرملية أو غير المتجانسة.

### ٣/٧/٢/٤ (ب) تقدير أقصى حمل أفقى يتحمله خازوق رأسى

يمكن حساب أقصى حمل أفقى يمكن أن يتحمله الخازوق دون انهيار للتربة الجانبية المثبتة لرأس الخازوق وذلك بالنسبة للخوازيق الرأسية الطويلة أو القصيرة.

### ٤/٧/٢/٤ مجموعة الخوازيق الرأسية المعرضة لأحمال مائلة لا مركزية

يمكن تقدير الحمل الرأسى على الخازوق فى مجموعة معرضة لحمل مائل باستخدام المعادلات الموضحة بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات "الجزء الرابع".

### ٥/٧/٢/٤ الخوازيق المائلة

تستخدم الخوازيق المائلة أساساً إذا كانت القوة الأفقية كبيرة لا يمكن تحملها بطريقة اقتصادية باستخدام الخوازيق الرأسية والهامة ويمكن تصميم الخوازيق المائلة باعتبارها محملة محورياً.

### ٦/٧/٢/٤ الخوازيق المحملة بحمل رأسى لا محورى

تتعرض الخوازيق نتيجة الأحمال المعرضة لها أو نتيجة الترحيلات أثناء التنفيذ إلى أحمال لا محورية قد تسبب إجهادات عالية فى قطاعات الخوازيق لذا يلزم ربط القواعد المرتكزة على خازوق واحد أو خازوقين بشدادات جاسئة بالقواعد المجاورة لمقاومة عزوم الإنحناء الناشئة عن ذلك.

### ٧/٧/٢/٤ خازوق مفرد تحت القاعدة

يفضل تجنب استعمال خازوق واحد (من أى نوع من أنواع الخوازيق ) تحت العمود خاصة فى الخوازيق ذات الأحمال الكبيرة ولكن إذا اقتضت الضرورة ذلك فيجب اتباع ما يلى:-

( أ ) أخذ جميع الاحتياطات المطلوبة لضمان دقة التنفيذ.

(ب) تخفيض إجهادات الخرسانة وإجهادات التربة بحيث لا تتعدى ٧٥% من الإجهادات المسموح بها.

(ج) يسمح بترحيل لمكان الخازوق لا يتعدى ٠,١ من قطره ويؤخذ تأثير ذلك فى تصميم الأساسات. وإذا زادت الإزاحة عن ذلك يتم إعادة حساب الأساسات فوق الخوازيق.

( د) يتم تربيط الخازوق فى جميع الاتجاهات إن أمكن(إتجاهين على الأقل) بميدات ذات جساءة عالية.

(هـ) إجراء تجارب تحميل بواقع تجربة لكل ٥٠ خازوق مفرد وبحد أدنى تجربتين لكل قطر(فى حالة ما إذا كان عدد الخوازيق المفردة من كل قطر فى حدود ١٥خازوق يُكتفى بتجربة واحدة لكل قطر).

( و ) عادة يجرى اختبار غير إتلافى لجذع الخازوق Nondestructive test على الخوازيق المفردة.

### ٨/٧/٢/٤ الاحتكاك السلبى بين التربة والخوازيق

إذا اخترقت خوازيق الإرتكاز طبقات ردم جافة حديثة أو تربة طينية ضعيفة جدا فإن حركة الردم لأسفل أو تضاغط التربة الطينية لتعرضها لأحمال إضافية يسبب حملا إضافيا على الخوازيق (يعرف بالاحتكاك السلبى) والذى قد ينشأ أيضا عن قلقلة الطبقات الطينية أثناء دق الخوازيق.

### ٩/٧/٢/٤ هامات الخوازيق

الهامة هى القاعدة التى تنقل حمل العمود إلى مجموعة الخوازيق المرتكزة عليها مع إهمال الحمل الذى قد ينتقل إلى التربة أسفل الهامة ويجب أن يمتد تسليح الخوازيق داخل الهامة مسافة لا تقل عن ٦٠ سم لضمان نقل القوة بالتماسك بين حديد التسليح والخرسانة.

### ١٠/٧/٢/٤ معاملات الأمان

تطبق مجموعة من معاملات الأمان عند استخدام الأساسات الخازوقية كما يلى:

١- معامل أمان لمادة الخازوق والذى يراعى فى تصميم الخوازيق باعتبارها عناصر إنشائية.

٢- معامل أمان باعتبار طبيعة التربة بالموقع ، ويحدد حمل انهيار الخازوق من تجارب التحميل.

٣- فى حالة خوازيق التفريغ ذات الأقطار الكبيرة يفضل استعمال معامل أمان ضد انهيار القاعدة ويزيد عن المعامل المستعمل لحمل الاحتكاك الأقصى لجسم الخازوق.

٤- يجب التأكد من قدرة المنشأ على تحمل الهبوط النسبى تحت أحمال التشغيل للخوازيق.

٥- إذا كان المنشأ سيتعرض لأحمال ديناميكية كبيرة لم تؤخذ فى حساب الحمل التصميمى للخازوق فيجب استعمال معاملات أمان تزيد عما جاء بالفقرة رقم (٢) السابقة.

٦- يجب أن يؤخذ فى الاعتبار تأثير وجود الخازوق ضمن مجموعة من الخوازيق حيث يمكن أن يؤثر ذلك على حمل الخازوق وهبوطه.

### ٨/٢/٤ تنفيذ الخوازيق

تنفذ الخوازيق عادة إما بالدق أو التثقيب أو بالاهتزاز أو بالجمع بينها ، مثل اللجوء الى الحفر المسبق للطبقات صعبة الإختراق بالدق أو ضخ مياه تحت ضغط لتسهيل اختراق الخازوق لبعض الطبقات.

### ١/٨/٢/٤ المعدات

تشمل معدات التنفيذ مجموعة كبيرة ومختلفة من المعدات:

### ١/٨/٢/٤ ( أ ) مطارق (شواكيش) الدق Pile driving hammers

هناك أنواع كثيرة من الشواكيش التى تستخدم فى دق أو دفع الخوازيق أو المواسير المستخدمة فى تنفيذ الخوازيق. وتكون الطاقة الأساسية المؤثرة نتيجة سقوط الثقل فوق جسم الخازوق،والطاقة الفعلية المؤثرة أثناء الدق بين ٣٠%و٩٥% حسب نوع الشاكوش وحالته وطريقة تشغيله.

### (١) مطرقة (شاكوش) حرة السقوط Drop hammer

هى عبارة عن كتلة ثقيلة (غالبا من الحديد الصلب) ترفع بواسطة كابل صلب مثبت بونش ماكينة الدق ثم تسقط حرة تحت تأثير الجاذبية فوق الخازوق أو الماسورة منزلقة على دليل قائم الماكينة.

### (٢) مطرقة (شاكوش) أحادية التشغيل Single acting hammer

هى المطرقة التى ترفع بواسطة البخار أو الهواء المضغوط أو الضغط الهيدروليكى ومسافة (المشوار) عادة حتى ١,٣٥م ، ثم يسقط حرا تحت تأثير الجاذبية فوق الخازوق أو الماسورة منزلقا على دليل قائم الماكينة ويمكن التحكم فى مسافة المشوار وعدد الدقات.

### (٣) مطرقة (شاكوش) ثنائية التشغيل Double acting hammer

هى المطرقة التى يستعمل فيها البخار أو الهواء المضغوط أو الضغط الهيدروليكى لرفعها وهبوطها وبالتالى زيادة طاقة الدق وبذلك يمكن تخفيف وزن المطرقة وتقصير المشوار لزيادة سرعة الدق.

(٤) مطرقة (شاكوش) تعمل بالديزل Diesel hammer

تعمل هذه المطرقة وفقا لنظام الاحتراق الداخلى الذى يتولد داخل حجرة الاحتراق الداخلية للمطرقة ويعمل هذا الشاكوش كأحادي أو كثنائي التشغيل، والطاقة الناتجة عن سقوط المطرقة الداخلية تتغير حسب مقاومة التربة أثناء الدق ويوصى عموما بقياس الطاقة الفعلية الناتجة وتحديد كفاءة الدق.

(٥) مطارق (شواكيش) أخرى Other types of hammers

هناك أنواع أخرى أقل استعمالا مثل الشاكوش الإهتزازى أوالشاكوش المركب وبصفة عامة يتم اختيار وزن المطرقة المناسب لوزن الماسورة أو الخازوق لتمكن الخازوق من إختراق التربة بكفاءة عالية.

(٦) وسادة المطرقة (الشاكوش) (Hammer cushion "Dolly")

تثبت هذه الوسادة أعلى الخازوق ( فى طربوش الدق أو فى الخوذة ) لحمايته من إجهادات الدق ونقل الطاقة للخازوق بدون فاقد كبير وتتوقف المواد المكونة للوسادة على نوع التربة وتوافر المواد.

(٧) وسادة الخازوق Pile cushion, packing

فى حالة الخوازيق سابقة الصب توضع وسادة من الخشب الطرى بين الخازوق والخوذة.

(٨) قائم الماكينة Leader or mast

هو جزء مهم فى ماكينة الدق مثبت به الدليل الذى ينزلق عليه الشاكوش والخازوق أو الماسورة.

١/٨/٢/٤(ب) ماكينات الحفر

العنصر الهام بها هى الصينية الدوارة والتى تستعمل فى جميع أنواع خوازيق الحفر الدوار وكذا خوازيق البريمة المستمرة حيث يتم الحفر بدوران البلف أو القاسون ، أما الخوازيق ذات المواسير الخارجية المؤقتة فيتم حفرها بالكباش ، و يستعمل البلف الساقط لحفر الخوازيق الاستراوس اليدوية والميكانيكية ويتم الحفر بواسطة الجراب فى حالة الخوازيق الشريطية.

(١) الصينية الدوارة Rotary table

وتدار بموتور هيدروليكى وتعمل على إحداث حركة دائرية عمودية على محور الخازوق.

(٢) مصدر القوى Power pack

يتكون أساسا من موتور يعمل بالديزل و طلمبة زيت تدفع الزيت إلى الموتور الهيدروليكى لإحداث حركة الدوران -يوجد فى بعض الأوناش مصدر طاقة يكفى حركة الصينية الدوارة أيضا.

(٣) أدوات الحفر Drilling tools

يتم حفر الخوازيق مستديرة القطاع بواسطة بريمة أو بلف مزودين بأظافر لتسهيل عملية الحفر، أما فى حالة الخوازيق الشريطية فيكون الحفر بواسطة جراب ذو فكين أو بواسطة طاحونة هيدروليكية.

### ٢/٨/٢/٤ أعمال التنفيذ

الطرق الشائعة لتنفيذ الخوازيق هى الدق أو الحفر، وهناك طرق أخرى أقل شيوعا مثل طريقة البرم أو الإهتزاز أو باستعمال سيفون المياه.

### ٢/٨/٢/٤ ( أ ) المناولة والتخزين

يجب مراعاة الحرص الشديد عند مناولة أو تخزين الخوازيق – مثل الخوازيق سابقة الصب أو الخوازيق الخشبية أو الخوازيق الحديدية الطويلة ( قطاع H ) حتى لا يسبب ذلك إتلافها .

### ٢/٨/٢/٤ (ب) اختيار المطرقة (الشاكوش)

يجب مراعاة ما يلى عند اختيار الشاكوش :

١- الحمل المأمون للخازوق.

٢- نوع التربة وتتابع الطبقات.

٣- وزن الخازوق أو الماسورة حسب الطول.

٤- نوع وسمك الوسادة المستخدمة لتحديد الطاقة المؤثرة أثناء الدق.

٥- نوع الخازوق حتى لا يتسبب الدق فى إلحاق الضرر بالخازوق (الخوازيق سابقة الصب).

### ٢/٨/٢/٤ (ج) دق الخوازيق

يجب إجراء الدراسات اللازمة بالموقع للتعرف على طبيعة وخواص التربة لتحديد الطول المناسب للماسورة أو الخازوق ويجب التأكد من رأسية الماسورة أثناء الدق . وعند الوصول إلى منسوب التأسيس يتم التحقق من قيمة المناعة (هبوط الماسورة الناتج عن عدد معين من الدقات بالشاكوش) المحددة ٣ مرات متتالية ويجب أن تكون غير متزايدة.

### ٢/٨/٢/٤ (د) حفر الخوازيق

يجب عمل الدراسات اللازمة التى تغطى كامل الموقع حيث أنها الطريقة الوحيدة لتحديد أطوال الخوازيق وقدرة تحملها ، كما يجب اختيار نظام الحفر والمعدات المناسبة لطبيعة التربة بالموقع.

### ٢/٨/٢/٤ (هـ) صب الخرسانة

يجب أن تكون مكونات خرسانة الخوازيق مطابقة للمواصفات مع تصميم الخلطة الخرسانية المناسبة والتأكد من خلو فراغ الخازوق قبل الصب .

وتختلف طرق الصب حسب نوع الخازوق:

**(١) خوازيق ذات غلاف ومسدودة فى أسفلها**

حيث إنها مزودة بكعب من أسفل فإن الصب من أعلى يتم فى وسط جاف ولا يسمح بوجود مياه داخل الماسورة أكثر من ١٥٠ مم، وتكون الخرسانة المستعملة ذات هبوط Slump ١٥٠±٢٥مم.

**(٢) خوازيق ذات غلاف ومفتوحة فى أسفلها**

إذا كان كعب الخازوق أعلى من منسوب المياه الأرضية فيتم الصب من أعلى، وفى حالة صب الخرسانة والماسورة بها مياه أو سوائل حفر فيتم استعمال ماسورة صب داخلية، وتكون الخرسانة المستعملة ذات هبوط ٢٠٠ ± ٢٥ مم.

**(٣) خوازيق محفورة بواسطة البريمة المستمرة**

يتم صب الخرسانة من أعلى البريمة بواسطة مضخة خرسانة ذات ضغط كاف بخرسانة ذات هبوط ١٧٥ ± ٢٥ مم.

**٣/٨/٢/٤ الإحتياطات الواجب مراعتها أثناء تنفيذ الخوازيق**

يتم التعرف على طبيعة التربة بالدراسة والفحص الدقيق كما يلزم اتباع طرق التنفيذ المناسبة واستخدام المعدات الحديثة لتلافى أو تقليل حدوث تلفيات بالخوازيق أثناء تنفيذها وضمان سلامة جسم الخازوق.

**٣/٨/٢/٤ ( أ ) الخوازيق الخشبية**

يفضل تزويد الخوازيق الخشبية بمقدمة حديدية لحمايتها أثناء الدق.

**٣/٨/٢/٤ (ب) الخوازيق الحديدية { قطاع (H ) }**

يجب التأكد من أن القطاع التصميمى يتحمل إجهادات الدق حتى الوصول للأعماق المطلوبة.

**٣/٨/٢/٤ (ج) الخوازيق الخرسانية سابقة الصب**

يمكن تلخيص المشاكل التى يتعرض لها هذا النوع فيما يلى :

١- تهشم جزئى: ويحدث عادة عند نهايتى الخازوق أو زوايا جسمه وذلك نتيجة إلى :

( أ ) شدة مقاومة الأرض للدق.

(ب) ضعف وسادة الدق.

(ج) عدم تمركز الشاكوش مع الخازوق أثناء الدق.

( د) عدم دقة تصنيع الخازوق.

(هـ) عدم شطف زوايا الخوازيق المربعة.

٢- تشققات على طول جسم الخازوق : وتحدث عادة بسبب زيادة إجهادات الدق أو الشد أو حدوث إنحناء فى جسم الخازوق أثناء النقل أو التشوين.

٣- كسر الخازوق : وينتج عن زيادة الإجهادات السابقة بدرجة كبيرة.

### ٣/٨/٢/٤ (د) خوازيق الدق الخرسانية المصبوبة فى مكانها

**(١) بدون استعمال ماسورة دائمة**

يجب تفادى حدوث تحرك جانبى للتربة فى إتجاه الخوازيق المصبوبة أو تحرك التربة رأسياً بسبب زيادة تكثيفها، ويجب أن تكون الخرسانة ذات هبوط مناسب (حوالى ١٢٥ ± ٢٥ مم ) ، ويمكن استعمال هزاز أو الدق الخفيف على الماسورة أثناء خلعها .

**(٢) خوازيق إزاحة بماسورة دائمة وباستعمال منداله داخلية**

فى حالة وجود عوائق فإن نزول الماسورة يستلزم إجهادات دق عالية قد تؤدى إلى الإضرار بالماسورة ، ولتلافى ذلك يتم إزالة العوائق أو استعمال ماسورة ذات سمك أكبر تتحمل هذه الإجهادات.

**(٣) خوازيق ذات ركيزة متضخمة**

فى حالة تنفيذ هذا النوع من الخوازيق يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتكوين الاتصال بين قاعدة ارتكاز الخازوق المتضخمة وباقى جسم الخازوق.

### ٣/٨/٢/٤/ (هـ) خوازيق التثقيب

**(١) خوازيق تستعمل فيها ماسورة دائمة أو مؤقتة**

ومشاكل التنفيذ فى هذا النوع تشمل:

١- احتمال فوران التربة الرملية أو وجود تربة سائبة أو متهايلة عند قاع الخازوق.

٢- نقص أو انبعاج فى قطر الخازوق أو وجود تداخل للتربة مع جسم الخازوق.

٣- وجود فجوات أو فصل كامل فى جسم الخازوق.

**(٢) الخوازيق الشريطية**

يجب ملاحظة عدم وجود رايش فى الويرات وملاحظة الخراطيم للتأكد من عدم وجود أى تسرب للزيت أو انخفاض للضغوط بالمانومترات أثناء العمل، كما يجب التأكد أيضاً من رأسية الخوازيق.

**(٣) خوازيق الحفر البريمى المستمر**

يجب أن تكون كمية الخرسانة المضخوخة والمكونة للخازوق أكبر من المكعب النظرى له ويجب تنفيذ هذا النوع من الخوازيق بطاقم ذو كفاءة وخبرة حيث أن عدم دقة التنفيذ قد تؤدى إلى :

( أ ) وجود فجوات فى القطاع الخرسانى للخازوق.

(ب) نقص فى المقطع الخرسانى للخازوق.

( ج) حدوث فصل كامل فى الجسم الخرسانى للخازوق.

### ٤/٨/٢/٣ (و) وصل الخوازيق

يفضل دائما تنفيذ الخوازيق بكامل طولها دون عمل وصلات وفى حالة عدم إمكان تفادى ذلك فيجب اتخاذ الاحتياطات التالية :

١- أن تكون الوصلة التى سيتم تثبيتها متمركزة مع جزء الخازوق المدفون وعلى استقامته.

٢- أن تكون الوصلة بنفس قوة الخازوق بحيث تتحمل إجهادات الضغط والشد والانحناء والقص.

### ٤/٨/٢/٤ بعض المشاكل العامة التى تصاحب تنفيذ الخوازيق

#### ٤/٨/٢/٤ (أ) العوائق تحت سطح الأرض

وتأخذ أشكالاً عديدة مثل الأساسات القديمة والأحجار الكبيرة والتجمعات الصخرية . ووجود هذه العوائق يسبب مشاكل أثناء تنفيذ الخوازيق وكثيراً ما يصعب أثناء فحص التربة تحديد نوع وحجم العائق ومدى انتشاره ، ويمكن علاج هذه المشكلة حسب عمق ونوع العائق:

(١) إذا كان العائق على عمق قليل فوق منسوب المياه يمكن إزالته بالحفر اليدوى أو الميكانيكى.

(٢) إذا كان العائق على عمق كبير ولا يمكن اختراقه أثناء دق خوازيق الإزاحة أو تنحيته جانبا أثناء حفر خوازيق التفريغ فيمكن إزالته بالحفر المسبق قبل الدق أو بالتفتيت أثناء حفر خوازيق التفريغ ذات الأقطار الكبيرة باستعمال الكباش أو الكاسور .

#### ٤/٨/٢/٤ (ب) ارتفاع أرض الموقع

تظهر هذه المشكلة عند تنفيذ خوازيق إزاحة فى تربة طينية متماسكة مشبعة بالمياه أو تربة رملية كثيفة أعلى طبقات التأسيس وينتج عن ذلك تولد ضغوط شديدة فى التربة قد تؤدى الى تحرك الخوازيق لأعلى الأمر الذى يؤثر على سلامتها ، وقد يؤدى الى حدوث إنفصال بجسم الخازوق.

ولمنع أو تقليل هذه الظاهرة تتبع الطرق التالية:

١- يكون تتابع دق الخوازيق من وسط مساحة المبنى للخارج كما يمكن زيادة المسافة بين الخوازيق.

٢- عمل حفر مسبق فى أماكن الخوازيق أو بينها لجميع الخوازيق أو بعضها حسب كثافة طبقات التربة المتتابعة .

#### ٤/٨/٢/٤ (ج) تدامك التربة

عند تنفيذ خوازيق الإزاحة فى تربة حبيبية فإن كثافتها تزيد تدريجيا بتتابع الدق الأمر الذى قد يسبب انحراف مسار الخوازيق أثناء الدق كما قد ينتج عنه تفاوت كبير فى أطوال الخوازيق واحتمال عدم إمكان دقها الى طبقات الإرتكاز . وللتغلب على هذه الظاهرة يمكن إتباع التوصيات السابقة فى الفقرة (ب).

#### ٤/٨/٢/٤ (د) انحراف الخازوق أثناء التنفيذ

ويقصد به ميل الخازوق أو ترحيله عن محوره الأصلى أو انحراف جزء منه ويكون الخازوق فى هذه الحالة على شكل قوس ، ولتفادى حدوث هذه الظاهرة يجب أن يكون سطح التشغيل الذى تقف عليه الماكينة صلباً

ومستوياً وأن يكون القائم والدليل بوصلاتهما على استقامة واحدة رأسية تماما وذوى جساءة مناسبة، كما يجب أن يكون الشاكوش و الطربوش متمركزين مع محور الماسورة أو الخازوق.

### ٤/٨/٢/٤ (هـ) إزاحة الخوازيق أثناء التنفيذ

ويحدث ذلك نتيجة لإنحراف مقدمة الخازوق أثناء تنفيذه لوجود عوائق أو طبقات متحجرة مائلة مثلا ويمكن تصحيح مكان الخازوق إذا كانت المسافة صغيرة أو على عمق قريب.

### ٤/٨/٢/٤(و) التنفيذ فى تربة ضعيفة

التربة الضعيفة تشمل التربة التى بها مواد عضوية متحللة أو طينة ضعيفة جدا أو رملية سائبة خصوصا إذا كانت تحت منسوب المياه الأرضية ، وتسبب مثل هذه الأنواع مشاكل عديدة أثناء التنفيذ . ويفضل فى هذه الحالة استعمال ماسورة دائمة أو زيادة تسليح الخازوق . وعند استعمال خوازيق الحفر البريمى المستمر فإنه يجب عدم زيادة معدلات الضغط فى ضخ خرسانة الخازوق مع ضرورة توازن معدلات ضخ خرسانة الخازوق مع معدل رفع البريمة من الأرض وكذا تقليص عدد الخوازيق المنفذة يومياً مجاورة للجار وعلى مسافات كبيرة بينها .

### ٤/٨/٢/٤ (ز) إرتفاع القفص الحديدى أثناء الصب

يجب تثبيت القفص الحديدى أثناء صب خوازيق الحفر الدوار فإذا تلاحظ ارتفاع القفص فيوقف الصب فورا ويتم اتباع ما يلى:

١- التأكد من سيولة الخرسانة بحيث يكون هبوط المخروط الخرسانى حوالى ٢٠٠ ±٢٠ مم.

٢- التأكد من أن ماسورة صب الخرسانة مغموسة بها مسافة لا تزيد عن ٣,٠٠ متر .

٣- تحريك ماسورة الصب لأعلى وأسفل فى حركات سريعة متتالية.

## ٤/٢/٩ اختبارات الخوازيق

### ٤/٢/٩/١ اختبارات تحميل الخوازيق

تعتبر تجارب التحميل هى الأساس فى تحديد قدرة تحمل الخوازيق.

### ٤/٢/٩/١ ( أ ) أنواع اختبارات التحميل

### ٤/٢/٩/١ ( أ-١) اختبارات قبل التعاقد

ويجرى هذا النوع من التجارب على الخوازيق فى المشاريع الكبيرة أو فى الأراضى الصعبة وتتم قبل تنفيذ الخوازيق العاملة لتأكيد فروض التصميم وغالباً تجرى هذه التجارب حتى حمل الانهيار.

### ٤/٢/٩/١ ( أ-٢) اختبارات فى إطار التعاقد

أ - اختبارات أولية

وتجرى فى إطار التعاقد قبل تنفيذ الخوازيق العاملة ويمكن منها استنتاج خواص التربة من واقع سلوك الخازوق

أثناء التحميل ويحدد منها حمل وهبوط الخازوق.

**ب – اختبارات على الخوازيق العاملة**

تجرى هذه الاختبارات فى جميع المشاريع على الخوازيق العاملة حتى حمل من ١٥٠% إلى ٢٠٠% من الحمل التصميمى للخازوق ولا تقل عن تجربة واحدة لكل ٢٠٠ خازوق لكل قطر (و لا تقل عن تجربة واحدة لكل ١٠٠ خازوق ستراوس)، ويمكن إجراء التجربة على خازوق واحد من خوازيق الارتكاز أما خوازيق الاحتكاك فتجرى التجربة على خازوقين أو أكثر.

**١/٩/٢/٤ (ب) تجهيز الاختبار**

يتم عمل التجهيزات اللازمة للتجربة ووسيلة قراءة هبوط الخازوق.

**١/٩/٢/٤ (ج) إجراء الاختبار**

يتم إجراء الاختبار بإضافة الأحمال ثم رفعها ورصد قراءات الهبوط والارتداد وتقديم النتائج.

**١/٩/٢/٤ (د) تحليل نتائج الاختبار**

يتم تقدير الحمل الأقصى (حمل الانهيار) وتحديد الحمل والهبوط المسموح بهما للخازوق من نتائج تجارب التحميل.

**٢/٩/٢/٤ اختبارات غير متلفة للخوازيق**

**٢/٩/٢/٤ ( أ ) اختبار سلامة جسم الخازوق**

فى المشاريع الكبرى أو فى حالة عدم التأكد من سلامة تنفيذ بعض الخوازيق يمكن استعمال هذه التجارب للتأكد من تنفيذ الخوازيق بالأطوال والأقطار التصميمية وجودة الخرسانة المنفذة.

**٢/٩/٢/٤ (ب) اختبار التحميل الديناميكى للخوازيق**

تتلخص هذه الطريقة فى إسقاط كتلة حديدية بوزن كاف سقوطاً حراً محدد المسار على رأس الخازوق بعد تجهيزه للمحافظة عليه أثناء إجراء التجربة ويتم قياس تحرك الخازوق وتمتاز هذه التجربة بالسرعة وقلة التكلفة ولكنها تتطلب خبرة وتدريب على إجراء التجربة واستخراج النتائج.

**٣/٤ القيسونات Caissons**

هى أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايا اسطوانية أو صندوقية ذات حوائط من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر، وتستخدم عادة لنقل أحمال المنشآت الكبيرة التى تنشأ بالمسطحات المائية أو تحت منسوب المياه الأرضية لترتكز على الطبقات الصالحة للتأسيس، وتملأ خلايا القيسون كلياً أو جزئياً بالخرسانة بعد الوصول لمنسوب التأسيس.

ويمكن تقسيم القيسونات طبقاً لتكوينها الإنشائى وطريقة تنفيذها الى ثلاثة أنواع :

( أ ) القيسونات المفتوحة.

(ب) قيسونات الهواء المضغوط.

(ج) القيسونات الصندوقية.

ويتم اختيار نوع القيسون المناسب طبقاً لنوعية المنشأ وطبيعة التربة و منسوب المياه الأرضية.

### ٤/٤ الدعائم : Piers

الدعائم هى أحدى أنواع الأساسات العميقة وتعتبر مرحلة متوسطة بين خوازيق التفريغ والقيسونات وهى قادرة على نقل أحمال الضغط الكبيرة ، ويمكن تصميمها لمقاومة القوى الأفقية والأحمال الرأسية الغير مركزية، وتعامل الدعائم معاملة خوازيق التفريغ إذا قل قطرها المكافئ عن ١,٥٠ متر، وتختلف الدعائم عن القيسونات فى طريقة تنفيذها حيث تنفذ الدعائم بالحفر وسند جوانب الحفر إذا لزم الأمر، وعادة يسمح اتساع قطاع الدعامة بوضع العمود عليها مباشرة بدون هامة فوقها.

وتنفذ الدعامة بحفر ثقب فى الأرض بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى حتى يصل إلى طبقة التأسيس وقد يتم توسيع قاعدة الثقب إلى حوالى ثلاثة أمثال قطاع الدعامة بهدف رفع كفاءة تحميل الدعامة أو تقليل جهود الإرتكاز على طبقة التأسيس، ثم يملأ فراغ الثقب بالخرسانة العادية وقد يتم تسليحها بالكامل أو الجزء العلوى منها بالأسياخ الحديدية أو بقطاعات من الصلب.

ويمكن تقسيم الدعائم حسب مكان تنفيذها ( سواء باستخدام الحفر اليدوي أو الميكانيكي ) إلى نوعين :

١- دعائم فى اليابسة.

٢- دعائم فى وسط مائى.

### ٤/٥ الآبار الإسكندراني

هى احدى أنواع الأساسات العميقة والقادرة على نقل أحمال الضغط إلى الطبقات الصالحة للتأسيس وهى مشابهة لخوازيق التفريغ وتنفذ أعلى منسوب المياه الأرضية فقط، وتنفذ بأقطار كبيرة تتراوح بين١,٥٠ إلى٤,٥٠ متراً وهى إما مستديرة أو مربعة المقطع وتصل أعماقها إلى٢٠ متر وعادة تنفذ بالحفر اليدوى وفى بعض الأحيان بالحفر الميكانيكى ، وتنفذ غالباً دون سند جوانب الحفر إلا أنه فى بعض الأحيان يتم سند جوانب الحفر كلياً أو جزئياً حسب طريقة التنفيذ واحتمالات انهيار الجوانب.

ويتم ملء فراغ الآبار الاسكندرانى بالخرسانة العادية وفى بعض الأحيان الخاصة قد يسمح بملئها بتربة رملية أو زلطية أو دقشوم بشرط دمكها إلى أقصى كثافة جافة – وتوضع القواعد الخرسانية المسلحة للأساسات مباشرة على سطح الآبار الاسكندرانى مع وجوب وضع أشاير حديد رابطة بين الآبار والقواعد وذلك لمنع الحركة الأفقية.

### ٦/٤ إحتياطات الأمان للأساسات العميقة

يجب قبل بدء تنفيذ الأساسات العميقة اتخاذ الإحتياطات التى تكفل الأمان للأفراد والمعدات بالموقع مع الأخذ فى الاعتبار سلامة المرافق والمبانى المجاورة ، مع التركيز على ما يلى:

#### ١/٦/٤ احتياطات الأمان العمومية فى أعمال التنفيذ

#### ٢/٦/٤ إحتياطات الأمان الخاصة بالموقع

١- اختيار طاقم المنفذين.

٢- فحص الموقع قبل بدء العمل.

٣- المواقع ذات الحالات الخاصة.

#### ٣/٦/٤ إحتياطات الأمان الخاصة بالمعدات

(أ) يجب عمل فحص شامل للمعدات وفقاً لتعليمات الشركات المصنعة لها وتعليمات الأمن الصناعى.

(ب) يجب تنظيف الشواكيش والخلاطات وفحص خراطيم الهواء والزيت والتى تعمل تحت ضغط.

(ج) يجب استبدال أو إصلاح السلاسل والحبال الصلب المفككة أو التى بها رايش وعدم السماح بوجود عقد فيها.

( د) يجب فحص الطرابيش (المستخدمة فى دق الخوازيق) دورياً واستبدالها فى حالة انضغاطها.

#### ٤/٦/٤ احتياطات الأمان الخاصة بالعاملين بالموقع

١- يجب وجود صناديق إسعافات أولية بكل موقع مع وجود شخص مدرب على استعمالها.

٢- يجب توفير الخوذات للعاملين بالمواقع، وأحذية كاوتش برقبة للعاملين بالمواقع المبتلة، وقفازات واقية لمستعملى الحبال الصلب وتوفير أحزمة أمان لمتسلقى قائم الماكينة.

٣- يجب تزويد العاملين الموجودين بجوار ماكينات دق الخوازيق بواقيات السمع ما أمكن.

٤- يجب وضع حواجز وأسوار على الأجزاء المتحركة للماكينات لمنع تعرض العمال للخطر.

٥- فى حالة صب الخوازيق حتى منسوب أوطى من منسوب سطح الأرض فيجب عمل أغطية مناسبة لها حتى لا يتعرض أحد لخطر السقوط داخلها.

٦- فى حالة قيام العمال بالحفر داخل حفرة صغيرة القطر فيجب أن تؤخذ الاحتياطات اللازمة لسلامة العامل (بربطه بأحزمة نجاة مثلاً) مع ملاحظته بصفة دائمة من سطح الأرض.

٧- يجب الرجوع إلى المهندس الإستشارى لتحديد ضرورة سند جوانب الحفر من عدمه.

٨- عند الإنارة بالكهرباء يفضل استخدام جهد منخفض للإنارة مع العناية بعزل الكابلات.

٩- بالنسبة للقيسونات يجب التأكد من خلو الهواء عند قاع القيسون من الغازات الضارة.

١٠- يجب فحص العاملين الذين يعملون تحت ضغط الهواء دورياً.

١١- يجب توصيل هواء متجدد صالح للتنفس إلى قاع البئر باستخدام المكابس والخراطيم.

# الباب الخامس

# الأساسات على التربة ذات المشاكل

## ٥/١ عموميات

### ٥/١/١ تعريف التربة ذات المشاكل

طبقا للكود المصرى (٥/١/١) تعرف التربة ذات المشاكل بأنها :

التربة التى تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لطبيعة تكوينها أو نتيجة للتغير فى الظروف البيئية المحيطة بها .

### ٥/١/٢ أنواع التربة ذات المشاكل

توجد أنواع كثيرة من التربة ذات المشاكل . وقد تعرض الكود المصرى فقط بالتفصيل لأكثر هذه الأنواع انتشارا بمصر وهى :

أ ) التربة القابلة للانتفاخ Swelling soils

ب) التربة القابلة للانهيار Collapsible soils

ج) التربة الطينية اللينة Soft clay

كما تم الاكتفاء بذكر بعض الأنواع الأخرى من التربة ذات المشاكل فى الفقرة (٥/١/٢/٣).

وفيما يلى يتم تناول كل من الأنواع الثلاثة الرئيسية الأكثر أنتشارا بمصر من حيث تعريفها والعوامل المؤثرة على سلوكها وأنواعها وتصنيفها وطرق التعرف عليها وطرق تعيين خواصها والاعتبارات الخاصة باستكشاف التربة في الموقع ومعالجتها وطرق التأسيس والمتطلبات الأساسية لتقرير أبحاث التربة في حالة التأسيس على كل نوع من الأنواع الثلاثة وذلك بالإضافة الى المتطلبات العامة لتقرير أبحاث التربة والمذكورة بالجزء الأول من الكود .

## ٥/٢ التربة القابلة للانتفاخ

### ٥/٢/١ تعريف :

هى التربة التى يزداد حجمها عند أمتصاصها للماء كما تكون نسبة الانكماش لها عالية عند خروج الماء منها ، وهى صلبة ولها مقاومة عالية للقص فى الحالة الجافة وتفقد هذه الخصائص كلما زادت نسبة الرطوبة وذلك بسبب احتوائها على معادن طينية قابلة للانتفاخ .

### ٥/٢/٢ أنواع التربة القابلة للانتفاخ :

الشيل Shale – الحجر الوحلى Mudstone – الحجر الطينى Claystone – المارل Marl (انظر البند ٥/١/٢/١ من الكود ) .

### ٣/٢/٥ العوامل المؤثره على سلوك التربة القابلة للانتفاخ

تتوقف درجة الانتفاخ على عوامل طبيعية وبيئية مختلفة ٠ وتشمل هذه العوامل التركيب المعدنى للطين ونوع الطين خاصة الطين النشط (مثل المونتموريللونيت) ونسبته والكثافة ومحتوى الماء الطبيعى النسيجى للطين والجهد الواقع على التربة والظروف البيئية المستحدثة ٠

(انظر البند ١/١/٢/٥ من الكود ) ٠

### ٤/٢/٥ التصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ

يتم التصنيف والتعرف على التربة القابلة للانتفاخ بعدة طرق تعتمد على تعيين بعض الخواص الطبيعية والهندسية ٠ وقد اشتمل الكود بالتفصيل فى البند (٣/٢/٥) على بعض طرق التصنيف الشائعة الاستخدام عالميا وهى :

( أ ) التصنيف على أساس دليل اللدونة وحد الأنكماش ومحتوى الطين والمعروفة بطريقة مكتب الاستصلاح الأمريكى USBR ٠

(ب) التصنيف على أساس دليل اللدونة ومحتوى الطين والمعروفة بطريقة Van Der Merwe (١٩٦٤) ٠

(ج) التصنيف على أساس الفاعلية Activity ومحتوى الطين ٠

(د) التصنيف على أساس دليل اللدونة وحد السيولة ٠

(هـ) التعرف على التربة القابلة للانتفاخ باستخدام نتائج اختبار الانتفاخ الحر Free Swelling ٠

( و ) التعرف على التربة القابلة للانتفاخ من التركيب المعدنى ٠

### ٥/٢/٥ قياس خصائص الانتفاخ

يتناول البند (٧/٣/٢/٥) من الكود هذا الجزء بالتفصيل ويشتمل على الطرق الآتية لقياس خصائص الانتفاخ :-

أ ) قياس ضغط الانتفاخ عمليا فى الأودومتر: وذلك باستخدام احدى الطرق التالية :

١- طريقة الإجهادات المختلفة .

٢- طريقة الانتفاخ المسبق .

٣- طريقة الاستخدام المزدوج للأودومتر .

٤- طريقة الحجم الثابت .

ب) تعيين مقاومة القص

### ٦/٢/٥ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

فى حالة أستخراج عينات التربة القابلة للانتفاخ الموجودة فوق منسوب المياه الأرضية يجب أن يتم الحفر أو التنقيب بدون إضافة مياه وأن يتم استخراج العينات بحالتها الطبيعية ، ولذلك يفضل استخدام طريقة الحفر المفتوح وأخذ عينات كتلية. وفى حالة ضرورة استخدام طرق أخرى سواء نتيجة وجود مياه أو نتيجة زيادة

عمق الحفر ، يفضل استخدام جهاز العينات الدوار ذو القلب المزدوج لاستخراج عينات بحالتها الطبيعية . وفى حالة عدم وجود مياه أرضية يفضل استخدام هذا الجهاز مع الهواء المضغوط .

وبالنسبة لعمق الجسات فيجب أن تخترق الجسات كل طبقات التربة القابلة للانتفاخ.

(انظر البند (٢/٢/٥) من الكود) .

### ٧/٢/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس للتربة القابلة للانتفاخ

هناك عدة اختيارات لتقليل أو منع تاثر الأساسات والمنشأ بانتفاخ التربة . وهذه الاختيارات تتمثل إما فى معالجة التربة أو فى اعتبارات خاصة باختيار نوع الأساس المناسب وأسلوب تصميم الأساسات والمنشأ لمقاومة الانتفاخ النسبى المتوقع .

ويعتمد اختيار واحد أو أكثر من هذه الطرق على مقدار الانتفاخ المتوقع ونوع المنشأ وأحماله والخبرة السابقة فى ظروف مماثلة والإمكانات المتاحة .

### ١/٧/٢/٥ معالجة التربة

يتناول الكود فى البند (٤/٢/٥) أهم طرق المعالجة بالتفصيل وهى :

**أ ) استبدال التربة Soil replacement**

وهو من الطرق البسيطة والفعالة فى حالة الأساسات السطحية على تربة قابلة للانتفاخ . حيث يستبدل بالتربة القابلة للانتفاخ تربة أخرى ذات مواصفات جيدة ، وتكون من تربة حبيبية غير متماسكة .

**ب) التحكم فى نسبة الرطوبة**

يمكن التحكم فى نسبة الرطوبة بالتربة فى موقع المنشأ وذلك باستخدام مصارف سطحية وتحت سطحية بالإضافة الى ما يعرف باسم حواجز التحكم الأفقية والرأسية وهذه الطرق تحتاج الى عناية فائقة فى التنفيذ وضمان عدم تسرب المياه الى تربة الأساس .

**ج) طرق معالجة أخرى**

ورد بالكود طرق أخرى لمعالجة التربة مثل المعالجة الكيميائية باستعمال الجير أو الأسمنت أو المعالجة الحرارية ولم يتطرق الى تفاصيل هذه الطرق (انظر البند ١/٤/٢/٥) .

### ٢/٧/٢/٥ طرق التأسيس

يتوقف مقدار الانتفاخ على عوامل كثيرة منها نوع التربة والعمق المتوقع تشبعه بالماء تحت الأساسات وجهد التأسيس والظروف المحيطة . لذلك يترك للمهندس الأستشارى اختيار طريقة التأسيس ونوع الأساس المناسب فى ضوء تحليل البيانات المتاحة من الموقع وخواص التربة . ومن طرق التاسيس المتبعة ما يلى (البند ٤/٤/٢/٥ بالكود) :

أ) الأساسات السطحية

وتستخدم فى حالة أمتداد سمك التربة المنتفخة الى عمق كبير يصعب أو يستحيل معه استخدام الأساسات العميقة. وفى جميع الأحوال يفضل عدم التأسيس مباشرة على التربة القابلة للانتفاخ وتستخدم طبقة استبدال تصمم بحيث تتحمل أحمال المنشأ وبدرجة دمك تناسب طاقة الانتفاخ المتوقعة .

(أ-١) القواعد المنفصلة

هى أكثر أنواع الأساسات السطحية استخداماً مع التربة القابلة للانتفاخ حيث تعمل الفراغات الموجودة بين القواعد كمتنفس لطاقة الانتفاخ كما أنه من الممكن التحكم فى تركيز الإجهادات أسفلها . وفى هذه الحالة يجب مراعاة ما يلى :

- ربط القواعد فى الاتجاهين بميد لمقاومة فروق الحركة بين القواعد .
- عدم الردم بين القواعد وحول السملات وأسفلها بالتربة الطبيعية القابلة للانتفاخ وانما توضع تربة احلال رملية أو رملية زلطية . ويجب أن يترك فراغ بين بطنية الميد والتربة .

(أ-٢) القواعد الشريطية

- يفضل أن تكون ذات عصب رأسى جاسىء يتناسب قطاعه مع الانتفاخ النسبى المحتمل.
- يراعى أن يكون عرضها صغيراً لزيادة تركيز الإجهادات أسفلها .
- إما أن تكون فى الاتجاهين أو فى اتجاه واحد مع ضرورة ربطها فى الاتجاه العمودى بميد قوية لمقاومة الانتفاخ النسبى .

(أ-٣) أساس اللبشة

لا يفضل استخدام اللبشة مع التربة القابلة للانتفاخ حيث أنها لا تسمح بوجود متنفس لطاقة الانتفاخ أسفل الأساس مما يؤدى الى زيادة إجهادات الانتفاخ المؤثرة على الأساس. وفى حالة ضرورة استخدامها يجب أن تصمم بعناية ودقة بعد دراسة التوزيع المتوقع لضغط الانتفاخ أسفلها.

ب) الأساسات العميقة

من أشهر انواعها المستخدمة مع التربة القابلة للانتفاخ الآبار والخوازيق ذات النهايات الموسعة Under reamed piles .

(ب-١) الآبار

تستخدم الآبار فى حالة وجود طبقة من تربة غير قابلة للانتفاخ على عمق مناسب ويمكنها تحمل أحمال المنشأ . وغالبا يتم حفرها يدويا وتنفذ من الخرسانة العادية بحيث ترتكز القواعد المنفصلة المسلحة على ظهر الآبار .

(ب-٢) الخوازيق ذات النهايات الموسعة

وتستخدم فى حالة وجود طبقة الأرتكاز غير القابلة للانتفاخ على عمق كبير نسبيا . وتنفذ بالتفريغ . ويراعى ما يلى فى حالة استخدام الأساسات العميقة فى التربة القابلة للانتفاخ :

- أن تكون الميد والبلاطات وجميع العناصر الأنشائية الأخرى غير ملامسة للتربة الانتفاخية .

- فى حالة الخوازيق يتم تسليحها لمقاومة إجهادات الشد الناتجة من قوى الرفع على جسم الخازوق .
- تعزل الآبار والخوازيق عن التربة الانتفاخية ويتم ذلك بأن يتم تنفيذ التثقيب بدائرة ذات قطر أوسع من القطر التصميمى للبئر أو الخازوق ويتم صب البئر داخل شدة أما الخازوق فيتم صبه داخل ماسورة ويملأ الفراغ بين البئر أو الخازوق والتربة الانتفاخية بالرمل أو بعض البدائل مثل الصوف الزجاجى والفرميكوليت الممدد والبولى إيثيلين.

### ٨/٢/٥ المتطلبات الأساسية لتقرير أبحاث التربة

بالإضافة الى المتطلبات الأساسية لإعداد تقرير أبحاث التربة والأساسات فان الكود يشير – فى حالة وجود تربة قابلة للانتفاخ – الى ضرورة احتواء التقرير على معلومات إضافية ومن أهمها ما يلى (البند ٥/٢/٥ من الكود) :

(أ) طبوغرافية الموقع .

(ب) عمق المياه الأرضية من عدمه ومصادر المياه المحتمل وصولها للموقع .

(ج) جيولوجية الموقع .

(د) تحديد خصائص الانتفاخ بالإضافة إلى الخواص الطبيعية مثل الكثافة الجافة والرطوبة الطبيعية ومحتوى الطين وحدود القوام .

(هـ) اعتبارات خاصة بالتصميم الإنشائى مثل احتمالات الحركة الرأسية والأفقية.

(و) فى حالة وجود أكثر من حل خصوصاً فى اقتراحات المعالجة يتم تقديم دراسة اقتصادية .

(ز) فى حالة اقتراح استخدام أغشية رأسية أو أفقية للتحكم فى المياه المحتمل وصولها إلى تربة الأساس ، يتم توضيح تفاصيل هذه الطرق .

كما أكد الكود على ضرورة أن يحتوى التقرير على الاحتياطات الخاصة بتجنب وصول أى مياه من مصادر خارجية الى تربة التأسيس .

## ٣/٥ التربة القابلة للانهيار

### ١/٣/٥ تعريف عام

هى التربة التى يمكن أن تتحمل جهدا عاليا نسبيا مع انضغاط صغير القيمة فى الحالة الجافة ، وعند زيادة نسبة الرطوبة تعطى هبوطاً عالياً مصحوباً بانهيار فى تكوين التربة الداخلى وتتكون بصفة عامة من رمل وطمى مع نسبة صغيرة من الطين كمادة لاحمة أو مواد أخرى لاحمة (مثل الجبس وكربونات الكالسيوم والأملاح وأكاسيد الحديد) وقد تتميز بكثافة جافة منخفضة .

### ٢/٣/٥ أنواع التربة القابلة للانهيار

من أشهر أنواعها الرمل المتلاحم Cemented sand - الرمل الطينى المتلاصق – الرمل الجيرى المتلاصق – الطمى المتلاصق – الطمى الطينى المتلاصق – تربة اللوس Loess–الكثبان الرملية Sand dunes (انظر البند ٢/٢/١/٥ بالكود) .

### ٣/٣/٥ العوامل المؤثرة على سلوك التربة القابلة للانهيار

يتأثر كل من مقدار ومعدل الانهيار على عوامل تتوقف على خصائص التربة مثل محتوى الطين والتركيب المعدنى للتربة وشكل الحبيبات والتدرج الحبيبى والكثافة الابتدائية ونسبة الرطوبة الطبيعية والتركيب النسيجى ونسبة الفراغات وحجمها وشكلها وتركيز الأيونات والمواد اللاحمة (مثل الجبس وكربونات الكالسيوم والأملاح وأكاسيد الحديد ) كما تتأثر بعوامل خارجية مثل العمق المتأثر بتغير محتوى الرطوبة نتيجة لتعرض التربة للمياه وكذلك العمق المتأثر بأحمال المنشأ.

### ٤/٣/٥ التصنيف والتعرف على التربة القابلة للانهيار

يمكن التعرف على التربة القابلة للانهيار مبدئياً من الفحص البصرى وكذلك من الخواص الطبيعية مثل الكثافة الطبيعية والجافة ، الكثافة النسبية ، نسبة الرطوبة الطبيعية ، التدرج الحبيبى ، نسبة المواد الناعمة ، نسبة الفراغات وحدود اللدونة . كما أقترحت طريقة تقييم مدى خطورة المشكلة فى حالة التربة الانهيارية والمعروفة باسم طريقة تعيين طاقة القابلية للانهيار باستخدام الأودومتر (انظر الكود ٤/٣/٣/٥) .

### ٥/٣/٥ الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة القابلة للانهيار

تناول البند (٣/٣/٥) من الكود الاختبارات المعملية الخاصة بكل من التصنيف والتعرف على التربة الانهيارية وتعيين خواصها وذلك كما يلى :

### ١/٥/٣/٥ الاختبارات المعملية للتصنيف والتعرف على التربة القابلة للانهيار

١- اختبارات بسيطة بالفحص البصرى واليدوى – (انظر البند ٢/٣/٣/٥ بالكود) .

٢- اختبارات تعيين الخواص الطبيعية : وأهمها نسبة الرطوبة الطبيعية والكثافة الطبيعية والجافة وحدود أتربرج والتدرج الحبيبى والكثافة النسبية ودرجة التشبع (انظر البند ٣/٣/٣/٥ بالكود) .

### ٢/٥/٣/٥ الاختبارات المعملية لتعيين خصائص الانهيار

وتشمل ما يلى (البند ٤/٣/٣/٥ بالكود) :

أ ) تعيين طاقة الانهيار باستخدام جهاز الأودومتر .

ب) تعيين طاقة الانهيار باستخدام طريقة الأودومتر المزدوج : وتجرى لحساب طاقة الانهيار عند إجهاد معين باستخدام تجربتين على عينتين متماثلتين .

ج) مقاومة القص : يمكن تحديد تأثير الانهيار على مقاومة القص بإجراء تجارب صندوق القص على عينات غير مقلقلة قبل وبعد غمرها بالماء .

### ٦/٣/٥ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

عند تنفيذ الجسات فى التربة القابلة للانهيار وكذلك فى جميع أنواع التربة الجافة أو المشبعة جزئيا بصفة عامة فإنه يجب تنفيذ الجسات بالطريقة الجافة لضرورة أستخراج عينات بحالتها الطبيعية ، ولذا يوصى باستخدام

طريقة الحفر المفتوح وأستخراج عينات كتلية مع ضرورة توضيح اتجاه الترسيب . وفى حالة الأضطرار الى تنفيذ جسات ميكانيكية فإنه يوصى بأن تنفذ بالهواء المضغوط وأن يتم تنفيذ نسبة من الحفر المفتوحة بجانب الجسات الميكانيكية .

كما يشير الكود (فى البند ٢/٣/٥) الى أهمية إجراء الاختبارات الحقلية فى حالة التربة القابلة للانهيار ، على أن يجرى الاختبار مرتين إحداهما على التربة فى حالتها الطبيعية والأخرى بعد غمرها بالماء لدرجة التشبع وذلك لدراسة تأثير الغمر بالماء (والانهيار المصاحب) . ومن أهم هذه الاختبارات تجارب الأختراق القياسى ولوح التحميل .

### ٧/٣/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس

فى حالة التأسيس على تربة قابلة للانهيار يتم اختيار طريقة المعالجة المناسبة طبقا لمقدار الهبوط المتوقع نتيجة الانهيار ثم تستخدم الأساسات السطحية بعد تحسين خواص التربة . أما اذا وجدت تربة غير قابلة للانهيار على عمق مناسب فيمكن استخدام الأساسات العميقة .

### ١/٧/٣/٥ معالجة التربة

ومن أهم الطرق المستخدمة لمعالجة التربة والتى ورد ذكرها بالكود (٢/٤/٣/٥) ما يلى :

أ ) الإزالة والدمك

ب) التكثيف بالهرس السطحى Densification by surface rolling

ج) التكثيف بالدق السطحى Densification by surface ponding

د ) التكثيف بالاهتزاز مع الغمر Vibroflotation

هـ) استبدال التربة Soil replacement

و ) تثبيت التربة Soil stabilization

### ٢/٧/٣/٥ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها

#### أ) الأساسات السطحية

فى حالة التربة ذات قابلية انهيار ضعيفة الى متوسطة يمكن الاكتفاء بغمر التربة عند منسوب التأسيس ثم الدمك وذلك قبل صب الأساسات مباشرة وبدون تنفيذ أى من طرق المعالجة المذكورة ، مع ضرورة تصميم المنشأ ليتحمل الهبوط النسبى المتوقع .

#### ١- القواعد المنفصلة

تستخدم فى حالة التربة ذات قابلية انهيار ضعيفة مع مراعاة تنفيذ سملات عالية الجساءة فى الاتجاهين ويفضل أن تكون السملات فى منسوب القواعد المسلحة .

٢- القواعد الشريطية

ويفضل أن تكون فى الاتجاهين نظراً لجساءتها العالية . وفى حالة تنفيذها فى اتجاه واحد فإنه يلزم ربطها فى الاتجاه العمودى بواسطة سملات عالية الجساءة ، كما يجب أن يكون قطاع القاعدة الشريطية ذات عصب جاسئ.

٣- أساسات اللبشة

نظرا لأنه يفضل فى حالة التربة الانهيارية تقليل الإجهادات على التربة فإن استخدام لبشة عالية الجساءة (أى بنظام البلاطة والكمرات المقلوبة) يكون مناسباً فى حالة قابلية الانهيار العالية نسبياً .

ج) الأساسات العميقة

وأهمها الآبار والخوازيق وتستخدم اذا وجدت طبقة صالحة للتأسيس على عمق مناسب ويوصى بأخذ تأثير الاحتكاك السالب نتيجة انهيار التربة على جوانب البئر أو الخازوق .

٨/٣/٥ المتطلبات الأساسية لتقرير أبحاث التربة

بالإضافة الى المتطلبات الأساسية لتقارير أبحاث التربة يشير الكود فى حالة التربة القابلة للانهيار إلى ضرورة أن يتضمن التقرير ما يلى :

- احتمالات تعرض الموقع للمياه .
- الخواص الطبيعية لعينات ممثلة للطبقات القابلة للانهيار عند أعماق مختلفة .
- نتائج اختبار طاقة القابلية للانهيار لعينات بحالتها الطبيعية ممثلة للطبقات المختلفة.
- نتائج اختبار التحميل باللوح فى حالة المشروعات الكبيرة .
- نتائج تعيين معاملات مقاومة القص فى حالة استخدام أساسات عميقة معرضة لضغط جانبى من تربة قابلة للانهيار .
- فى حالة استخدام تربة إحلال تتخذ الاحتياطات اللازمة لمنع حركتها الجانبية .

٤/٥ التربة الطينية اللينة

١/٤/٥ تعريف عام

هى التربة التى لها قيم منخفضة لكل من معاملات جهد مقاومة القص "c" ومعامل القوام ولها قيم عالية للأنضغاط والأنضغاط الثانوى وسلوك الزحف .

٢/٤/٥ أنواع التربة الطينية اللينة

وهى الطين عالى التضاغط ، التربة العضوية اللبفية (تربة عضوية ليفية أو غروية) ، بقايا نباتات متفحمة اسفنجية Peat ، تربة طينية عضوية متحللة Muck ، والطين القابل للتسيل (انظر الكود بند ٣/٢/١/٥) .

### ٣/٤/٥ العوامل المؤثرة على سلوك التربة الطينية اللينة

يتوقف سلوك هذه التربة تحت تأثير الأحمال على التركيب المعدنى للطين والتركيب النسيجى ونسبة المياه وظروف الترسيب والتاريخ الجيولوجى وتاريخ التحميل للطين (انظر الكود بند ١/١/٤/٥) .

### ٤/٤/٥ تصنيف التربة الطينية اللينة

يتم تصنيف التربة الطينية اللينة بناء على كل من القوام ومقاومة القص كما هو مبين بالجدول رقم ٥-٤ بالكود ، وكذلك بناء على دليل الانضغاط (الجدول رقم ٥-٥) ، كما يمكن تصنيفها بناء على قيم معاملات التضاغط الثانوى ودليل اللدونة (الجدول رقم ٥-٦ بالكود) ، وكذلك بناء على مقاومة الاختراق القياسى (الجدول رقم ٥-٣) . انظر الكود بند رقم ٢/٣/٤/٥ .

### ٥/٤/٥ الاختبارات المعملية الخاصة بالتربة الطينية اللينة والاعتبارات الخاصة بإجرائها

الطين اللين هو أكثر أنواع التربة تأثراً بالقلقلة أثناء استخراج العينات ونقلها وتخزينها وتجهيزها للاختبار وأثناء إجراء الاختبارات . لذلك يجب أن تعطى عناية خاصة لعينات هذا النوع من التربة أثناء كل العمليات السابق ذكرها حتى لاتحدث بها قلقلة سواء قبل أو أثناء إجراء الاختبارات على عينات التربة الطينية اللينة خاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية، ولذلك فقد تناول الكود بالتفصيل الاحتياطات اللازم اتخاذها أثناء إجراء الاختبارات المعملية على هذا النوع من التربة . ويرجع إلى الكود فيما يخص الاعتبارات الخاصة بتعيين خواص التربة اللينة ، وقد تم تقسيمها كما يلى :

#### ١/٥/٤/٥ اعتبارات خاصة بتعيين الخواص الطبيعية

وتشتمل على ما يلى : (انظر البند رقم ٥/٣/٤/٥ بالكود)

أ ) محتوى الماء والكثافة وحدود القوام .

ب) التدرج الحبيبى .

#### ٢/٥/٤/٥ اعتبارات خاصة بقياس خصائص التضاغط

انظر البند ٦/٣/٤/٥ بالكود .

#### ٣/٥/٤/٥ اعتبارات خاصة بقياس مقاومة القص غير المصرفة

وتشتمل على الأجهزة التالية: (انظر البند رقم ٧/٣/٤/٥ بالكود)

أ ) جهاز المحاور الثلاثة Triaxial apparatus

ب) جهاز المخروط الساقط Falling cone apparatus

ج) جهاز الاختراق الاستاتيكى Cone penetration apparatus

### ٦/٤/٥ اعتبارات خاصة باستكشاف التربة فى الموقع

يفضل فى المشروعات الكبيرة المتوقع وجود طبقات من الطين اللين بها أن تبدأ أعمال استكشاف الموقع بعدد من الجسات بغرض تحديد تتابع هذه الطبقات وأماكن تواجدها لأخذ الاحتياطات الخاصة بإجراء تجارب حقلية

مكثفة لها والحصول منها على عينات بحالتها الطبيعية لإجراء الاختبارات المعملية عليها • ويشير الكود الى إمكانية استخدام كل من الجسات اليدوية والميكانيكية مع التدقيق فى مواصفات جهاز أستخراج العينات المستخدم بما يضمن أقل درجة من القلقلة للعينات المستخرجة من التربة الطينية اللينة أو شديدة الليونة • كما يشير الكود الى أهمية إجراء الاختبارات الحقلية فى هذه النوعية من التربة وخاصة اختبارات تعيين مقاومة القص وذلك نظراً لصعوبة الحصول على عينات بحالتها الطبيعية • ومن أهم هذه الاختبارات اختبار القص المروحى الحقلى واختبار المخروط الاستاتيكى (يرجع الى الكود بند ٢/٤/٥) •

## ٧/٤/٥ معالجة التربة وطرق التأسيس على التربة الطينية اللينة

### ١/٧/٤/٥ معالجة التربة

من الطرق المستخدمة لتحسين خواص التربة اللينة ما يلى (انظر الكود بند ٢/٤/٤/٥) •

أ) التحميل المسبق .

ب) المصارف الرأسية .

ج) الخوازيق الركامية .

د) الطرق الكهربائية (مثل الطريقة الألكتروأوزموزية وطريقة التجميد) .

هـ) التثبيت بإضافة مواد مختلفة مثل الجير والأسمنت والرماد المتطاير .

و) الدمك الديناميكى .

### ٢/٧/٤/٥ طرق التأسيس والاشتراطات الخاصة بها

أ) الأساسات السطحية

قليلاً ما تستخدم الأساسات السطحية فى حالة التربة الطينية اللينة أو اللينة جدا • ومن الحالات التى قد تستخدم فيها الأساسات السطحية حالة المنشآت ذات الأحمال الخفيفة مع وجود التربة الطينية بسمك منتظم وقليل نسبيا أو وجود طبقة أو قشرة سطحية أقوى نسبياً أعلا الطين اللين وتسمح بالتحميل عليها مع توزيع الإجهادات على مساحة أكبر على الطين اللين • وعادة تستخدم أساسات اللبشة لتقليل الإجهاد على التربة • وكذلك فى حالة التأسيس على عمق كبير نسبيا (مثل حالة وجود بدروم) حيث يساعد ذلك على تقليل الجهد الأضافى بمقدار وزن التربة المزال (بند ٣/٤/٤/٥(أ) بالكود) •

ب) الأساسات العميقة

ويفضل استخدام الخوازيق سابقة الصب فى حالة الطين اللين وكذلك الخوازيق ذات النهايات الموسعة وذلك لزيادة مقاومة الأرتكاز وتقليل تأثير الاحتكاك السالب •

وبالنسبة للخوازيق المصبوبة بالموقع فيوصى بأن تنفذ باستخدام ماسورة خارجية دائمة Casing لتفادى حدوث أختناق فى قطاع الخازوق أثناء الصب أو تأثر القطاع أثناء دق الخوازيق المجاورة• ويراعى فى الخوازيق المنفذة فى طبقات من الطين اللين أن يتم أخذ تأثير الاحتكاك السالب فى الاعتبار (بند ٣/٤/٤/٥ (ب) بالكود) •

### ٥/٤/٨ المتطلبات الأساسية لتقرير أبحاث التربة

يشير الكود الى ضرورة أن يشتمل التقرير على المعلومات الآتية (البند رقم ٥/٤/٥ بالكود) :

- معلومات مبسطة عن جيولوجية المنطقة وهل هى قريبة من البحر أو أى مجارى مائية أو ناتجة من ردم برك ومستنقعات .
- ألا يقل عدد الجسات عن جسة لكل ٣٠٠ متر مربع وعن ٣ جسات للموقع الواحد.
- يجب أن يصل عمق الجسات الى الطبقات الرملية وتمتد داخلها بعمق كاف .
- تسجيل أعماق اختلاف الطبقات بدقة وكذلك الحصول على عينات مناسبة لكل متر وعند كل اختلاف فى الطبقات .
- تسجيل منسوب المياه الأرضية عند بداية ظهورها وبعد استقرارها وأخذ عينات منها .
- إجراء أحد الاختبارات الحقلية المناسبة والموضحة بالكود على الأقل .
- إجراء الاختبارات المعملية الآتية : القص – التضاغط – حدود أتربرج – التحليل الكيميائى.
- العناية بحفظ ونقل العينات إلى المعمل .
- بالنسبة لتحليل النتائج وحساب جهد التربة الآمن يؤخذ فى الاعتبار الهبوط المحتمل .
- يؤخذ فى الاعتبار الاحتياطات اللازمة لتثبيت وتحسين التربة وسلامة المنشآت القريبة من الموقع .

# الباب السادس

# الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية

## ٦/١ مقدمة

يهدف هذا الباب من الدليل الإسترشادى الى اعطاء نبذة مختصرة عن اشتراطات تصميم وتنفيذ الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية والواردة بالجزء السادس من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم الأساسات الصادر بالقرار الوزارى رقم ١٣٩ لسنة ٢٠٠١ . والغرض من ذلك أن يكون المهندس الجيوتقنى على دراية تامة باشتراطات تصميم وتنفيذ هذا النوع من الأساسات .

ملحوظة : جميع الأرقام والبنود والجداول والأشكال الواردة بهذا الباب من الدليل الاسترشادى هى أرقام البنود والجداول والأشكال بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات – الجزء السادس – الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية .

## ٦/٢ الزلازل

### ٦/٢/٢ تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات

#### ٦/٢/٢/١ الأساسات الضحلة

##### ٦/٢/٢/١ (أ) القواعد المنفصلة

يراعى ربط القواعد المنفصلة مع بعضها فى اتجاهين بميد تنفذ فى مستوى القواعد ، وتصمم الميدة على قوة محورية فى الضغط وفى الشد مقدارها ١٠% من الحمل الرأسى الأكبر من حملى القاعدتين التى تربطهما .

##### ٦/٢/٢/١ (ب) القواعد الشريطية

يراعى ربط القواعد الشريطية فى الاتجاه المتعامد عليها بميد تصمم وتنفذ طبقاً لما هو مذكور بالبند السابق ، ويتم تصميم القواعد الشريطية ذاتها على حمل محورى ضغط أو شد كما هو مذكور بعاليه أيضاً.

##### ٦/٢/٢/١ (ج) أساسات اللبشة

يراعى التأكد من إتزان المنشأ المؤسس على أساسات لبشة وذلك ضد الرفع والانقلاب طبقاً لما هو موضح بالبند ٦/٢/٤.

#### ٦/٢/٢/٢ الأساسات العميقة

تعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب ربطها بميد تصمم على حمل محورى ضغط أو شد، كما هو مذكور عاليه.

### ٣/٢/٦ تسيل التربة

يتم تقدير قابلية تسيل التربة الرملية غير الكثيفة المشبعة ذات التوزيع الحبيبى المنتظم وذلك بإحدى الطـريقتين التاليتين:

**أولاً: باستخدام نتائج اختبار ثلاثى المحاور ترددى Cyclic triaxial test**

يتم حساب قيم إجهادات القص المكافئة الناجمة عن الزلازل عند أعماق مختلفة من التربة الرملية وذلك من المعادلة (٦-٢).

يتم إيجاد قيم الإجهادات الحقلية المسببة للتسيل عند أعماق مختلفة من التربة الرملية وذلك من المعادلة (٦-٣) وباستخدام نتائج تجربة ثلاثى المحاور الترددى.

بمقارنة القيم المحسوبة عاليه يمكن أيجاد منطقة خلال عمق التربة يتوقع حدوث تسيل بها، حيث تكون الإجهادات الناجمة عن الزلازل أكبر من الإجهادات المسببة للتسيل.

**ثانياً: باستخدام نتائج تجربة الاختراق القياسى**

يتم حساب نسبة الإجهادات الناجمة عن الزلازل عند أعماق مختلفة من التربة الرملية وذلك من المعادلة (٦-٤).

يتم حساب نسبة الإجهادات اللازمة لإحداث التسيل عند أعماق مختلفة من التربة الرملية وذلك من الشكل (٦-٩).

يتم حساب معامل التسيل عند أعماق مختلفة وذلك من المعادلة (٦-٥).

الطبقات التى لها معامل تسيل أقل من ١,٠٠ تكون قابلة للتسيل. ويتم تقليل ثوابت التربة لتلك الطبقات بمقدار معامل التقليل الذى يؤخذ من جدول (٦-٢).

### ٤/٢/٦ التأرجح

يراعى تحديد إمكانية التأرجح والإنقلاب للمنشآت ذات نسبة الارتفاع الى العمق الكبيرة وللأجسام الجاسئة المرتكزة على الأرض بدون تثبيت وذلك كما يلى:

- تحسب القيمة الحرجة للعجلة الأفقية المسببة للحركة التأرجحية وذلك من المعادلة (٦-٧).
- يمكن حدوث التأرجح للمنشأ أو الجسم إذا ما كانت العجلة الأفقية للزلازل أكبـر مـن القيمـة الحرجـة المحسوبة عاليه.

يراعى دراسة الإستقرار العام للمنشأ أو الجسم اذا ما ثبت إمكانية تأرجحه وذلك كما يلى:

- تحسب الزاوية الحرجة للإنقلاب من المعادلة (٦-١٠).
- يكون الإنقلاب ممكناً بنسبـة احتمال ٥٠% إذا ما كانت الزاوية ( $\alpha$ ) الموضحة بالشكل (٦-١١) أقل من قيمة الزاوية الحرجة المحسوبة عاليه.

فى حالة ثبوت إمكانية الإنقلاب فإنه يجب تلافى ذلك بزيادة عمق التأسيس أو تثبيت المنشأ أو الجسم فى الأرض.

### ٦/٢/٥ الحوائط الساندة

#### ٦/٢/٥/١ الضغط الجانبى للتربة

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة على الحائط الساند أثناء الاهتزازات الأرضية لحالتى الضغط الفعال Active والمقاوم Passive على الترتيب كما هو موضح فى البنود التالية:

#### ٦/٢/٥/١ (أ) الضغط الفعال للتربة

تحسب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبى الفعال للتربة على الحائط ( $P_{as}$ ) من المعادلة (٦-١١) وباستخدام المعادلة (٦-١٢) التي تعطى معامل الضغط الجانبى الفعال للتربة تحت التأثير السيزمى ( $k_{as}$ ) . والمعادلة (٦-١٣) التى تعطى المعامل ( $\lambda$ ) الذى يعتمد على المعاملين السيزميين ( $c_h$ ) و ( $c_v$ ) ويراعى أخذ تأثير المعامل السيزمى فى الاتجاه الرأسى ( $c_v$ ) فى نفس الاتجاه (لأسفل أو لأعلى) خلال تحليل أتزان الحائط، وتؤخذ قيمته نصف قيمة المعامل السيزمى فى الاتجاه الأفقى ( $c_h$ ). وتؤخذ قيمة ( $c_h$ ) ٠,٠٢ للمنطقة الزلزالية الأولى، وتساوى ٠,٠٤ للمنطقة الثانية، ٠,٠٦ للمنطقة الثالثة. ويلاحظ أن قيمة ( $P_{as}$ ) تعتمد على إشارة المعامل ( $c_v$ ) وعليه يتم حساب قيمتين لها والقيمة الأكبر منهما هى التى تؤخذ فى الإعتبار عند التصميم.

من القيمة المحسوبة للحمل الكلى كما سبق يمكن طرح قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبى الفعال فى الحالة الاستاتيكية ( بدون التأثيرات السيزمية ) الذى يمكن حسابه بوضع ( $\lambda$ ) = ( $c_h$ ) = ( $c_v$ ) = صفراً فى المعادلة (٦-١٢). ويكون ناتج الطرح هو مقدار الزيادة الديناميكية (أو الزيادة الناتجة عن التأثيرات السيزمية).

ويؤخذ موضع تأثير الحمل الاستاتيكى عند ثلث ارتفاع الحائط مقاساً من قاعدته ، أما الزيادة الديناميكية فيؤخذ موضع تأثيرها فى منتصف ارتفاع الحائط.

#### ٦/٢/٥/١ (ب) الضغط المقاوم للتربة

تحسب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبى المقاوم للتربة على الحائط ( $P_{ps}$ ) من المعادلة (٦-١٤) وباستخدام المعادلة (٦-١٥) التى تعطى معامل الضغط الجانبى المقاوم للتربة تحت التأثير السيزمى ( $k_{ps}$ ) .

ويلاحظ أن قيمة ( $P_{ps}$ )المحسوبة باستخدام المعدلات السابقة تعتمد على إشارة المعامل ( $c_v$ ) وعليه يتم حساب قيمتين لها والقيمة الأصغر هى التى تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم.

ويمكن حساب قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبى المقاوم فى الحالة الاستاتيكية (بدون التأثيرات السيزمية) وذلك بوضع ( $c_h$ ) = ( $c_v$ ) = ( $\lambda$ ) = صفر فى المعادلة رقم (٦-١٤) ثم يطرح من هذا الحمل قيمة الحمل الكلى المقاوم ($P_{ps}$) و ناتج الطرح يكون هو مقدار النقص الديناميكى (أو النقص الناتج عن التأثيرات السيزمية).

ويؤخذ موضع تأثير الحمل الاستاتيكى المقاوم عند ثلث ارتفاع الحائط مقاساً من قاعدته ، أما النقص الديناميكى فيؤخذ موضع تأثيره عند ثلثى ارتفاع الحائط مقاساً من قاعدته .

**٦/٢/٥/١ (ج) الضغط الفعال نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض**

يمكن حساب المقدار الكلى (الاستاتيكى والسيزمى) للضغط الفعال على الحائط الساند نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بقيمة ( q ) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة من المعادلة (٦-١٦).

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى فقط بطرح الجزء الاستاتيكى من الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة. ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية عند ثلثى ارتفاع الحائط مقاساً من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الاستاتيكى فى منتصف ارتفاع الحائط.

**٦/٢/٥/١ (د) الضغط المقاوم نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض**

يمكن حساب المقدار الكلى ( الاستاتيكى والسيزمى ) للضغط المقاوم على الحائط الساند نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بقيمة ( q ) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة من المعادلة (٦-١٧).

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى بطرح الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة من الجزء الاستاتيكى. ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية عند ثلثى ارتفاع الحائط مقاساً من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الاستاتيكى فى منتصف ارتفاع الحائط .

**٦/٢/٥/٢ تأثير التشبع على الضغط الجانبى للتربة**

أ ) فى حالة تشبع التربة خلف الحائط بالماء يستخدم وزن وحدة الحجوم للتربة المشبعة فى المعادلات المذكورة فى البند (٦/٢/٥/١).

ب ) إذا كانت التربة خلف الحائط مغمورة تماماً تحت الماء فيمكن حساب الزيادة فى الضغط الفعال،(أو النقص فى الضغط المقاوم) نتيجة للتأثيرات السيزمية باستخدام المعادلات المذكورة فى البندين (٦/٢/٥/١(أ،ب)) مع إدخال التعديلات الآتية:

١- تؤخذ قيمة ( $\delta$ ) بنصف القيمة التى تؤخذ فى حالة التربة الجافة.

٢- تحسب قيمة ( $\lambda$ ) من المعادلة (٦-١٨).

٣- تستخدم وحدة الحجوم للتربة المغمورة فى المعادلتين (٦-١١) و (٦-١٤).

٤- الفرق بين القيم المحسوبة كما هو مبين أعلاه والقيم المحسوبة للحالة الاستاتيكية ( بوضع ( $c_h$ )=( $c_v$ ) = ( $\lambda$ ) = صفر وباستخدام وزن وحدة الحجوم المغمورة ) هو الزيادة أو النقص نتيجة للتأثيرات السيزمية.

ج ) لا يؤخذ الضغط الهيدروديناميكى المتولد فى المياه داخل التربة بشكل منفصل حيث أن هذا العامل قد تم أخذه فى الأعتبار بشكل غير مباشر.

### ٦/٢/٥/٣ حالة الإنغمار الجزئى للتربة خلف الحائط

تتوقف الزيادة الديناميكية فى حالة الإنغمار الجزئى على ارتفاع المياه خلف الحائط ويمكن حساب توزيع الضغط الناتج عن الزيادة الديناميكية فى الضغط الفعال كحاصل ضرب قيمة الضغط الرأسى الفعال عند العمق المطلوب فى المعامل المناظر له والموضح بالشكل رقم (٦-١٦). ويمكن استخدام طريقة مماثلة لحساب توزيع النقص الديناميكى فى حالة الضغط المقاوم.

### ٦/٢/٥/٤ التأثير الهيدروديناميكى لمياه موجودة أمام الحائط الساند

فى الحوائط المستخدمة كمنشآت مائية ( مثل أرصفة الموانئ وما شابهها ) يمكن أخذ التأثير الهيدروديناميكى للمياه أمام الحائط فى الاعتبار كما هو موضح بالبند (٦/٤/٥/١).

### ٦/٢/٥/٥ الثبات الكلى للحائط

عند مراجعة اتزان الحائط بالنسبة للانزلاق والانقلاب وضغط الارتكاز على التربة أسفلها تحت تأثير الزلازل يجب أخذ الملاحظات الآتية فى الاعتبار:

١- يحسب تأثير وزن الحائط نتيجة للمركبات الرأسية أو الأفقية للزلازل على أساس أنها حاصل ضـرب هذا الوزن فى المعامل السيزمى الرأسى ( $c_v$ ) و الأفقى ( $c_h$ ) على الترتيب.

٢- لا يقل معامل الأمان ضد الانزلاق عن ١,٢.

٣- مقدار اللامركزية بين محصلة القوى المؤثرة على الحائط ( بما فيها تأثير الزلازل ) ومركـز قاعـدة الحائط لا تزيد قيمته عن ٨/٣ عرض قاعدة الحائط.

٤- لا يزيد ضغط الارتكاز على التربة أسفل الحائط عن الحدود المسموحة.

### ٦/٢/٦ ثبات السدود الترابية والجسور

#### ١/٦/٢/٦ عام

يمكن أن تتسبب الزلازل فى حركات وانهيارات خطيرة للميول الطبيعية أو الجسور أو السدود الترابية. وقد ينتج الانهيار من زيادة فى إجهادات القص أو نقص فى مقاومة القص بسبب الأحمال الناتجة عن الزلازل. فالعديد من أنواع التربة يحدث له نقص كبير فى المقاومة نتيجة للتحميل المتكرر. وعلى سبيل المثال فالرمل ذو الكثافة القليلة أو المتوسطة والمغمور بالماء يكون عرضة للتسيل، وهى حالة يمكن أن تفقد فيها التربة مقاومتها بالكامل. كذلك فإن التربة الطينية شديدة الحساسية يمكن أن يحدث لها نقص كبير فى مقاومة القص نتيجة للتحميل الديناميكى. ومن الناحية الأخرى فإن الجسور التى تنشأ من تربة طينية أو تربة غير متماسكة ولكن جيدة الدمك يمكن أن تقاوم الزلازل القوية بكفاءة.

#### ٢/٦/٢/٦ انهيار السدود الترابية

يمكن أن ينهار السد الترابى نتيجة للزلازل بواحدة أو أكثر من الطرق الآتية:-

١- انشطار فى جسم السد نتيجة لحركة فالق رئيسى فى الأساسات.

٢- فقدان الارتفاع الحر فوق المياه نتيجة لفرق الهبوط الناتج عن الحركات الأرضية السفلية.

٣- فقدان الارتفاع الحر فوق المياه نتيجة لانهيار ميول جسم السد أو نتيجة لتضاغط التربة.

٤- انهيار المفيض (Spillway) أو مخارج المياه بالسد.

٥- انهيار انبوبى نتيجة لسريان المياه داخل الشقوق الناتجة عن الحركة الأرضية.

٦- ارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لسقوط كتل ترابية أو صخرية فى الخزان.

٧- ارتفاع المياه بتأثير الهزة الأرضية وغمرها لقمة السد .

٨- انهيار فى جسم الميل نتيجة للحركة الأرضية.
٩- انزلاق السد على طبقة ضعيفة فى تربة الأساس.

والأنواع السبعة الأولى من الانهيارات المذكورة يمكن اتخاذ احتياطات كافية لمنعها بإجراءات وقائية تعتمد اساسا على الخبرة وحسن التقدير والدراسة المتأنية وليس بالضرورة على إحدى الطرق التحليلية كما هو مطلوب فى حالة دراسة انهيار جسم الميل أو انزلاق السد على طبقة ضعيفة فى أساساته. والأمثلة الآتية توضح بعض هذه الإجراءات الوقائية:

١- اختيار موقع السد فى منطقة غير معروفة بالنشاط الزلزالى.
٢- زيادة ارتفاع قمة السد فوق سطح المياه لاستيعاب الهبوط أو الانهيار أو حركة الفوالق.
٣- استخدام قلب (كور) عريض يتكون من تربة لدنة ليس لها قابلية كبيرة للتشقق.
٤- استخدام تربة ليس لها قابلية كبيرة للتشقق فى المناطق الانتقالية بين تربة القلب (الكور) والقشرة الخارجية للسد.
٥- وضع التفصيلات المناسبة لقمة السد لتمنع غمرها فى حالة اجتياح المياه لها.
٦- إجراء فحص دقيق لثبات الميول الملاصقة للخزان.
٧- إحكام الوصلات بين كور الجسر والاكتاف.

ويلاحظ أن أهمية الاحتياطات الوقائية السابقة تزداد فى حالة جسور السدود الترابية (أكثر من جسور الطرق). أما طرق تحليل ثبات الميول والانزلاق فهى مهمة لجميع أنواع الجسور. وسيتم توضيح خطوات هذه الطرق فى البند (٣/٦/٢/٦).

### ٣/٦/٢/٦ طرق التحليل

يعتمد اختيار طريقة التحليل لسلوك السد أثناء الزلازل أساسا على نوع التربة المستخدمة فى إنشاء السد وكذلك على تربة الأساس. وحيث أن مقاومة التربة للقص تعتمد بالدرجة الأولى على الاجهادات الفعالة داخل الكتلة الترابية والتى تعتمد بدورها على مقدار ضغط المياه البينية المتولد أثناء الهزات الزلزالية فإنه يمكن تقسيم التربة إلى نوعين رئيسيين كما يلى:

أ ) تربة لا يزيد مقدار النقص فى مقاومتها للقص نتيجة لهزات الزلازل عن ١٥% (وهى عادة التربة المتماسكة مثل الطين قليل الحساسية. الطين الطمى والطين الرملى أو التربة غير المتماسكة ذات الكثافة العالية جدا).
ب) تربة يزيد مقدار النقص فى مقاومتها للقص أثناء الهزات الأرضية عن ١٥% (وهى عادة التربة غير المتماسكة والمغمورة بالماء وكذلك التربة الطينية شديدة الحساسية).

### ٣/٦/٢/٦ (أ) طريقة التحليل لتربة من النوع (أ)

يمكن فى هذه الحالة إجراء تحليل الثبات ضد انهيار الميل أو انزلاق السد على الأساسات باستخدام طريقة التحليل شبه الاستاتيكى. وتعتمد هذه الطريقة على مفهوم الاتزان الحدى والذى تعامل فيه كتلة التربة المحاطة بسطح الانزلاق كجسم جاسىء معرض لقوة أفقية إضافية تؤثر فى مركز كتلته. وتحسب قيمة هذه القوة الأفقية كحاصل ضرب كتلة الجسم المنزلق فى المعامل الزلزالى. ثم يستكمل التحليل بشكل عادى باستخدام طرق الاتزان الحدى الموضحة فى الجزء الثامن من الكود.

ويبين الجدول رقم (٦-٥) المعامل الزلزالى الذى يمكن استخدامه فى تحليل الميول للحصول على معامل أمان يساوى ١,١٥ والتى تعتبر قيمة مقبولة فى هذه الحالة.

وفى حالة الرغبة فى الحصول على قيمة تقديرية للهبوط المتوقع بقمة الجسر نتيجة لهزة أرضية ذات قيم قصوى محددة للعجلة الأرضية والسرعة يمكن استخدام المعادلات (٦-١٩) ، (٦-٢٠).

### ٣/٦/٢/٦ (ب) طريقة التحليل لتربة من النوع (ب)

لا يمكن استخدام طريقة التحليل شبه الاستاتيكى بثقة كافية عند التعامل مع بعض أنواع التربة مثل الرمل منخفض أو متوسط الكثافة أو الطين شديد الحساسية، وكلا النوعين يتعرض لنقص كبير فى مقاومته لاجهادات القص أثناء الهزات الأرضية. وللحصول على نتائج يعتمد عليها فى مثل هذه الحالات فإنه يلزم عمل تحليل ديناميكى للاجهادات والانفعالات المتولدة فى جسم الجسر أو السد باستخدام طريقة العناصر المحدودة مع استخدام معاملات للتربة مستنتجة من تجارب معملية لعينات تخضع لاهتزازات مماثلة للاهتزازات التصميمية بالإضافة إلى أنه يمكن الاستفادة أيضا من نتائج اختبارات الاختراق القياسى بالموقع.

## ٣/٦ أساسات الماكينات

### ١/٣/٦ مقدمة

يتم تصميم أساسات الماكينات بالأخذ في الإعتبار حالتي التحميل الساكنة ( الاستاتيكية ) والمتحركة (الديناميكية) . وتُصمم أساسات الماكينات باتباع ثلاثة خطوات رئيسية:

١- تحديد الأحمال الديناميكية الناتجة عن الماكينات وذلك من كتالوج التشغيل للماكينات.

٢- تقدير الانفعالات الديناميكية Dynamic response باستخدام النظريات المتاحة.

٣- مقارنة الانفعالات الديناميكية بما هو مسموح به في المواصفات لتجنب الضرر علي المنشأت.

ويختص هذا البند بتقدير الانفعالات الديناميكية علي الأساس والتربة لتحديد المقاس المناسب لقواعد الماكينات ، وذلك باتباع ما يلي:

١- يتم تحليل الأساسات السطحية كما هو موضح بالبند ١/٢/٣/٦ . ويتم فيها حساب سعة الإزاحة الاستاتيكية والديناميكية وكذلك معامل التضخم والانتقال Transmissibility . ويؤخذ في الاعتبار تأثير عمق الأساس (البند ٢/٢/٣/٦) وتأثير وجود طبقة صلدة قريبة من الأساس (البند ٣/٢/٣/٦) .

٢- يتم التأكد من عدم حدوث رنين باتباع ما ورد في البند ٣/٣/٦ .

٣- يتم التأكد من قدرة تحمل التربة باتباع ما ورد فى البند ٥/٣/٦ .

٤- يتم حساب الهبوط طبقاً للبند ٦/٣/٦ ويتم التأكد من عدم تجاوزه الحدود المسموح بها .

### ٢/٣/٦ اهتزاز الأساسات السطحية

#### ١/٢/٣/٦ تحليل الأساسات السطحية

تتبع الخطوات التالية فى تحليل ودراسة تأثير الاهتزازات على الأساسات السطحية للماكينات :

(أ) تُمثل القاعدة والتربة بنظام ذى درجة حرية واحدة Single degree of freedom System له كتلة (m) ويرتبط بزنبرك ذى كزازة ثابتة (K) وماص للصدمات Dash pot damper ذى قيمة ثابتة (C) . ثم تُحسب الكزازة (K) ونسبة الاضمحلال (D) من الجدول (٦-٦).

(ب) تُحسب القوة المؤثرة من الماكينة طبقاً لنوع الماكينة وذلك باستخدام المعادلات (٦-٢١) ، (٦-٢٢) ، (٦-٢٣) .

(جـ،د) تُحسب قيمة التردد الطبيعي غير المضمحل ($f_n$) ونسبة الكتلة (B) ونسبة الاضمحلال (D)، وذلك من الجدول (٦-٦) .

(هـ) تُحسب قيمة سعة الإزاحة الاستاتيكية طبقاً للمعادلة (٦-٢٤) .

(و) تُحدد قيمة معامل التضخم (M) من الشكل رقم (٦- ٢١) أو الجدول (٦-٩) وذلك بمعلومية نسبة (التردد التشغيلي/التردد الطبيعي) أي ($f/f_n$) . حيث تُؤخذ قيمة التردد التشغيلي من كتالوج الماكينة بينما تُؤخذ قيمة التردد الطبيعي من الفقرة (جـ) عاليه .

(ز) تُحسب أقصي قيمة لسعة الإزاحة الديناميكية من المعادلة (٦- ٢٥) ، مع ضرورة إضافة الاضمحلال الداخلى للتربة Material damping ، وهو لا يزيد عن ٥% من الاضمحلال الهندسي Geometric damping والمحدد من الجدول (٦- ٦) .

(ح) يجب التأكد من الآتي :

١- لايزيد معامل التضخم (M) والمحسوب من الفقرة (و) أعلاه عن ١,٥٠ .

٢- يجب ألا تزيد قيمة أقصي إزاحة ديناميكية ، والمحسوبة من الفقرة (ز) أعلاه ، عن القيم المسموح بها طبقاً للشكل (٦- ٢٢) .

٣- يجب ألا تزيد قيمة معامل الانتقال Transmissibility والمحددة من الجدول (٦- ٩) عن ٣%.

فإذا لم يتحقق الشرطان الموجودان في الفقرتين (١) و (٢) يتم تعديل تصميم القاعدة وتُعاد الخطوات السابقة ، أمّا إذا لم يتحقق الشرط الموجود في الفقرة (٣) فيجب عزل الأساس طبقاً للبند (٦/٦).

### ٢/٢/٣/٦ تأثير عمق الأساس

تزداد جساءة الأساسات وكذلك معامل الاضمحلال بزيادة عمق التأسيس . ويتم حساب الكزازة المعدلة بضرب الكزازة (K) المحسوبة من الجدول (٦– ٦) في المعامل (η) المحسوب من الجدول (٦– ١٠) ، بينما يتم حساب معامل الاضمحلال المعدل بضرب المعامل (C) المحسوب من الجدول (٦– ٦) في المعامل (α) المحسوب من الجدول (٦– ١١) . ويتم حساب المعاملات (η) و (α) لعمق أساس (d) .

### ٣/٢/٣/٦ تأثير وجود طبقة صلدة قريبـــة

تتغير كزازة الأساس بوجود طبقة صخرية صلدة أسفل الطبقة السطحية . وبتغير كذلك معامل الإضمحلال لحركة الاهتزازات الرأسية لنفس السبب . ويُمكن حساب الكزازة المعدلة نتيجة وجود طبقة صخرية صلدة من المعادلات ( ٦ – ٢٦ ) ، ( ٦ – ٢٧ ) ، ( ٦ – ٢٨ ) ، بينما يُحسب معامل الإضمحلال المعدل من المعادلات ( ٦ – ٢٩ ) إلى ( ٦ – ٣٣ ) .

### ٤/٢/٣/٦ الخواص الديناميكية للتربة

يتم الرجوع للبابين الأول والثاني من هذا الدليل الاسترشادى.

### ٣/٣/٦ تصميم أساسات الماكينات لتجنب حدوث رنين

يجب دراسة احتمال حدوث رنين في أي نوع تربة . وتُصبح هذه الدراسة واجبة في حالة وجود تربة غير متماسكة أسفل الأساس . وبصفة عامة يجب أن يختلف تردد الماكينة (f) ، والموجود بالكتالوج التشغيلي عن التردد الطبيعي للماكينة والأساس معاً ( $f_n$ ) المحسوب من البند ١/٢/٣/٦ بمقدار ± ٢٠% ، ويُمكن الاسترشاد بالخطوات التالية كتصميم ابتدائي.

### ١/٣/٣/٦ الماكينات ذات سرعات تشغيل عالية

وهي الماكينات التي لها سرعة تشغيل تزيد على ١٠٠٠ لفة / دقيقة . وفيها تصمم قواعد الماكينات بحيث لاتزيد قيمة التردد الطبيعي للماكينة والقاعدة ($f_n$) عن نصف قيمـــة التـــردد التشغيلي ( f ).

### ٢/٣/٣/٦ الماكينات ذات سرعات تشغيل منخفضة

وهي الماكينات التي لها سرعة تشغيل تقل عن ٣٠٠ لفة / دقيقة . وفيها تصمم قواعد الماكينات بحيث لاتقل قيمة التردد الطبيعي للماكينة والقاعدة ($f_n$) عن ضعف قيمـــة السرعة التشغيلية (f).

### ٣/٣/٣/٦ تداخل الاهتزازات

يُمكن تقدير الحد الأدني لتردد ذبذبتين متداخلتين من الاهتزازات الأفقيـة والتأرجحيـة باستخدام المعـادلات ( ٦ – ٣٤ ) ، ( ٦ – ٣٥ ).

## ٤/٣/٦ الأساسات المعرضة لأحمال الصدم

### ١/٤/٣/٦ مقدمة

يختص هذا البند بأساسات الماكينات ذات المطارق والشواكيش ، مثل ماكينات المكبس المسببـة لأحمال صدم Impact loading machine.

### ٢/٤/٣/٦ الماكينات ذات المطارق والشواكيش

يتم تصميم أساسات الماكينات ذات المطارق والشواكيش باتباع الخطوات التالية :-

١- يتم تحديد سمك وساند الارتكاز طبقاً للجدول ( ٦ – ١٢ ).
٢- يتم تحديد المسافة بين أساسات الماكينات والأساسات المجاورة بحيث توفر زاوية لاتزيد عن ٢٥ درجة طبقاً للشكل ( ٦ – ٢٤ ).
٣- يتم تحديد أبعاد افتراضية للأساسات بمعلومية البيانات المطلوبة للتـصميم وكمـا هـو مـذكور بالبنـد ٢/٤/٣/٦ (ب).
٤- يتم حساب الإزاحة لسندان الماكينة والأساس باتباع الخطوات المذكورة في البند ٢/٣/٦.

ويجب التأكد من الآتي :
١- لا تتعدي قيمة الإزاحة المحسوبة القيم الواردة في البند ٢/٤/٣/٦ (ج).
٢- لاتزيد الإجهادات علي التربة عن أقصي قيم مسموح بها.

### ٣/٤/٣/٦ ماكينات المكابس والتشكيل

نظراً لأن التأثير الديناميكي الناتج عن المكابس الهيدروليكية ضعيف جداً فإنه يتم تصميم أساسات ماكينات المكبس والتشكيل بالطرق الاستاتيكية الاعتيادية باتباع الخطوات التالية :

١- يُؤخذ معامل الحمل الزائد الديناميكي بقيمة قدرها ( ٢ ) ، كما يُنصح بأخذ ضعف وزن المادة المطلوب كبسها في الإعتبار عند التصميم ، وفي حالة مكابس الطبع فإن الحمل الزائد الـديناميكي يكـون بـسبب سقوط المكابس ( Ram ) علي سندان التشكيل .
٢- في حالة المكابس الكبيرة ذات الكتل اللامركزية Large eccentric presses تتولد أحمال ديناميكية إضافية ، علاوة علي عزم تصادمي . وتؤخذ قيمة العزم الاستاتيكي المكافئ أو القوة الاستاتيكية المكافئة مساوي لخمسة أضعاف قيمة العزم العادي أو القوة الطاردة المركزية المؤثرة علي الأساسات .

### ٦/٣/٥ قدرة التحمل

١- يجب دمك التربة جيداً قبل التأسيس لتجنب حدوث هبوط بسبب الاهتزازات . ويتم حساب مقاسات القواعد لتعطي إجهادات آمنة عند منسوب التأسيس طبقاً للمعادلات ( ٦ – ٣٦ ) إلى ( ٦ – ٣٩ ) ، وبحيث لاتتعدي الإجهادات الواقعة ( $q_{act}$ ) نصف قيمة الإجهاد الآمن ( $q_{all}$ ) للتربة في حالة التحميل الاستاتيكي، ولاتتعدي ٧٥% من الإجهاد الآمن في حالة التحميل الديناميكي.

٢- غير مسموح بالشد أسفل الأساسات .

٣- يُفضل تحديد مقاسات القواعد بحيث تُحقق العلاقة المطلوبة بين وزنها ووزن الماكينة ، كما هو موضح بالمعادلات ( ٦ – ٤٠ ) ، ( ٦ – ٤١ ).

٤- يجب أن لا يقل سمك القاعدة عن ٦٠ سنتيمتراً .

### ٦/٣/٦ تقدير الهبوط

١- عند تعرض قواعد الماكينات للاهتزازات تزداد الكثافة النسبية لهذه التربة ويحدث هبوط. وبصفة عامة يجب ألا تقل الكثافة النسبية للتربة المعرضة للاهتزازات عن ٧٥% ، ويجب أن تكون أكثر من ذلك في الماكينات الكبيرة التي ينتج عنها اهتزازات عالية .

٢- يتم حساب الهبوط باستخدام المعادلات ( ٦ – ٤٢ ) إلى ( ٦ – ٤٩ ) .

٣- يجب أن لاتتعدي قيمة الهبوط القيم المعطاه بالكود .

### ٦/٣/٧ الاهتزازات الناتجة عن الماكينات المرتكزة علي أساسات خازوقية

يتناول هذا البند طريقة تصميم أساسات خازوقية حاملة لماكينات يزيد وزنها بالإضافة لوزن قاعدتها عن ٢٥ كيلو نيوتن . ويلزم اتباع ما يلي :

١- يتم أولاً اختيار نوع الخوازيق المستخدمة في أساسات الماكينات . ويعتمد ذلك علي قطاع التربة أسفل الهامات بالإضافة إلي الأحمال المتوقعة من الماكينات .

٢- يتم تحديد الخصائص الديناميكية للماكينات من الكتالوج الخاص بها .

٣- يتم تحديد عدد الخوازيق طبقاً للحمل الاستاتيكى للماكينات والحمل التشغيلي للخوازيق . مع مراعاة أن لايتعدي أقصي حمل علي الخوازيق الحاملة لماكينات مولدة للاهتزازات عن ٧٥% من الحمل الاستاتيكى الآمن للخوازيق .

٤- يتم تحديد الخواص الديناميكية لنظام الخوازيق والهامات والماكينات المحملة عليها ( التردد الطبيعي ) وذلك طبقاً للبنود ( ٦/٣/٧/١ ) ، ( ٦/٣/٧/٢ ) ، ( ٦/٣/٧/٣ ) ، ( ٦/٣/٧/٤) مع أخذ تأثير وجود مجموعة خوازيق في الإعتبار ، كما هو مذكور بالبند (٦/٣/٧/٧).

٥- يتم حساب الأحمال الأفقية والرأسية الواقعة علي الأساس ( الخوازيق والهامات ) بافتراض نظام ذو درجة حرية واحدة Single degree of freedom system ، وباستخدام الخصائص الديناميكية المحسوبة في الفقرة (٤) عاليه، وكذلك بمعرفة كتلة الهامات والماكينات وكذلك أقصي قوة متوقعة ودالة الحركة والعجلة القصوي .

٦- يتم التأكد من سلامة الأساسات تحت تأثير الأحمال الديناميكية باتباع الخطوات التالية :

- يتم مقارنة التردد الطبيعي للماكينة والأساس معاً في الاتجاهات المختلفة بالتردد التشغيلي للماكينة في نفس الاتجاهات . ويجب التأكد من عدم حدوث رنين بعدم تقارب قيمتي التردد . وفي حالة تقارب القيمتين يتم اتباع إحدي الطرق التالية مع إعادة الخطوات أرقام (٤) ، (٥) ، (٦):
  - زيادة المسافة بين الخوازيق.
  - زيادة عدد الخوازيق .
  - زيادة قيمة اختراق الخوازيق داخل الهامة لضمان تثبيت نهايتها .
  - زيادة سمك الهامة.
  - استخدام خوازيق مائلة.
- يتم مقارنة الحمل الديناميكي الرأسي الناتج من الاهتزازات والمحسوب في الخطوة رقم (٥) عاليه بالحمل الرأسي التصميمي للخازوق والمحسوب طبقاً للخطوة رقم (٣) عاليه. وفي حالة زيادة الحمل الرأسي الديناميكي المتوقع عن الحمل التشغيلي الديناميكي للخازوق، يتم زيادة عدد الخوازيق وإعادة الخطوات (٤) ، (٥) ، (٦) .
- يتم دراسة سلوك الخازوق/ التربة تحت تأثير الحمل الديناميكي الأفقي والمحسوب في الخطوة رقم (٥) عاليه باستخدام نموذج كمرة علي أساس مرن Beam on elastic foundationوطريقة العناصر المحددة ، وذلك للتأكد من قدرة تحمل التربة للإجهادات الواقعة عليها والتأكد من سلامة قطاع وتسليح الخازوق نتيجة إجهادات العزوم . وفي حالة زيادة الإجهادات الواقعة علي التربة أو الخازوق عن الإجهادات القصوي المسموح بها ، يجب زيادة عدد الخوازيق وإعادة الخطوات (٤) ، (٥) ، (٦) .

٧- يُراعي فحص التربة أثناء تنفيذ الخوازيق مع مراعاة الرجوع للاستشاري إذا حدث اختلاف عن قطاع التربة التصميمي.

٨- يتم تطبيق شروط ومواصفات تنفيذ الخوازيق طبقاً لمواصفات المشروع أو الشروط المذكورة في الجزء الرابع ( الأساسات العميقة ) من كود الأساسات.

٩- بعد انتهاء تنفيذ الخوازيق يتم عمل رفع مساحي لدراسة مدي تطابق الرسم والتنفيذ ، مع وضع الحلول اللازمة في حالة وجود فروق غير مقبولة بين الرسومات التصميمية وماتم تنفيذه.

### ٤/٦ الاهتزازات الناشئة عن التفجير

#### ١/٤/٦ التفجير عند حفر الأرض

١- يتم عمل دراسة للموقع والمنشآت والمرافق المجاورة ، مع عمل تسجيل دقيق بصور فوتوغرافية . ويجب أن تكون الدراسة دقيقة لكل المنشآت الواقعة في دائرة لا يقل نصف قطرها عن ١٥٠ متر من موقع التفجير مع رصد أي شروخ أو تشوهات .

٢- يتم اتخاذ الإجراءات اللازمة للمحافظة علي هذه المنشآت .

٣- يتم تحضير سجل مكتوب يحتوي علي كل الملاحظات الخاصة بكل جزء من هذه المنشآت مع صور لكل العيوب المكتشفة Dilapidation survey .

٤- يتم حساب سرعة الحبيبة القصوي أسفل كل منشأ من المنشآت المرصودة والمذكورة في الخطوة رقم (١) عاليه، وذلك طبقاً للطريقة المذكورة في البند ٢/١/٤/٦ وباستخدام الشكل رقم (٦-٢٦) .

٥- يتم تقدير حدوث أضرار للمنشآت السكنية أو الحس الآدمي طبقاً للشكل (٦-٢٧) والشكل (٦-٢٨) بالبند ٢/١/٤/٦.

٦- إذا ثبت توقع حدوث أضرار علي المنشآت أو الإنسان طبقاً للخطوة رقم (٥) عاليه ، فإنه يُمكن تخفيض وزن العبوة الناسفة إلي حد الأمان ، والذي لاتزيد فيه سرعة الحبيبات أسفل المنشأ ، وهي السرعة الناشئة عن التفجير ، عن ٥٠ مم/ثانية إذا كان التردد يزيد عن ٤٠ هيرتز (حالة التفجير ) أو لاتزيد عن ٢٠ مم/ثانية إذا كان التردد يقل عن ٤٠ هيرتز ( كما في حالة دق الخوازيق ) .

### ٣/١/٤/٦ التفجير لتكثيف التربة

يُستخدم التفجير لتكثيف التربة الرملية السائبة المشبعة وذلك بغرض خفض قابلية التربة للتسييل وزيادة قدرة تحملها وعادة يتم اتباع الخطوات التالية للتفجير :

١- إجراء التجارب والاختبارات اللازمة لتحديد خصائص التربة بغرض تحديد كمية الشحنات المثلي وعمق وتتابع التفجير .

٢- تنفيذ ثقب بالتربة بواسطة دفع الماء Jetting أو أي طريقة أخري مع استخدام ماسورة تغليف أو سائل البنتونيت لسند جوانب الثقب، وعادة يكون الثقب ذو القطر ١٥٠ مم كافياً.

٣- وضع المتفجرات علي أعماق مناسبة خلال الطبقة الرملية السائبة، وذلك أثناء سحب ماسورة التغليف أو مع بقاء ماسورة التغليف إذا كانت من البلاستيك الذي لا يستخدم ثانية، وغالباً مايتم وضع هذه الشحنات عند أعماق تناظر ثلث وثلثي سمك الطبقة السائبة .

٤- استخدام شحنات تفجير بكثافة تناظر ١٠ جم/م٣ إلي ٣٠ جم/م٣ من التربة المطلوب تكثيفها ، مع ضرورة التأكد من أن شحنات التفجير المستخدمة ضعيفة نسبياً بحيثُ تقع الاهتزازات الناتجة خارج موقع التفجير في الحدود المسموح بها وطبقاً للبند ١/٤/٦.

٥- ردم الثقب أو سده أعلي المتفجرات .

٦- تفجير الشحنات بترتيب وبتوقيت مناسب بين الشحنة والأخري .

٧- إجراء التجارب اللازمة لقياس التحسن الحادث في كثافة التربة .

## ٥/٦ منشآت خاصة

### ١/٥/٦ مقدمة

يتناول هذا الجزء تأثير الأحمال الديناميكية والاهتزازات علي خطوط الأنابيب والأنفاق والسدود والمنشآت المرفوعة .

### ٢/٥/٦ خطوط الأنابيب

١- يتم أولاً عمل تخطيط لمسار الخط المطلوب تنفيذه ( سواء كان خط أنابيب أو نفق ) . ويجب مراعاة عدم مرور مسار الخط علي فوالق ذات نشاط زلزالي ، وذلك لتجنب حدوث كسر أو إجهادات عالية نتيجة فروق الحركة عند الفالق.

٢- يتم عمل قطاع جيولوجي طولي لمسار الخط المطلوب تنفيذه ، وتحديد خصائص التربة لكل مسافة Segment ذات طول معين تحدد طبقاً لظروف التنفيذ ومعدل تغير خصائص التربة خلال المسار.

٣- يتم تحديد القطاع الداخلي ( القطر الداخلي أو الأبعاد الداخلية ) لخط الأنابيب أو النفق ، وذلك طبقاً للمتطلبات التشغيلية.

٤- يتم عمل تصميم ابتدائي لتحديد سمك تقريبي لجسم الخط مع استخدام طريقة المجال الحر الموضحة بالبند ١/٢/٥/٦ والبند ٢/٢/٥/٦ ، لحساب الإجهاد والانفعال المحوري والعرضي في جسم الخط ، وذلك كحسابات ابتدائية فقط.

٥- يتم عمل دراسة تفصيلية دقيقة تشمل التحليل الديناميكي التفصيلي باستخدام إحدي الطرق الرقمية المعروفة ( كطريقة العناصر المحدودة ) وحركات أرضية مناسبة عند نقاط التثبيت وعند كل تغير متوقع في نوع الهزة الأرضية أو قطاع التربة ، مع أخذ ما يلى في الاعتبار :

- التأثير الديناميكي المتبادل بين جسم الخط والتربة المحيطة .
- تغير خواص التربة في الاتجاه الطولي أو العرضي لجسم الخط .
- التمثيل المناسب للموجات الزلزالية عند النقاط المختلفة علي كامل جسم الخط .
- طبيعة القوي علي السطح الخارجي لجسم الخط .

٦- يُراعي عند تنفيذ الخط فحص التربة للتأكد من تطابقها مع الدراسة التصميمية . وفي حالة ظهور اختلاف يتم الرجوع إلي المصمم لعمل الدراسة اللازمة .

### ٣/٥/٦ الأنفاق

تُعتبر دراسة مسار النفق من أهم البنود الواجب أخذها في الإعتبار حيثُ يُوصي بتجنب مرور النفق في مناطق الفوالق الزلزالية النشيطة لتلافي حدوث كسر أو إجهادات عالية في جسم النفق نتيجة الحركة النسبية بين جانبي الفالق .

ويُمكن اعتبار الأنفاق المرنة أو ذات القطاع الصغير حالة من حالات خطوط الأنابيب الواردة في البند السابق. ولذلك فإنه يُمكن اتباع الخطوات الواردة في البند ٢/٥/٦ لعمل تصميم ابتدائي لجسم النفق . ولعمل تصميم نهائي فيجب اتباع طريقة رقمية دقيقة مثل طريقة العناصر المحدودة لتحليل الإجهادات وعمل التصميم وذلك طبقا للبند ٢/٥/٦ الفقرة (٥) والفقرة (٦).

### ٢/٤/٥/٦ السدود التثاقلية الخرسانية والحجرية

يستخدم هذا البند فى حساب أحمال الزلازل المستخدمة فى التصميم النهائى للسدود الصغيرة والتصميم الإبتدائى للسدود الكبيرة وذلك طبقاً لما يلى:

٦/٤/٥/٢ (أ) التأثير الهيدروديناميكى لمياه الخزان خلف السد

يحسب الضغط الهيدروديناميكى على وجه السد الأمامى من المعادلة (٦-٧٤) وباستخدام المعادلة (٦-٧٥) والشكل (٦-٣٠).

تحسب قوى القص والعزوم عند أى مستوى فى جسم السد من المعادلتين (٦-٧٦-أ) ، (٦-٧٦-ب).

٦/٤/٥/٢(ب) قوى الزلازل

تحدث قوى القصور الذاتى لكتلة السد فى الاتجاه الأفقى قوى قص وعزوم يتم حسابها عند مستوى قاعدة السد من المعادلتين (٦-٨٠) ، (٦-٨١)، وعند أى مستوى آخر من المعادلتين (٦-٨٢) ، (٦-٨٣) وذلك بعد تحديد المعامل الزلزالى من المعادلة (٦-٧٨) باستخدام الشكل (٦-٣١) والمعادلة (٦-٧٩).

ويؤخذ تأثير قوى القصور الذاتى لكتلة السد فى الاتجاه الرأسى بتغيير كثافة مادة جسم السد بنسبة المركبة الرأسية لعجلة الزلزال الى عجلة الجاذبية الأرضية.

٦/٥/٥ المنشآت المرفوعة

٦/٥/٥/١ عام

يستخدم هذا البند لحساب قوى الزلازل على المنشآت المرفوعة ذات الطبيعة المنتظمة والواقعة فى المنطقتين الزلزاليتين الأولى والثانية.

٦/٥/٥/٢ الخزانات المرفوعة المثبتة على أبراج

يتم حساب القوى الأفقية المؤثرة عند مركز ثقل الخزانات المرفوعة المثبتة على أبراج من المعادلة (٦-٨٥) وذلك بعد تحديد المعامل الزلزالى باستخدام المعادلة (٦-٧٨) والشكل (٦-٣١) حيث يتم حساب الفترة الأساسية للمنشأ باستخدام المعادلة (٦-٨٤).

٦/٥/٥/٣ الضغط الهيدروديناميكى فى الخزانات

يتم حساب الضغط الهيدروديناميكى على حوائط وأرضية الخزانات وذلك من المعادلتين (٦-٨٩) ، (٦-٩٠) للخزانات المستطيلة ومن المعادلتين (٦-٩١) ، (٦-٩٢) للخزانات الدائرية. ويتم ذلك بعد تحديد معامل التصميم الزلزالى من المعادلة (٦-٨٧) للخزانات المحملة على الأرض مباشرة ومن المعادلة (٦-٨٨) للخزانات المحملة على أبراج.

٦/٥/٥/٤ المنشآت النحيفة العالية

يتم حساب قوى القص والعزوم عند أى قطاع فى المنشأ النحيف العالى من المعادلتين (٦-٩٤) ، (٦-٩٥) وذلك بعد تحديد الفترة الأساسية من المعادلة (٦-٩٣) مع استخدام الجدول (٦-١٤)، وتحديد المعامل الزلزالى من المعادلة (٦-٧٨) والشكل (٦-٣١).

## ٦/٦ عزل الأساســات

### ١/٦/٦ عــام

يتم عزل الأساسات بغرض تقليل أو منع انتقال الاهتزازات من مصدرها لتربة التأسيس أو الأساسات. ويــشمل هذا الجزء تقديم فكرة عن طرق العزل وأنواعه.

### ٢/٦/٦ أنواع عزل الأساسات

يشمل عزل الأساسات نوعين رئيسيين هما عزل إيجابي وعزل سلبي.

#### ١/٢/٦/٦ العزل الإيجابي

ويتم ذلك بالتحكم في الاهتزازات الناتجة والمؤثرة علي القواعد.

#### ٢/٢/٦/٦ العزل السلبي

ويتم ذلك بغرض الإقلال من اهتزاز القواعد.

### ٣/٦/٦ طرق العزل

#### ١/٣/٦/٦ اختيار الموقع

١- يُفضل اختيار مواقع المنشآت المحتوية علي اهتزازات بعيداً عن المناطق الحساسة لهذه الاهتزازات.

٢- يتم حساب سرعة حبيبات التربة أسفل أساسات المباني الحساسة للاهتزازات نتيجة تعرضها للاهتزازات المتوقعة ، ثُم تقــارن سرعة الحبيبــات المتوقعــة بالحدود المذكورة في الشكل (٦-٣٤). فإذا ثبت تأثر المنشأ أو الحس الآدمي بشدة من هذه الاهتزازات وجب تغيير موقع المشروع أو تحسين خواص التربــة للوصول إلى الحدود الآمنة لسرعة الحبيبات أو استخدام إحدي طــرق العــزل الــسلبي و/أو الإيجــابي والواردة في البنود ٦/٦/٣/٢، ٣، ٤.

٣- يجب دراسة التكوين الجيولوجي للموقع لمعرفة مدي تأثير تكوين التربة علي الاهتزازات المنقولة مــن خلالها . وتُستخدم هذه الدراسة في التنبؤ بالاهتزازات المنقولة من خلال التربة والمؤثرة علي المنــشأ ، وذلك بمعرفة الخصائص الديناميكية للتربة ، والإحاطة بالعوامل المحيطة والمؤثرة علي انتقال الموجات مثل وجود الجبال والسهول.

وبذلك يُمكن التنبؤ بالأضرار الواقعة علي المنشآت المجاورة أو المنشأ المتوقع بناؤه في الموقع من خلال مــاهو مذكور في الخطوة (٢) عاليه.

#### ٢/٣/٦/٦ العزل الإنشائي

١- يُمكن بواسطته عزل الموجات السطحية فقط R – Wave دون الموجات الانضغاطية أو موجات القص.

٢- يُمكن أن يتم العزل بإنشاء حوائط خرسانية أو من الصلب.

٣- يُمكن العزل الإنشائي أيضاً بأن يُصمم المنشأ ليكون له تردد طبيعي معين مختلف وبعيد عن تردد الاهتزازات المتوقع تأثيرها علي المنشأ . وتُعتبر الطريقة المذكورة في الفقرة (٢) عاليه إحدي الوسائل المتبعة لتحقيق ذلك.

### ٣/٣/٦/٦ استعمال وسط عازل

١- يُستخدم في العزل السلبي والإيجابي ، وذلك بواسطة مواد مخصوصة مثل الزنبرك المعدني، وساند المطاط، الفلين ، اللباد أو الرصاص والإسبستوس.

٢- يُمكن اختيار أي النوعين المذكورين في الجدول (٦-١٥) ، وذلك طبقاً لمتطلبات وظروف الإنشاء.

### ٤/٣/٦/٦ العزل بواسطة خندق محفور

١- يُستخدم في حالة الرغبة في عزل موجات ذات تردد كبير ، ولا يفضل استخدامها في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو عند ملء الحفرة بالخبث أو سند جوانبها بحوائط ساندة.

٢- يتم حساب طول الموجة السطحية من المعادلة ( ٦-٩٦ ).

٣- يجب أن لا يقل عمق الخندق عن ٣ أمثال طول الموجة السطحية المحسوبة وذلك في حالة العزل الإيجابي ولا يقل عن ١,٣٣ من طول الموجة في حالة العزل السلبي.

٤- يجب أن يكون الخندق علي مسافة ٢ إلي ٧ أمثال طول الموجة.

٥- للوصول للكفاءة الكاملة يجب أن لاتزيد سعة الموجة بعد الخندق عن ربع سعتها الأصلية.

# الباب السابع
# المنشآت الساندة

تقام المنشآت الساندة Earth retaining structures بهدف حجز الأتربة ومنعها من الانهيار عند وجود مستويين مختلفين للسطح العلوي للتربة، وتكثر الحاجة إلي هذه المنشآت عندما يكون المنسوب المعماري للمباني أقل من منسوب الشارع، وفي حالات الكباري والطرق العلوية، وكذلك في المنشآت البحرية والمجاري المائية.

## ١/٧ حساب ضغط التربة الجانبي

يمكن تصنيف ضغط التربة الجانبي Lateral earth pressure على المنشآت الساندة وفقا للحركة النسبية بين المنشآت والتربة .

### ١/١/٧ أنواع ضغط التربة والمياه

#### ١/١/١/٧ ضغط التربة عند السكون

تعتبر التربة في حالة سكون عندما لا يحدث لها انفعال جانبي ويحدث ذلك في حالة الحوائط شديدة الجسائة، ويحسب الضغط الجانبي للتربة $\sigma_0$ في هذه الحالة من المعادلة (٧ -١)

$$\sigma_0 = k_0 \gamma h \qquad (١-٧)$$

حيث :

h البعد الرأسي للنقطة عن سطح الأرض

$\gamma$ الوزن النوعي للتربة

$k_0$ معامل ضغط التربة الجانبي عند السكون

ويبين الشكل (٧-١) رسم تخطيطي للمنشأة الساندة مبيناً عليها الأبعاد الرئيسية التي ترد في المعادلات.

ويمكن حساب قيم $k_0$ لكل من الرمل والطين من المعادلتين (٧-٢) ، (٧-٣) علي التوالي :

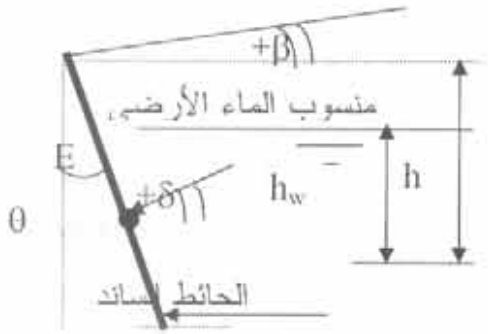
$$k_0 = \bullet - \sin \varphi \,, \qquad (٢-٧)$$

$$k_0 = 0.19 + 0.1233\ PI \qquad (٣-٧)$$

حيث

$\varphi$ زاوية القص

PI معامل اللدونة للطينويسوي الفرق بين معامل السيولة LL ومعامل اللدونة PL




شكل (٧-١) الأبعاد الرئيسية للمنشأة الساندة

### ٧/١/١/٢ ضغط التربة الفعال

ينشأ ضغط التربة الفعال Active earth pressure عندما يتحرك الحائط بعيدا عن التربة بما يكفي لتناقص ضغط التربة حتى اقل قيمة ممكنة له ويرمز لهذا الضغط بالرمز $\sigma_a$.

### ٧/١/١/٣ ضغط التربة المقاوم

ينشا ضغط التربة المقاوم Passive earth pressure عندما يوشك الحائط علي التحرك في اتجاه التربة حركة كبيرة نسبيا تكفي لتوليد أكبر قيمة ممكنة للضغط ويرمز لها بالرمز $\sigma_p$.

### ٧/١/١/٤ تأثير جساءة الحائط علي ضغط التربة الجانبي

يعتمد توزيع ضغط التربة الجانبي علي جساءة الحائط كما هو موضح تفصيليا في البند ٧/١/١/٤ من الجزء السابع للكود المصري لميكنيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

### ٧/١/١/٥ حساب ضغط المياه

في حالة التربة الساكنة يعادلضغط المياه عند أى نقطة وزن المياه أعلي هذه النقطة أما في حالة المياه المتحركة فإنه يجب حساب ضغط المياه بعد رسم شبكة مسار المياه Flow net ، مع ملاحظة أن القيم التي يتم حسابها من الشكل تسمي الطاقة الكلية ويرمز لها بالرمز ($h_t$) وهي تساوي طاقة الوضع z أي البعد الرأسي للنقطة من منسوب أفقي استدلالي Datum مضافا إليه ضغط الماء البيزومتري ($h_w$) ويمكن الرجوع إلي البند ٧/١/١/٥ من الجزء السابع للكود المصري لميكنيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات من أجل الحصول علي معلومات أوفر في هذا الموضوع.

### ٧/١/٢ حساب ضغط التربة الفعال والمقاوم علي الحوائط الساندة

#### ٧/١/٢/١ (أ) ضغط التربة الفعال للتربة الغير متماسكة

تحسب قيمة $\sigma_a$ للتربة الغير متماسكة من المعادلة التالية:

$$\sigma_a = k_a \gamma h \qquad (٤-٧)$$

وتعرف $k_a$ بأنها معامل ضغط التربة الفعال، وتحسب من المعادلة التالية

$$k_a = \frac{\cos^2(\theta - \varphi)}{\cos^2\theta \cos(\theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta)\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\theta + \delta)\cos(\theta - \beta)}}\right]^2} \qquad (٥-٧)$$

حيث

$\beta$، $\delta$، $\theta$ هي على التوالي زاوية ميل سطح الأرض عن الأفقي، زاوية الاحتكاك بين التربة والحائط وزاوية ميل سطح الحائط الملامس للتربة مع الرأسي- راجع شكل (٧-١). وتكون $\beta$ موجبة إذا كان سطح الأرض يرتفع كلما بعدنا عن الحائط في حين تكون $\delta$ موجبة إذا كان ضغط التربة متجها إلي أسفل، أما $\theta$ فإنها تعد موجبة إذا كان سطح الحائط الملامس للتربة يبتعد عن الرأسي في اتجاه التربة كلما اتجهنا إلي أسفل.

وفي حالة ما تكون الحائط ملساء ورأسية ويكون سطح الأرض أفقيا يكون ضغط التربة عموديا علي الحائط وتتحول المعادلة السابقة إلي التالي :

$$k_a = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \qquad (٦-٧)$$

**١/٢/١/٧ (ب) ضغط التربة الفعال للتربة المتماسكة**

تحسب قيمة $\sigma a$ للتربة المتماسكة من المعادلة التالية:

$$\sigma_a = \overline{k_a}\, \sigma_v - \bullet c\sqrt{k_a} \qquad (٧-٧)$$

حيث c تمثل جهد تماسك التربة

وفي هذه الحالة ، يراعي إهمال قوي الشد التي تتولد في الطبقة السطحية من التربة حتى عمق $Z_.$ والتي يمكن تحديده من المعادلة التالية:

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}} \qquad (٨-٧)$$

ويجب ألا تتجاوز قيمة $Z_.$ نصف ارتفاع الحائط.

**٢/٢/١/٧ ضغط التربة المقاوم**

**٢/٢/١/٧ (أ) ضغط التربة المقاوم للتربة الغير متماسكة**

تحسب قيمة $\sigma_p$ للتربة الغير متماسكة من المعادلة التالية:

$$\sigma_a = k_p \gamma h \qquad (٩-٧)$$

وتعرف $k_p$ بأنها معامل ضغط التربة المقاوم، وتحسب من المعادلة التالية

$$k_p = \frac{\cos^2(\varphi + \theta)}{\cos^2\theta\cos(\vartheta - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta)\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\vartheta - \delta)\cos(\vartheta - \beta)}}\right]^2} \qquad (٧-١٠)$$

وفي حالة ما تكون الحائط ملساء رأسية و سطح الأرض أفقيا تتحول المعادلة السابقة إلي التالي:

$$k_p = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \qquad (٧-١١)$$

**٧/١/٢/٢ (ب) حساب ضغط التربة المقاوم للتربة المتماسكة**

في حالة التربة المتماسكة يحسب ضغط التربة من المعادلة التالية:

$$\sigma_p = k_p \sigma_v + ٢c\sqrt{k_p} \qquad (٧-١٢)$$

**٧/ ٢ الحوائط التثاقلية**

تعتمد الحوائط التثاقلية Gravity walls في ثباتها على وزنها ووزن الردم فوقها، ومن أنواعها الحوائط الكتلية التي تصنع من الطوب أو الحجارة أو الخرسانة العادية،حوائط من الخرسانة المسلحة، حوائط مفتوحة وهي تصنع من الأخشاب أو الخرسانة المسلحة ، حوائط الجابيونات التي تصنع من كسر الحجارة المعبأ في جابيونات شبكية من الصلب أو الألياف الصناعية.

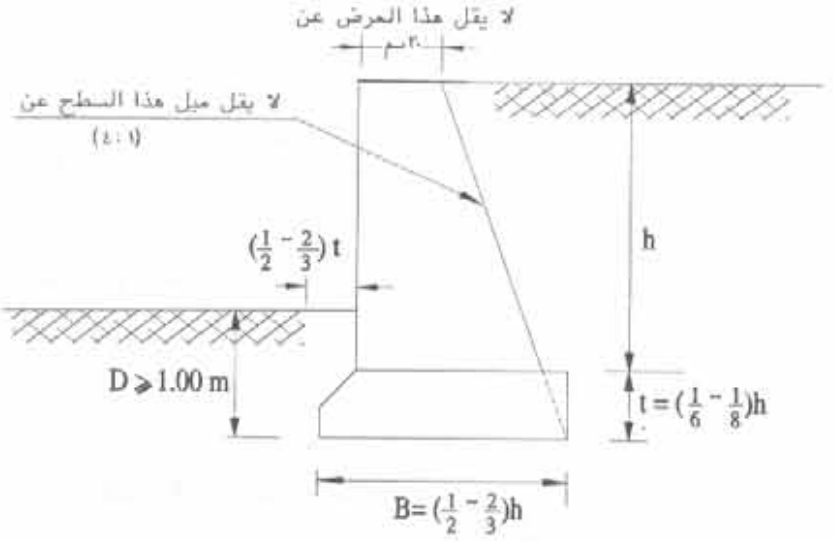
**٧/٢/١ فرض الأبعاد الابتدائية للحائط**

في حالة عدم وجود ضغط هيدروليكي خلف الحائط ، يتم فرض أبعاد ابتدائية، ثم يتم دراسة ثباتها ، وتكون الأبعاد الابتدائية طبقا لما هو مبين بالشكلين، (٧-٢) ، (٧-٣)

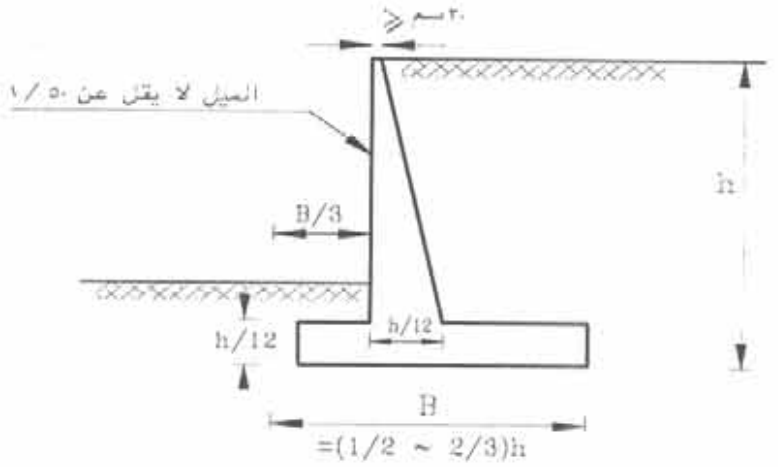
**٧/٢/٢ ثبات الحائط**

بعد افتراض أبعاد ابتدائية للحائط وفق نوعه، يتم حساب القوى المختلفة المؤثرة علي الحائط وتشمل وزن الحائط والأتربة الموجودة فوقه وضغط الأتربة والمياه والأحمال الحية والميتة المختلفة المؤثرة عليه، كما يجب أخذ القوي الناتجة عن الزلازل والأمواج في الاعتبار، ومن ثم يجب التيقن من ثبات الحائط طبقا للاختبارات التالية :

* ثبات الحائط ضد انزلاق التربة المحيطة
* ثبات الحائط ضد الانقلاب
* ثبات الحائط ضد الانزلاق للأمام




شكل ( ٧-٢ ) الأبعاد الافتراضية للحائط الكتلي من الخرسانة العادية




شكل ( ٧-٣ ) الأبعاد الافتراضية للحائط من الخرسانة المسلحة

تحمل جهد التربة خلال الطبقات الواقعة تحت منسوب قاعدة الحائط الساند ومقدار الهبوط التفاضلي والإجمالي المتوقع المسموح به .

ويتم إجراء الاختبارات الأربعة المشار إليها طبقا لما هو مشروح تفصيليا في الجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات بالبندين (٧/٢/٤) ، (٧/٢/٥) .

### ٣/٢/٧ أسس تصميم الحوائط التثاقلية

تعتمد طريقة تصميم الحوائط التثاقلية على نظامها الإنشائي ويمكن تقسيمها إلي مايلي:

* الحوائط الكتلية وهي مكونة من الخرسانة العادية أو الطوب أو الحجارة أو خليط منها ويضاف إليها الجابيونات ، وتصمم الحوائط الكتلية علي أساس أن تقع محصلة القوي علي أي قطاع أفقي من الحائط تقع داخل الثلث الأوسط له وألا يتعدي الإجهاد في أي نقطة قيمة الإجهاد المسموح به للمادة المكون منها الحائط.
* الحوائط الكابولية Cantilever walls وتتكون عادة من الخرسانة المسلحة ويثبت جزعها في قاعدة ترتكز علي التربة، ويصمم الجزع والقاعدة ككوابيل تلتقي عند التقاءالجزع بطرفي القاعدة، وتطبق عليها قواعد تصميم القطاعات الخرسانية المسلحة، وتنتقل الإجهادات إلي التربة أسفل القاعدة علي ألا تتعدي قيمتها عند أي نقطة عن إجهاد التربة المسموح به .
* الحوائط بدعامات خلفية أوأمامية Counter forted or Butrussed walls وهي من الخرسانة المسلحة وتصمم كبلاطات خرسانية ترتكز علي الدعامات والقاعدة وتنقل الأحمال إلي التربة علي نفس المنوال الخاص بالحوائط الكابولية . ولزيادة الاطلاع علي تفاصيل التصميم انظر البند (٦/٢/٧) من الجزء السابع بالكود المصري لميكنيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٣/٧ أكتاف الكباري

وتنطبق عليها أحكام الحوائط التثاقلية ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع البند (٣/٧) من الجزء السابع بالكود المصري لميكنيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٤/٧ الخوازيق اللوحية (الستائر اللوحية)

### ١/٤/٧ مواد الصنع

تصنع الخوازيق اللوحية Sheet pile walls من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو الصلب، ويعتمد اختيار النوع حسب العمق وأهمية المنشأ ونوعية التربة.

وتتميز الخوازيق اللوحية من الصلب بإمكانية استخدامها لأعماق متفاوتة وكذلك إمكانية إعادة استعمالها لمرات عديدة، ويمكن الاطلاع علي بعض قطاعات الخوازيق اللوحية في الفصل ١/٤/٧ من الجزء السابع بالكود المصري لميكنيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٢/٤/٧ التصميم الإنشائي للخوازيق اللوحية

تقسم حوائط الخوازيق اللوحية من حيث سلوكها الإنشائي إلى الأنواع التالية:

* الحوائط الكابولية.
* الحوائط ذات المربط الخلفي.

### ١/٢/٤/٧ الخوازيق اللوحية الكابولية

تستخدم الخوازيق اللوحية الكابولية في الأعمال المؤقتة في التربة الرملية أو الطين الجامد وعندما لا يزيد عمق الحفر (H) عن ٥,٠٠ متر.

ويبدأ بافترض عمق الاختراق لحائط الخازوق مساويا لقيمة مجهولة (D) ، ثم يتم حساب الضغوط الفعالة والمقاومة للتربة التي تؤثر على جانبي الحائط عند حدوث إزاحات كافية لتولدها بدلالة البعدين المجهولين Y،D ، حيث Y هو البعد الرأسي بين نقطة الدوران o ونهاية الستارة (الخازوق ) ، ثم يتم حساب قيم ضغط التربة الصافي على الحائط والمبين بالشكل رقم (٧-٤).

يتم تحديد هذين البعدين Y,D من شرطي الاتزان للقوى المؤثرة على الحائط وهما :

محصلة القوى الأفقية = صفر

محصلة العزوم حول أي نقطة (نقطة F) = صفر

بحل هاتين المعادلتين نحصل على D و y.

تزاد قيمة (D) المحسوبة بنسبة ٢٠-٤٠ ٪ لتحقيق معامل أمان مقداره ١,٥٠ – ٢,٠٠

ولتعيين معامل القطاع للستارة (الخازوق) (Z) تتبع الخطوات التالية:

* يعين عزم الانحناء الأقصى ($M_{max}$) عند المستوىالذي تتلاشى عنده قوة القص (Plane of zero shear ).

* وبعد ذلك يحدد معامل القطاع للحائط كما يلي

$$Z=\frac{M_{max}}{f} \qquad (١٤-٧)$$

حيث f هو الإجهاد المسموح به لمادة الخازوق اللوحي في الانحناء.

**٢/٢/٥/٧ الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفي**

يستخدم الخازوق اللوحي ذو المربط الخلفي Anchored sheet pile walls في الأعماق الكبيرة فعندما يزداد العمق المطلوب سنده يتطلب ذلك قطاعا كبيرا للخازوق اللوحى حالة استخدام الكابولى.

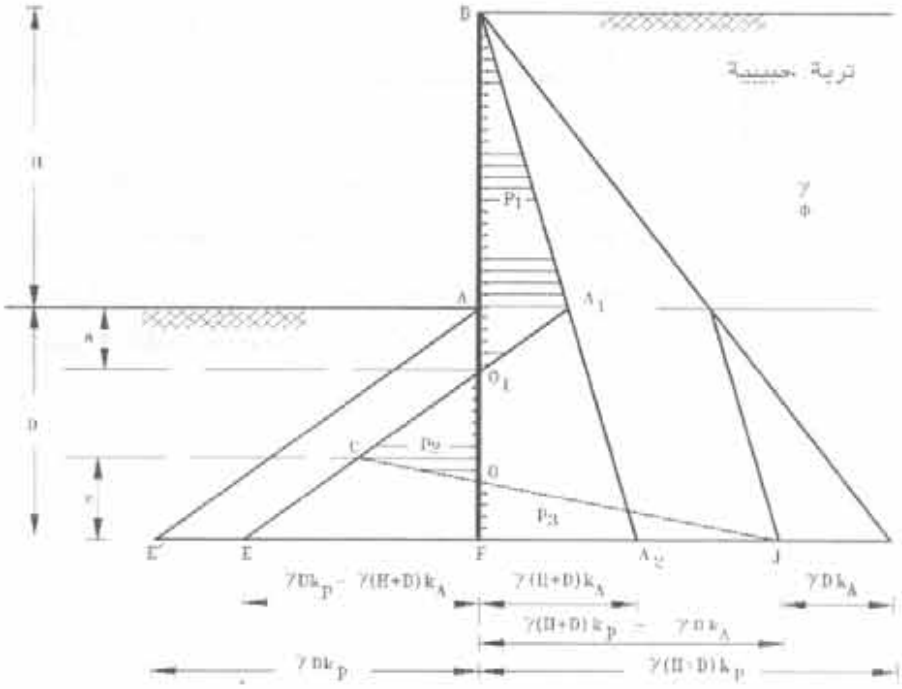
تنقسم الخوازيق اللوحية ذات المربط الخلفى إلى نوعين أساسيين :

*الخازوق ذو النهاية الحرة .

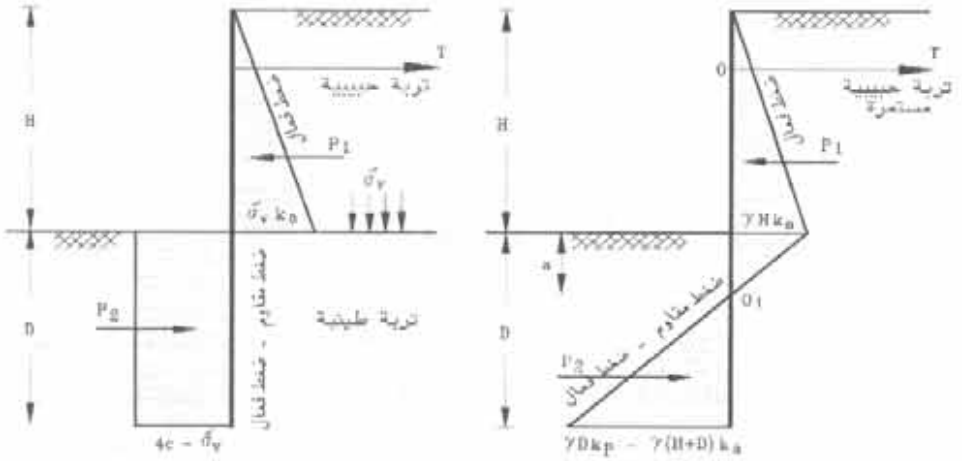
*الخازوق ذو النهاية المثبتة .

**(أ) الخازوق اللوحى ذو النهاية الحرة**

يبين الشكل (٧-٥) توزيع ضغط التربة الصافى على جانبى الخازوق اللوحى فى حالة التربة الحبيبية والمتماسكة ، حيث ($P_١$) تمثل محصلة ضغط التربة على يمين الستارة ، ($P_٢$) تمثل محصلة ضغط التربة على يسار الستارة .




شكل (٧-٤) الضغوط الصافية على جانبى الحائط




شكل ( ٧-٥ ) الضغط الصافي علي الحائط اللوحي ذو المربط الخلفي وحر النهاية

يعين عمق الاختراق (D) بحساب عزوم القوتين $P_1$ ، $P_2$ حول (O) وهى نقطة تقابل الشداد مع الحائط .

$$\sum Mo = 0$$

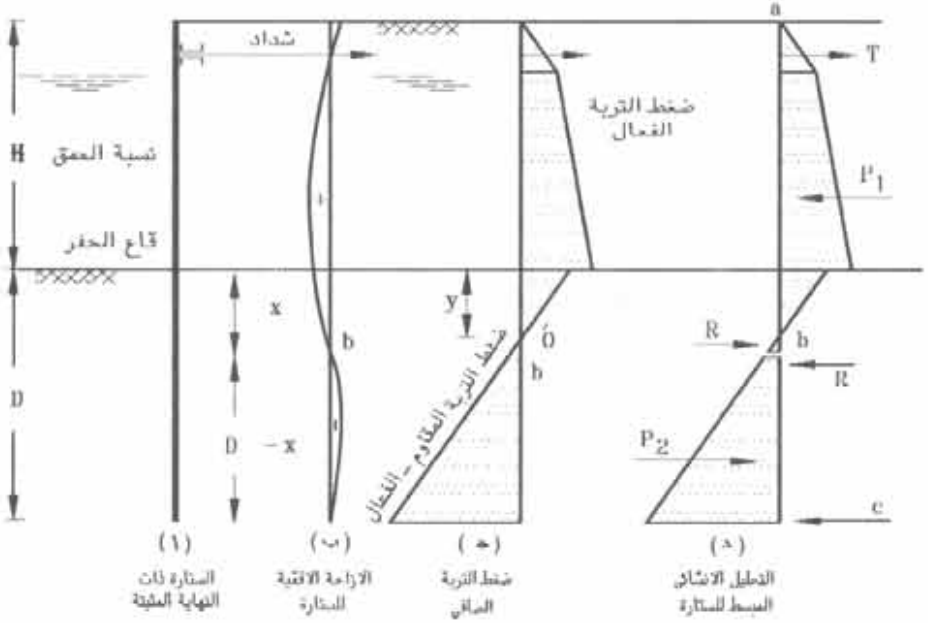
ومن دراسة الاتزان الأفقى للستارة يمكن تحديد القوة (T) على الشداد .

**(ب) الخازوق اللوحى ذو النهاية المثبتة**

- يبين الشكل رقم (٧-٦) هذه الحالة ، ومن المنحنى بالشكل رقم (٧-٧) ، وبمعلومية زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة ø يقدر العمق (X) لنقطة الانقلاب (b) على الستارة ، أى النقطة التى يتلاشى عندها عزم الانحناء .

- يرسم ضغط التربة الصافى على جانبى الخازوق اللوحى كما بالشكل (٧-٦) وتكون (Y) هى عمق النقطة التى يتساوى عندها ضغطا التربة الفعال والمقاوم ، أى أن الضغط الصافى عندها يساوى صفراً .

ويمكن الرجوع إلى بند (٧/٢/٤/٢) بالجزء السابع من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات لمعرفة الخطوات التفصيلية للتصميم .




**شكل ( ٧-٦ ) الحائط ذو المربط الخلفي مثبت النهاية**

**(ج) تصميم المدادات (ألواح الربط الأفقية):**

يستقبل المداد رد الفعل الأفقي من الخازوق اللوحي وينقلها بدوره إلى المربط الخلفي من خلال الشدادات، وتصمم المدادات باعتبارها كمرات مستمرة معرضة لقوى أفقية منتظمة التوزيع من الخازوق اللوحي وترتكز على مجموعة شدادات بينهم مسافات متساوية.

والشدادات عبارة عن قضبان من الصلب الإنشائي دائرية أو مربعة القطاع معرضة لقوة شد.

ويتحدد طول الشداد بحيث لا يحدث تداخل بين منطقتي الاتزان اللدن للتربة أمام المربط الخلفي وخلف الحائط وبحيث يقع المربط خلف مستوى الميل الطبيعي للتربة، ويوضح الشكل رقم (٧-٨) أقصر طول للشداد.

وتنقل القوة من الشداد إلي التربة بواسطة مرابط خلفية تتكون من كتل خرسانية أو خوازيق لوحية قصيرة أو بلاطات رأسية ،أو بواسطة خوازيق مائلة

ويمكن الرجوع إلي بند ٧/٢/٤/٢ بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات لمعرفة الخطوات التفصيلية للتصميم.

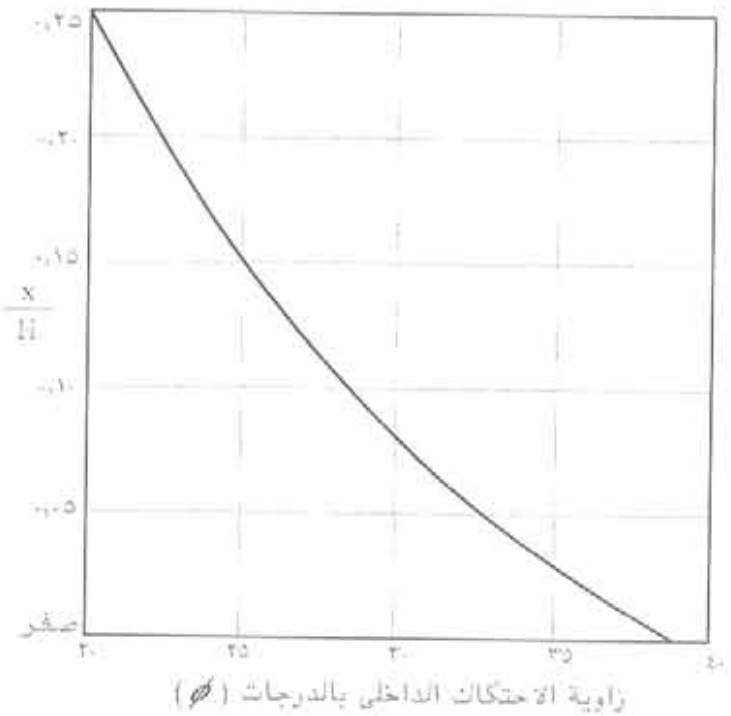
## ٥/٧ الحوائط الغشائية

الحائط الغشائي Diaphragm wall والذي يطلق عليه أحيانا حائط الروبة Slurry wall يتم تكوينـــه داخـــل خندق مملوء بالروبة باستخدام الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة التجهيز أو اللـــدائن أو الروبة ذاتية التصلب طبقا للهدف من إنشاء الحائط.

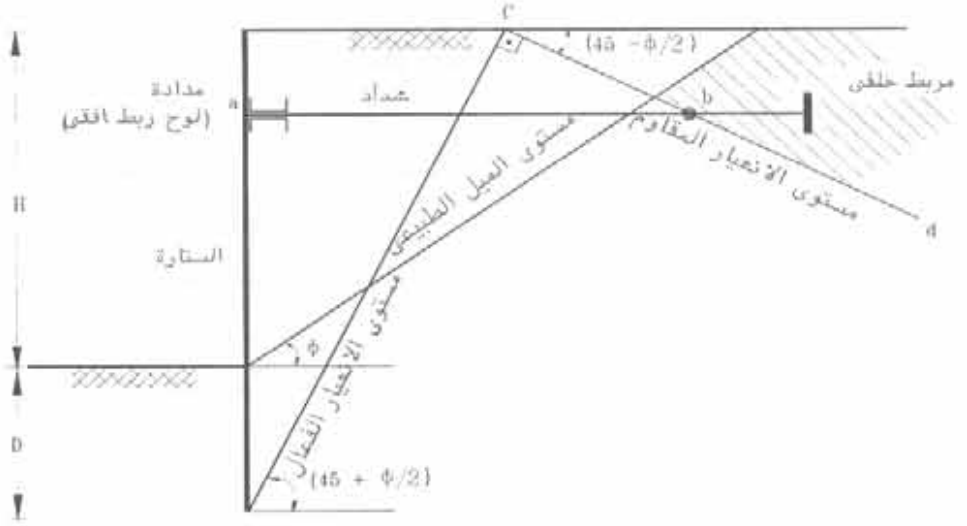
يتبع في تنفيذ الحائط الخطوات التالية:

* حفر الوحدات بمعدات الحفر المختلفة باستخدام سائل حفرمناسب.
* ملء الوحدات بمواد تلائم غرض الإنشاء (خرسانة اوخلافه).

يتوقف حجم وحدات الحوائط الغشائية علي طبيعة التربة بالموقع، والقوى المؤثرة عليها ، والغرض من إنشائها.




**شكل (٧-٧) منحني بلوم لعمق نقطة الانقلاب في الستارة مثبتة النهاية**




شكل (٧-٨ ) أقصر طول للشداد

### ١/٥/٧ اتزان الخندق

* يتم دراسة اتزان جوانب الخندق قبل صب مادة الحائط الغشائي وبعدها ،كما تتم دراسة اتـزان القـاع قبـل الصب .

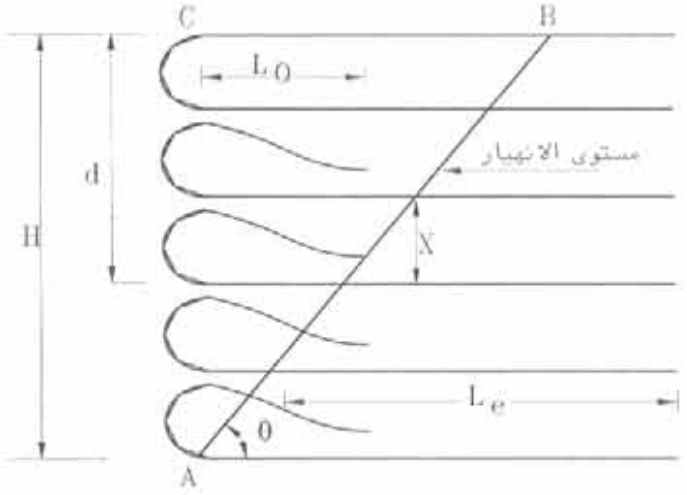
* يتحقق اتزان جوانب الخندق قبل صب مادة الحائط باستخدام سائل الحفر بحيث تصل كثافة المعلق إلىالقيمة التي تحقق معامل أمان للوحدة .

* يتحقق اتزان جوانب الخندق بعد صب مادة الحائط باعتبار معامل الضغط الجانبي لهذه المادة يساوى الوحـدة وضغط التربة يكون في هذه الحالة ضغط مقاوم.

ويشمل البند ٥/٧ بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات طرق تـصميم الحوائط الغشائية واعتبارات التنفيذ الخاصة بذلك.

### ٦/٧ حوائط التربةالمسلحة

تتكون الحوائط المسلحة Reinfoteed earth walls من مصنعات جيوتكنية Geosynthetic أو الصلب أو غير ذلك من مواد ذات قيم تحمل ملموسة لإجهادالشد، وهي تتكون من شرائط، أو قضبان أو شبك مثبته فى واجهة الحائط وموضوعة فى الردم الخلفى ، وقد تكون الشرائط ذاتها واجهة الحائط وعادة تكون المصنعات الجيوتكنية من مواد لدنه مشكلة، ويبين الشكل (٧-٩) نموذج من الحوائط المسلحة من المصنعات.




شكل ( ٧-٩ ) حائط مسلح من المصنعات

### ١/٦/٧العناصر المكونة

الواجهة تتكون من وحدات من الخرسانة سابقة التجهيز مربعة الشكل بأبعاد ١,٥ متر بسمك ٠,١٨ ، ٠,٢٢ ، ٠,٢٦ متر. كذلك تستخدم وحدات شبك من السلك الحامل لطبقة من خرسانة الدفع Shotcrete .

و تصنع وحدات التسليح من صلب مجلفن بسمك ٣ مم وبعرض من ٠,٦٠ متر إلى ٠,٨ متر وكذلك يمكن استخدام وحدات تسليح مزودة بأعصاب (Ribbed) ومدهون أسطحها بالزنك بسمك ٧٠ ميكرون (٠,٠٧ مم) ، كذلك تستخدم البوليمرات في تصنيع وحدات تسليح بأبعاد مختلفة طبقا لجهة الصنع.

يتم اختيار وتنفيذ الردم الخلفي Backfill طبقا لما يلي :

- نسبة الناعم في الردم ( الأقل من ٠,٧ سم) يجب أن تقل عن ١٥%.
- بدمك الردم الخلفي على طبقات عند محتوى رطوبة مساوي أو أقل من الرطوبة المثلى.
- يجب أن يكون الردم الخلفي متجانس من حيث التكوين والدمك والرطوبة والنوعية.

### ٢/٦/٧ الأبعاد الابتدائية

- عرض وحدة الحائط المسلح ٠,٧ إلى ٠,٨ من ارتفاع الحائط
- الجزء المدفون من الحائط أسفل الردم الأمامي ٠,١٠ من ارتفاع الحائط.

### ٣/٦/٧ حالات الانهيار

تحدث الانهيارات إما خارج منطقة التسليح أو بداخله.

وتشمل الانهيارات الخارجية الانزلاق العميق، انهيار مقاومة التربة، الانزلاق، الانقلاب .

أما الانهيارات الداخلية فتشمل تمزق وحدات التسليح ، انزلاق وحدات التسليح ، انبعاج وتمزق وحدات واجهة الحائط، انهيار وصلة وحدة التسليح مع وحدة واجهة الحائط .

### ٤/٦/٧ اختبار المصنعات

تختبر المصنعات لتحديد قوى الشد و الثبات تحت تأثير الحرارة والأشعة تحت البنفسجية و تأثير البلل والجفاف و مقاومة الاشتعال ومقاومة كل من التثقيب والتمزق والقطع وكذلك معامل المرونة و التركيب الكيماني والحيوي والزحف الاستاتيكى والديناميكي وكلال الاحتكاك.

ويمكن الرجوع ويشمل البند ٦/٧ بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات على تفاصيل تصميم هذا النوع من المنشأة الساندة.

## ٧/٧ مسمرة التربة

مسمرة التربة Soil nailing تعد أسلوباً لربط كتل التربة المعرضة للانزلاق، ويمتد المسمار بحيث يتعدي مستوي الانهيار المتوقع للتربة ، وتعد التربة المتماسكة ملائمة نوعا لعملية المسمرة في حين أن التربة الرملية الهشة لاتصلح معها عملية المسمرة وللاطلاع على تفاصيل هذه النوعية من الأعمال يمكن الرجوع إلي البند ٧/٧ بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .

## ٨/٧ السدود المحيطة

### ١/٨/٧أنواع السدود المحيطة

السدود المحيطة Cofferdams عبارة عن منشآت مؤقتة لحماية موقع العمل من ضغوط الأتربة المحيطة والمياه. تقسم السدود المحيطة حسب نوعية المادة المستخدمة في بنائها أو حسب طريقة التصميم والإنشاء أو حسب نوعية الموقع المنفذة فيه.

من ناحية المواد المستخدمة في الإنشاء يمكن أن يكون السد مكوناً من نوع أو أكثر من التربة كما يمكن أن يكون معدنياً أو خشبياً. ومن الناحية الإنشائية يمكن أن يكون السد تثاقلياً كما يمكن أن يكون قطاعه مكوناً من الألواح المعدنية .

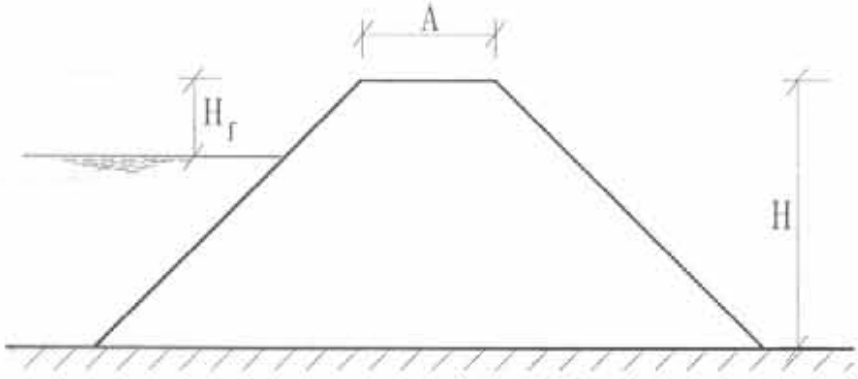
### ٢/٨/٧ السدود المحيطة من التربة

تعد السدود الترابية اكثر ملاءمة للاستعمال في حالة المجارى المائية الهادئة والبحار والبحيرات الراكدة، وينصح باستخدامها عندما تكون سرعات المياه ضعيفة وتخلو من الأمواج والتيارات المائية العنيفة.وقد يتكون السد من تربة متجانسة أو بها قلب من التربة منخفضة النفاذية.

#### ١/٢/٨/٧ الأبعاد الابتدائية

تختار أبعاد أولية للسد. ثم يتم التأكد من سلامته ضد احتمالات الفشل، وتختار الميول الجانبية للسد طبقا لنوعية التربة وارتفاع السدود، وعندما يزيد الارتفاع الإجمالي للسد الترابي عن ٩ متر يجب عمل مسطاح كل ٩ متر من الارتفاع ويختار عرض المسطاح بين ٣ متر و ٦ متر وفق الاحتياج.

يختار الارتفاع الحر $H_f$ وعرض قمة السد A من الجدول (٧-١) ، وفي حالة استخدام قمة السد لمرور السيارات فان قيمة (A) يجب ألا تقل عن العرض المطلوب للمرور وهو ٦,٠٠ متر، ويبين الشكل (٧-١٠) الأبعاد الرئيسية للسد الترابي




شكل (٧-١٠) الأبعاد الرئيسية للسد الترابي

جدول (٧-١) أقل ارتفاع حر وأقل عرض قمة للسدود الترابية

| عرض القمة A بالمتر | الارتفاع الحر $H_f$ بالمتر | ارتفاع السد H بالمتر |
|---|---|---|
| ١,٨٥ | ١,٥ – ١,٢ | ٤,٥ > |
| ١,٨٥ | ١,٨ – ١,٥ | ٧,٥ – ٤,٥ |
| ٢,٥٠ | ١,٨٥ | ١٥ – ٧,٥ |
| ٣,٠٠ | ٢,١ | ٢٢,٥ – ١٥ |
| ٣,٠٠ | ٢,١ | ٢٢,٥ < |

**٧/٨/٢/ ٢ اختبارات السلامة الهيدروليكية للسد**

تشمل الجوانب الهيدروليكية للسد طفح المياه من أمام السد، نحر السطح الأمامي للسد، نحر السطح الخلفي للسد،النحر عند قدم السطح الخلفي للسد كما تشمل دراسة تسرب المياه داخل السد.

ويمكن حساب معدل التسرب خلال جسم السد أو أسفله بإحدى الطرق التحليلية المتاحة. كما يمكن استخدام طريقة شبكة السريان Flow net ، ويحتوي البند ٧/٨/٢/٣ ب من الجزء السابع بالكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات علي المعادلات الخاصة بحسابات التسرب باستخدام هذه الطريقة.

كما يمكن استخدام الطرق العددية لحساب كل من التسرب والانحدار الهيدروليكى حيث يوجد العديد من برامج الحاسب الآلي التي تساهم في حساب هذه القيم بدقة متناهية، ومن الأمور الهامة فيما يتعلق بدراسة التسرب هو الإقلال من معدل التسرب وتخفيض منسوب السطح الحر في الجزء الخلفي من جسم السد والإقلال من قيمة الانحدار الهيدروليكى عند التقاء سطح المياه الحر بالوجه الخلفي للسد.

ويمكن إقلال معدل التسرب باستخدام قلب أصم للسد أو بوضع طبقة من مواد بلاستيكية، أو أسفلتية،أو طمبيـــة على الوجه الأمامي للسد أو بوضع مرشح أفقي أو على هيئة L في خلف السد.

### ٣/٢/٨/٧ الاتزان الإنشائي للسد

تشمل دراسة الاتزان الإنشائي للسدود الترابية علي ما يلي:

**أ-الاتزان الإجمالي للسد**

في هذه الحالة يدرس الاتزان للسد بكامله على أضعف مستوى أفقي ابتداء من مستوى نهاية الطبقة التـــي تقـــع تحته كما هو مبين بالشكل رقم (٧-١١).

وتحسب في هذه الحالة قوة الدفع $E_d$ من المعادلة:

$$F_d = P_{w1} + P_{e1} - P_{w2} - P_{e2} \qquad (١٥-٧)$$

وتحسب قوة المقاومة $F_R$ من المعادلة:

$$F_R = S \cdot c + W \cdot \tan\varphi \qquad (١٦-٧)$$

حيث:

$P_w , P_e$ ضغط التربة والماء على التوالي .

$S$ العرض الإجمالي السفلي للسد .

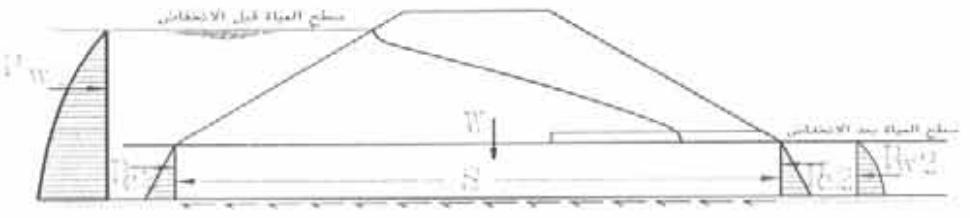
$c$ جهد تماسك في التربة عند المستوي الذي يحدث عنده الانزلاق .

$\varphi$ زاوية الاحتكاك الداخلي المؤثر للتربة عند المنسوب الذي يحدث عند الانزلاق .

$W$ وزن التربة أعلى منسوب الانزلاق .

ويحسب معامل الأمان F من المعادلة:

$$F = \frac{F_R}{F_D} \qquad (١٧-٧)$$




**شكل (٧-١١) الاتزان الإجمالي للسد**

ب- الانزلاق السطحي لوجه السد

يتم دراسة اتزان الوجه الأمامي والوجه الخلفي للسد بالطرق الخاصة بدراسة اتزان الميول، ويمكن أن يتم ذلك بطريقة الشرائح الرأسية، أو بحل معادلات الإجهاد والانفعال عدديا.

٣/٨/٧ السدود المحيطة من كسر الأحجار أو أكياس الرمل

هذه النوعيوة من السدود تعامل نفس معاملة السدود الترابية، ويشار إليها في البند (٣/٨/٧) بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .

٤/٨/٧ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحيه منفردة

تختار الستائر اللوحية المستخدمة في السدود المحيطة من الخشب أو الخرسانة أو الصلب ، ولمزيد من الاستيضاح يرجع إلى البند (٤/٨/٧) بالجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .

١/٤/٨/٧ الأبعاد الابتدائية

إذا كان عرض وعمق قطاع السد المحيط صغيرا نسبيا فينفذ السد من لوحين رأسين متوازيين تحفظ المسافة بينهما بألواح ودعامات أفقية، أما إذا زاد عمق قطاع السد بينما ظل عرضه صغيرا فينفذ السد على مراحل أى أن تكون كل مرحلة من قطاع السد ذات اتساع مختلف عن المرحلة التى تليها وتحفظ المسافة بين جوانب السد بألواح ودعامات أفقية، وإذا كان عرض قطاع السد متسعا وعمقه صغيراً فتحفظ جوانب السد بأربطة ودعامات مائلة أو بألواح ودعامات أفقية، ويبين الشكل (٧-١٢) بعض السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحية منفردة . ويراعى زيادة المساحة التي يحيط بها السد عن الحدود الخارجية للمنشأ المطلوب تنفيذه بما يكفى لتشوين المواد وتنفيذ أعمال الإنشاء وتجفيف الموقع، ويتم اختيار نوع وقطاع الستارة من الأنواع والقطاعات المتاحة بما يتناسب مع عمق السد المحيط .

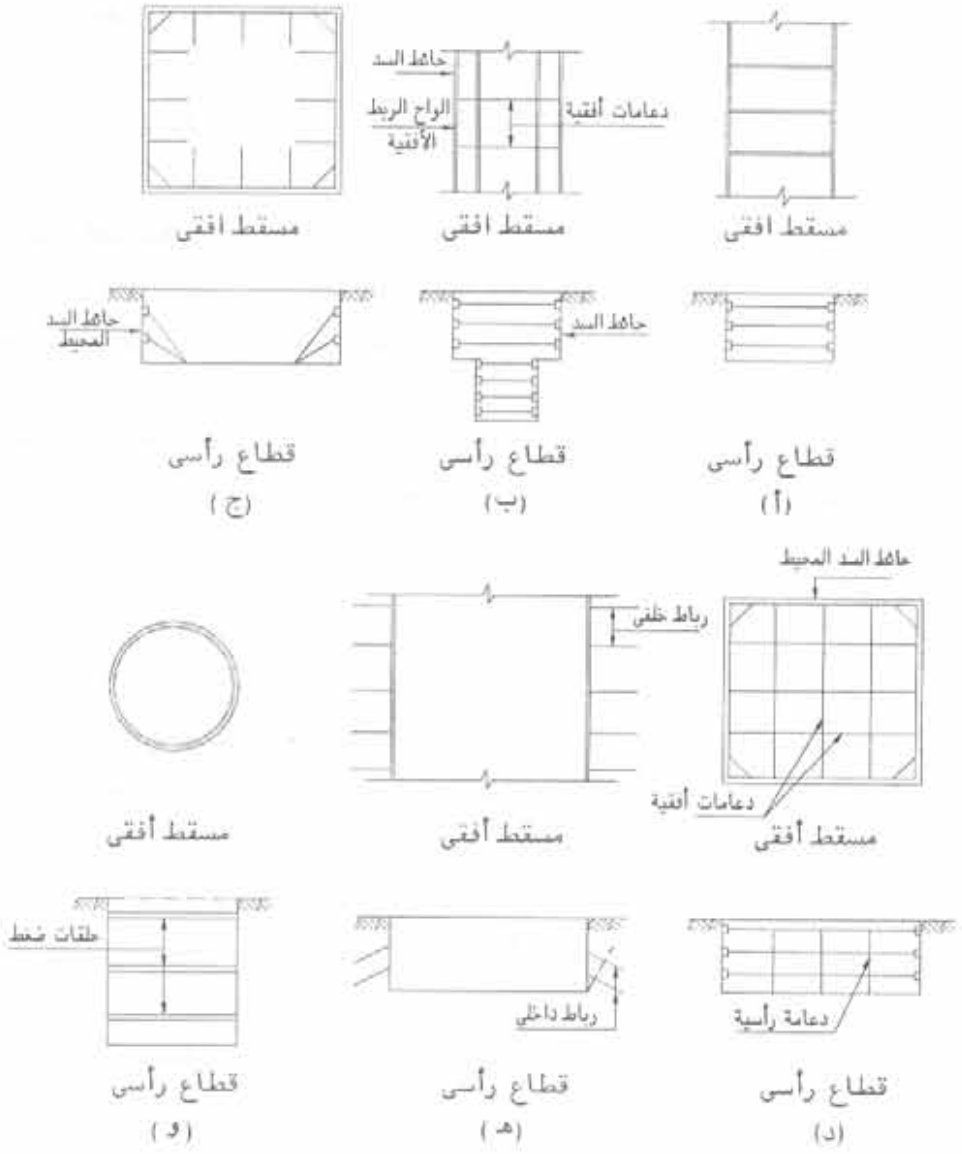
المسافة بين لوح الربط العلوي واللوح الذي يليه $d_m$ (متر) تحدد حسب قطاع الستارة وإجهاد التشغيل المسموح به كما يلي:

$$d_m^3 \le 1.56 f . z . d \qquad (٧-١٨)$$

حيث:

$z$ معامل قطاع الستارة (م$^2$ / متر طولي أو سم$^3$/متر الطولي) .

$f$ إجهاد التشغيل لمادة الستارة (طن / م$^2$ أو كجم/سم$^2$ ) .




**شكل (٧-١٢) بعض نظم تنفيذ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحية منفردة**

ويقع السد المحيط في هذه الحالة تحت تأثير القوي التالية:

( أ ) ضغط الماء خارج السد المحيط

(ب) ضغط الماء داخل السد المحيط

(ج ) ضغط التربة داخل و خارج السد المحيط

**٢/٤/٨/٧ التصميم الإنشائي**

- تصمم الستائر اللوحية لتقاوم القوى المؤثرة عليها وكأنها مرتكزة ارتكازا بسيطا على ألواح الربط الأفقية، وتحسب ردود الفعل عند نقطة الارتكاز باستخدام قواعد نظريات الإنشاء العادية.

- بالنسبة لألواح الربط الأفقية فإنها تتعرض لرد فعل الستائر اللوحية موزعة بطول ألواح الربط الأفقية ذاتهـا، كما أنها تتعرض لرد فعل ألواح الربط الأفقية الأخرى التي تتلاقى معها في الزوايا (أركان السد).

وإذا كان شكل السد المحيط دائريا في المسقط الأفقي فانه يصمم على أساس أن القوى الداخلية به عمودية على قطاعه .

ولتحديد ضغط التربة على هذه النوعية من السدود المحيطة يرجع للبند (٣/١/٨/٧) من الجزء السابع بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات .

### ٣/٤/٨/٧ اتزان السد

يجب التأكد من اتزان السد عن طريق إجراء اختبارات الثبات التالية :

( أ ) ثبات السد ضد الانزلاق الداخلي

(ب) ثبات السد ضد النحر الداخلي

(ج) دراسة اتزان السد أثناء التنفيذ:

ويحتوي البند (٣/٤/٨/٧) من الجزء السابع بالكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسـات علـي الخطوات التفصيلية والمعادلات الخاصة بهذه الاختبارات.

### ٥/٨/٧ السدود المحيطة المكونة من ستائر لوحية مزدوجة أو ذات خلايا متلاصقة

### ١/٥/٨/٧ أشكال السدود المزدوجة وذات الخلايا

عندما تكون الضغوط الخارجية عالية ولا يكفي صف واحد من الستائر اللوحية لمقاومة هذه الـضغوط فـيمكن اللجوء حينئذ إلى استخدام صفين متوازيين من الستائر اللوحية يتم ربطهما بواسطة قضبان معدنية وملء الفراغ الموجود بينهما بكسر أحجار أو أتربة متنوعة وأحيانا بخرسانة عادية في جزء من أجزائه، ويبين شكل (٧-١٣) بعض أنواع السدود من الستائر اللوحية المزدوجة.

وإذا لم يكن السد المزدوج كافياً لمقاومة الضغوط الخارجية العالية فيمكن استخدام نوع مشابه له مـن الناحيـة الاستاتيكية وهو السد ذو الخلايا المتلاصقة، والشكل رقم (٧-١٤) يوضح بعض أنواعه المختلفة.

### ٢/٥/٨/٧ أسس التصميم

### ٢/٥/٨/٧ (أ) الأبعاد الابتدائية

يفترض مبدئياً عرض السد B كنسبة من ارتفاعه H:

$$B = ١,٨٥\ H \qquad (١٩-٧)$$

بالنسبة للسد ذى الخلايا تحدد أبعاد قطاعه وفقاً لشكله وبحيث يحقق عرضه المتوسط العلاقة التالية:

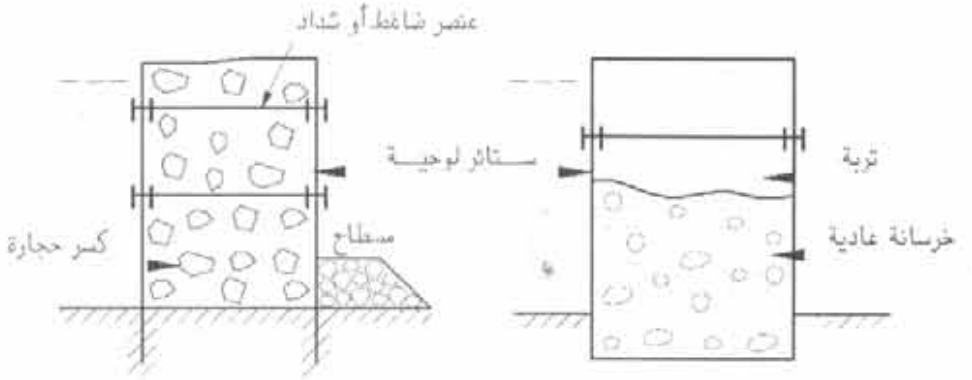
$$B = A / 2L \qquad (٢٠-٧)$$

حيث: A = مساحة مقطع الجزء المتكرر من الخلايا .

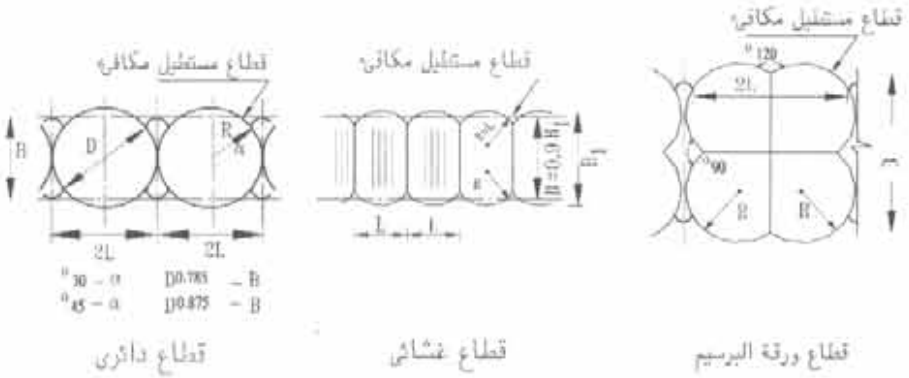
2L = طول هذا الجزء المتكرر .

**٢/٥/٨/٧ (ب) القوى المؤثرة**

- القوى الخارجية: وتشمل وزن السد والضغط الجانبي للتربة والمياه وضغط الأمواج وقوى التصادم مع السفن.
- القوى الداخلية: وتشمل قوى التسرب إلى داخل السد.




**شكل (٧-١٣ ) السدود المزدوجة**




**شكل (٧-١٤) السدود ذات الخلايا المتلاصقة**

**٢/٥/٨/٧ (ج) اختبارات السلامة**

يجب أن يحقق السد معاملات أمن كافية في اختبارات السلامة له وهى :

- اختبار سلامة السد ضد الانزلاق

-اختبار سلامة السد ضد الانقلاب

- اختبار سلامة السد ضد الانهيار بالقص الرأسي عند محور السد

- اختبار سلامة السد ضد حدوث انفصال بين الردم وتربة الأساس

- اختبار سلامة السد ضد حدوث انزلاق للستائر الخارجية على الردم الداخلي

- سلامة السد ضد النحر الداخلي

- اختبار سلامة الأمان لوصلات الستائر ضد الانهيار بالشد في السد ذي الخلايا

وهذه الاختبارات جميعها موضحة في البند (٢/٥/٨/٧(ج)) من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٦/٨/٧ أعمال الحقن

تحتاج السدود أحياناً القيام ببعض أعمال الحقن، ويتم ذلك حسب المواصفات الموضحة في البند (٦/٨/٧) من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٩/٧ المنشآت الساندة في الأعمال البحرية

تحتاج المنشآت الساندة في الأعمال البحرية إلي معاملة خاصة فيما يتعلق بالاختبارت الاستكشافية والقوي المؤثرة علي المنشآت الساندة . كما أن لها بعض المستلزمات الخاصة في الإنشاء.

### ١/٩/٧ استكشاف الموقع

تشمل أعمال الاستكشاف القيام بجسات رئيسية وجسات ثانوية بالإضافة لاختبارات الاختراق، تنفذ الجسات الرئيسية على امتداد خط الشاطئ حيث تكون المسافات بينها ٥٠,٠٠ مترا فى الاتجاه الطولى، ويكون عمق كل جسه مساويا ضعف الفرق بين منسوبى سطح الأرض خلف المنشأ (بعد الإنشاء) وقاع البحر، أو يمتد عمق كل جسه وصولا إلى طبقة جيولوجية صالحة للتأسيس أيهما أعمق، ويجب تركيب بيزومترات مناسبة فى بعض ثقوب الجسات الرئيسية لقياس ضغط مياه المسام.

وبناء على نتائج الجسات ونتائج اختبارات الاختراق تنفذ جسات ثانوية بحيث تكون المسافات بينها ٥٠,٠٠ مترا فى الاتجاه الطولى وترتب فى صفين فيما بين مواقع الجسات الرئيسية كما هو مبين في شكل (٧-١٥).
ويكون ترتيب مواقع اختبارات الاختراق القياس الديناميكى أو الاستاتيكى على امتداد الجسات الثانوية. ويمتد عمق كل اختراق الى المناسيب التى تنتهى عندها الجسات الرئيسية.

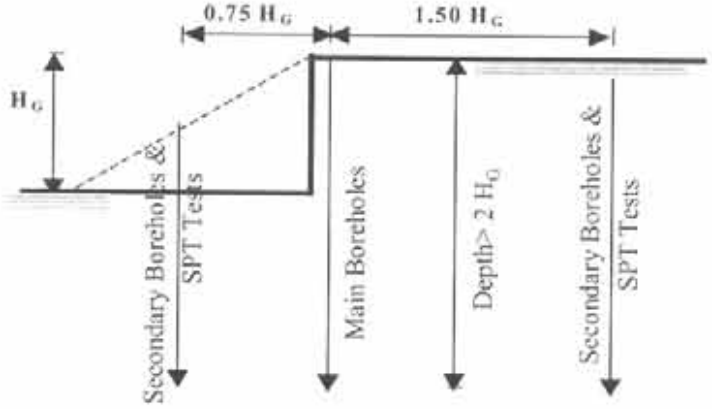
### ٢/٩/٧ مستلزمات المنشآت الساندة في الأعمال البحرية

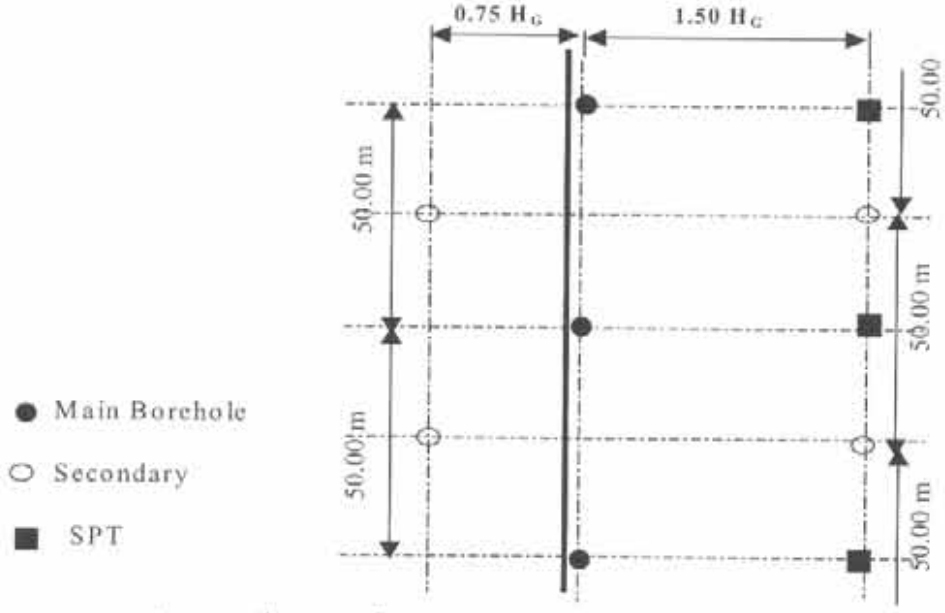
تحتاج المنشأة الساندة في الأعمال البحرية حسب الغرض من إنشائها إلي بعض أو كل المستلزمات التالية:* هامة الحائط . * حلقات ومدافع وشمعات الرباط .* الحاميات .وللاطلاع علي التفاصيل الإنشائية لهذه

المستلزمات يمكن الرجوع إلي البند (٥/٩/٧) فى الجزء السابع من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٣/٩/٧ القوي المرثرة علي المنشآت الساندة في الأعمال البحرية

عند تصميم المنشأة الساندة يجب أخذ القوي التالية في الاعتبار:* الضغوط الفعالة خلف الحائط من التربة أو الردم الخلفي .* الضغوط الناتجة عن عدم الثبات الهيدروليكي فيما بين خلف وأمام المنشأة خاصة في مناطق المد والجزر .* الأحمال السطحية علي الرصيف سواء الموزعة بالكامل وتلك المركزة نتيجة تواجد أوناش الحمل والتفريغ .* القوي الناتجة عن صدمة التراكي .*القوي الناتجة عن صدمات الأمواج .ويمكن الرجوع إلي البند (٩/٧) من الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات للاطلاع علي تفاصيل وطريقة حساب القوي المؤثرة علي المنشأة الساندة في الأعمال البحرية وكذلك اعتبارات التنفيذ الخاصة بذلك.




شكل (٧-١٥) ترتيب الجسات واختبارات الاختراق للمنشآت البحريةالممتدة طولي

# الباب الثامن

# ثبات الميول

## ١/٨ مقدمة

يختص هذا الباب من الدليل الإسترشادى لتصميم الأساسات بموضوع ثبات الميول وسواء كانت الميول طبيعية أو صناعية مستديمة أو مؤقتة فإن تأمين ثباتها وسلامتها يعتبر من المسئوليات الهندسية الهامة للحفاظ على الأرواح والممتلكات. والعوامل الكثيرة والمتداخلة التى يصعب أحياناً التنبؤ بها. والمؤثرة على ثبات الميول تجعل هذه الدراسة من الدراسات التى تحتاج إلى الكثير من البيانات والمعلومات وتحليلها على مدى فترات زمنية طويلة.

ويشتمل هذا الباب على تلخيص مختصر لتحليل ثبات الميول ومراقبة أى تحركات قد تؤدى إلى انهيارها وشرح وسائل تقويتها وحمايتها ومعالجة بوادر فشلها أو انهيارها وكذلك أعمال ضبط ومراقبة الجودة عند التنفيذ.

ولمزيد من الإيضاح والتفصيل للبنود الواردة فيما بعد يلزم الرجوع إلى نفس البنود بذات الأرقام بالجزء الثامن من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

وتشتمل مجالات اشتراطات ثبات الميول على فشل الميول ومعاملات مقاومة القص للتربة والإجهادات فى الجسور وحساب الهبوط والدراسات الحقلية. كما تشتمل أيضاً على حماية الميول ومعالجتها وأعمال مراقبة الجودة ويرد بالباب السادس ثبات السدود الترابية والجسور وانهيار الميول الطبيعية تحت تأثير الزلازل.

## ٢/٨ فشل الميول

### ١/٢/٨ أنواع فشل الميول

تبين الأشكال من (٨-١) إلى (٨-١٢) بالجزء الثامن من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات الصور المختلفة التى يمكن أن تتخذها الميول عند الأنهيار. والأنواع الأساسية لفشل الميول فى التربة أو الصخر هى الدوران على سطح انزلاق منحنى على شكل قوس من دائرة تقريباً ، والتحرك على سطح مستوى بطول كبير مقارناً بعمق الميل ، والإزاحة لكتلة من التربة على مستوى أو مستويات ضعيفة من التربة. وهناك أنواع أخرى من فشل الميول وتشمل السقوط ، والإنقلاب ، وانسياب التربة الطينية والحبيبية ، والإنتشار من ناحية الجوانب ، وانزلاق كتل على سطح ضعيف تأثر بالعوامل الجوية.

### ٢/٢/٨ أسباب فشل الميول

يحدث فشل الميول نتيجة لعدم اتزانها وذلك عندما تزيد القوى المسببة للانهيار عن مقامة التربة ويحدث فشل الميول المختلفة كما يلى:

#### ١/٢/٢/٨ الميول الطبيعية

قد يحدث عدم اتزان بسبب أو أكثر وأمثلة ذلك التغير فى الميل ، والزيادة فى ضغط المياه الأرضية أو التناقص المطرد فى مقاومة القص لكتلة التربة والإهتزازات الناتجة من الزلازل أو التفجير أو دق خوازيق وغيرها. والجداول بالبند (١/٣/٢/٨) بالجزء الثامن من الكود تبين أمثلة لفشل الميول الطبيعية.

#### ٢/٢/٢/٨ الميول الصناعية بالردم "الجسور"

قد يحدث عدم اتزان بسبب أو أكثر ، وأمثلة ذلك زيادة الجهد على تربة الأساس وانخفاض المياه بسرعة أمام هذه الميول والنحر الداخلى بها وكذلك القوى الديناميكية التى يتسبب عنها إما نقص فى مقاومة القص أو زيادة فى القوى الدافعة لانهيار الجسر ، وبعض الأمثلة لذلك معطاة فى جدول بالبند (٢/٣/٢/٨) من الكود.

#### ٣/٢/٢/٨ الميول الصناعية بالحفر "القطع"

قد يحث عدم اتزان لهذه الميول بسبب أو أكثر من العوامل التى ذكرت فى حالة الميول الطبيعية بالإضافة إلى عامل آخر وهو أنه فى حالة الحفر فى تربة قوية فإنه ينتج عن هذا الحفر نقص أو انعدام للإجهاد فى التربة فى الإتجاه الأفقى أثناء الحفر قد يتسبب عنه حدوث تشققات إذا تسربت خلالها المياه تقل مقاومة القص للتربة ، ويكون بذلك ثبات الميل على المدى البعيد أكثر حرجاً منه على المدى القريب. كما أن تعرض الحفر المفتوح لمدة طويلة للمياه قد يتسبب عنه انتفاش لبعض أنواع التربة مما ينتج عنه نقص فى مقاومة التربة مع مرور الزمن وبعض الأمثلة لذلك معطاة فى جدول بالبند (٢/٣/٢/٨) بالكود.

### ٣/٨ معاملات القص التصميمية للتربة

يتوقف اختيار هذه المعاملات على نوع التربة المستخدمة فى الجسر أو الميل أو تربة الأساس، وظروف المياه الأرضية ، ومعدل التحميل والعوامل الجوية ويتم اختيارها على أساس:

( أ ) الإجهادات الكلية وفيها لا يؤخذ ضغط مياه المسام Porewater Pressure فى الاعتبار.

(ب) الإجهادات الفعالة وفيها يلزم معرفة قيمة ضغط مياه المسام.

### ١/٣/٨ التحليل بإستخدام الإجهادات الكلية

تستخدم فى حالة عدم إمكان تصريف مياه المسام أثناء القص ، ويتم الحصول على معامل القص (C) من الاختبارات السريعة فى الحقل أو المعمل ، وتعتبر زاوية الإحتكاك الداخلى أو زاوية مقاومة القص ($\phi$) = صفر . وتختص هذه الحالة بالطين المشبع بالمياه . والأمثلة العملية لذلك معطاة بالبند (١/٢/٣/٨) من الكود.

### ٢/٣/٨ التحليل بإستخدام الإجهادات الفعالة

يتم تحديد قيمة معاملات مقاومة القص $C'$ ، $\phi'$ بإستخدام جهاز الضغط ثلاثى المحاور بطريقة (Consolidated drained, CD) أو بطريقة (Consolidated undrained, CU) التى يتم فيها قياس ضغط مياه المسام (u) أثناء الاختبار ، والأمثلة العملية لذلك معطاة بالبند (٢/٢/٣/٨) من الكود.

### ٤/٨ الإجهادات فى الجسور والميول

تنشأ الإجهادات داخل الجسر (الميل) وفى تربة الأساس أسفل الجسر من تأثير الجاذبية الأرضية على كتلة الجسر (الميل) . وهناك إجهادات تنشأ بتأثير الهزات الأرضية ولا تدخل فى نطاق هذا الجزء وإنما ترد فى الجزء من الكود الخاص بتأثير الإهتزازات . وحساب الإجهادات فى جسم الجسر أو فى تربة الأساس يحقق هدفين : أولهما حساب الهبوط نتيجة لإنضغاط تربة الأساس ، وثانيهما حساب الإجهادات الفعالة الناشئة فى جسم الجسر نفسه لإستخدامها فى تحليل ثبات الميل بعد معرفة توزيع ضغط مياه المسام . وحساب الهبوط فى تربة الأساس معطى فى البند (٦/٨) من الكود كما يوضح البند (٤/٤/٨) من الكود طريقة حساب ضغط مياه المسام ومنه يمكن تقدير قيمة الإجهادات الفعالة لإستخدامها فى حساب تحليل ثبات الميل وهذا البند يختص بحساب الإجهادات الفعالة.

والطريقة المقترحة لحساب الإجهادات الكلية بجسم الجسر يفترض فيها أن التربة المكونة للجسر مادة متجانسة وذات مرونة خطية وتعتبر نتائجها تقريبية ولكنها مفيدة لأغراض التصميم الإبتدائى ، أما فى الحالات التى يلزم فيها حساب الإجهادات بدقة أكبر فيمكن استخدام إحدى طرق التحليل العددى المعروفة والتى تمثل سلوك التربة بدقة أكبر وكذلك الإجهادات الناشئة عن مراحل الإنشاء المتتابعة بعد عمل نموذج رياضى مناسب.

### ٥/٨ طريق تحليل ثبات الميول

### ١/٥/٨ معاملات الأمان

يعبر معامل الأمان عن درجة المخاطرة التى تؤخذ فى التصميم ، وذلك لأن كثيراً من عوامل التصميم لا يمكن تحديدها بدقة فى تحليل ثبات الميول . ومعامل الأمان يجب أن يأخذ فى الاعتبار درجة الشك فى تغير معاملات التصميم والآثار الناجمة عن الفشل. فحيثما تكون نتائج الفشل طفيفة يمكن استعمال معامل الأمان أقل أو تحمل مخاطرة أكبر . وغالباً تحدث معظم الأنواع الخطيرة للفشل فى أنوع من التربة عندما تتعرض لفقد مفاجئ فى مقاومتها بدون إنذار مثل التربة المعرضة للتسيل Liquefaction وكذلك التربة التى تكون فيها النسبة بين المقاومة المتبقية Residual Strength والمقاومة القصوى منخفضة.

### ٢/٥/٨ البيانات اللازمة لدراسة ثبات الميول

يتطلب تحليل ثبات الميول الوقوف على تفاصيل طبوغرافية المنطقة (الوصف التفصيلى للتضاريس والسمات السطحية) ، التكوين الجيولوجى (طبقات الأرض)، مقاومة القص، حالة المياه الأرضية ، والأحمال الخارجية . وبهذه المعلومات يمكن تحليل درجة الثبات وبالتالى تحديد معامل الأمان.

### ٣/٥/٨ ثبات الميول بالطرق التحليلية

تنقسم الطرق المختلفة لتحليل ثبات الميول إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى : طريقة الاتزان الحدى، وطريقة التحليل الحدى، وطريقة العناصر المحددة . ويقتصر هذا البند على شرح التحليل بطريقة الاتزان الحدى لأنها الأكثر شيوعاً فى الإستخدام علماً بأن هذه الطريقة تقوم على افتراضات تبسيطية كبيرة . ويؤخذ سطح الفشل فى حالة الميول ذات التربة المتجانسة نسبياً على أنه قوس دائرى أو لوغاريتمى وعلى هذا السطح يمكن تحليل القوى المسببة للفشل والقوى المقاومة لها . ويحسب معامل الأمان (Fm) لدائرة الانزلاق التجريبية بإستخدام طريقة بيشوب المبسطة "Simplified Bishop's method" من المعادلات الآتية أرقام (٨-٤) ، (٨-٥) ، والشكل رقم (٨-٣٢) وهذه الأرقام مطابقة لما هو وارد بالجزء الثامن من الكود.

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (w_i - u_i b_i) \tan \phi] M_{\alpha}}{\sum_{i=1}^{i=n} w_i \sin \alpha_i} \qquad (٨-٤)$$

$$M_{ai} = \cos\alpha_i \left( 1 + \frac{\tan\alpha_i . \tan\varphi'}{F_m} \right) \qquad (٨-٥)$$

وتحل المعادلة السابقة بالتقريب المتتالى ويمكن كذلك إيجاد قيمة $M_{\alpha}$ من الشكل (٨-٣٢) السفلى وذلك لقيم مفروضة لمعامل الأمان $F_m$ .

### ٤/٥/٨ تحليل ثبات الميول بإستخدام المنحنيات التصميمة

تستخدم هذه المنحنيات فى التربة المتماسكة فى حالة ($\phi$ = ٠) باعتبار حدوث فشل سطح دورانى على النحو التالى : لميول التربة المتماسكة ذات المقاومة الثابتة تقريباً مع امتداد العمق يتم الرجوع إلى شكل (٨-٣٣) بالكود لتعيين معامل الأمان . وللميل اذى يشتمل على أكثر من طبقة فى التربة المتماسكة تحدد مراكز الدوائر الحرجة من الشكل رقم (٨-٣٤) . وتؤخذ مقاومة القص لأجزاء قوس الدائرة الخاصة بكل طبقة . ولتحديد موضع الدائرة الحرجة تستعمل الإرشادات الآتية :

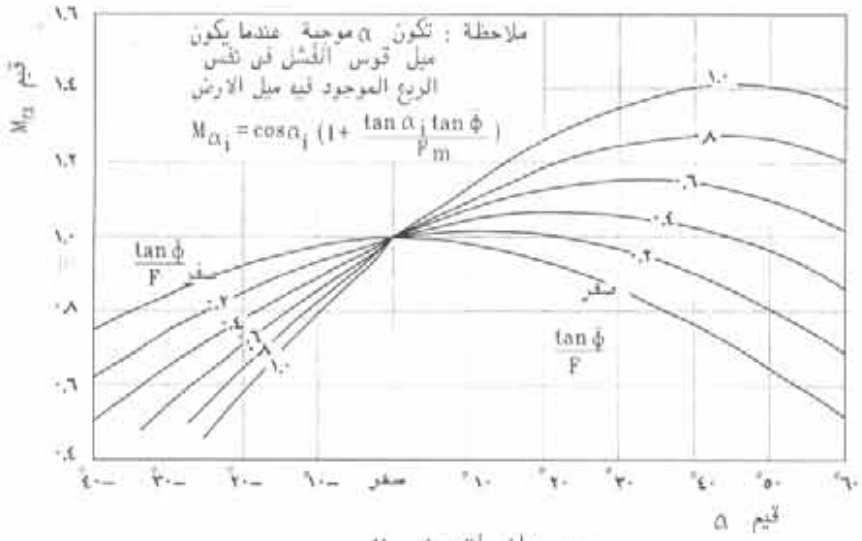
( أ ) إذا كانت طبقة التربة السفلية أضعف من الطبقة العلوية تكون الدائرة الحرجة هى المماسة للسطح السفلى للطبقة الضعيفة .

(ب) إذا كانت طبقة التربة السفلية أقوى من الطبقة العلوية هناك دائرتان الأولى تمس السطح السفلى للطبقة الضعيفة والثانية تمس السطح السفلى للطبقة السفلية القوية.

وللأحمال الإضافية وشروخ الشد أو غمر الميل يستعمل التصحيح المعطى فى الشكل (٨-٣٥) لتحديد معامل الأمان. وفى حالة الجسور على الطينة اللينة يستعمل الشكل رقم (٨-٣٦) للتحليل التقريبى للجسور ذات المسطحات المثبتة والمرتكزة على طبقة أساس ذات مقاومة ثابتة، ويتم تحديد الشكل المحتمل للفشل من العلاقة بين عرض المسطح وعرض الجسر وعمق طبقة الأساس تحت الجسر وذلك من الشكل رقم (٨-٣٦) بالكود.

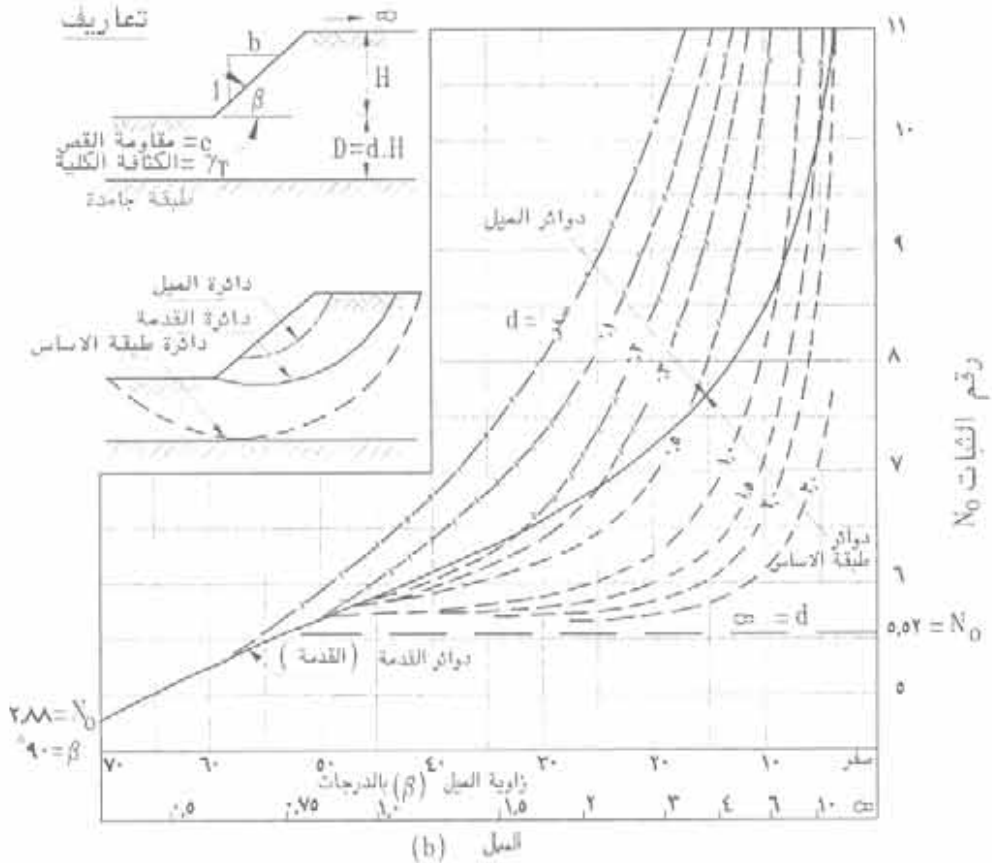
التقسيم الى شرائح (Bishop)

شريحه واحدة




رسم بيانى لتعيين $M_\alpha$

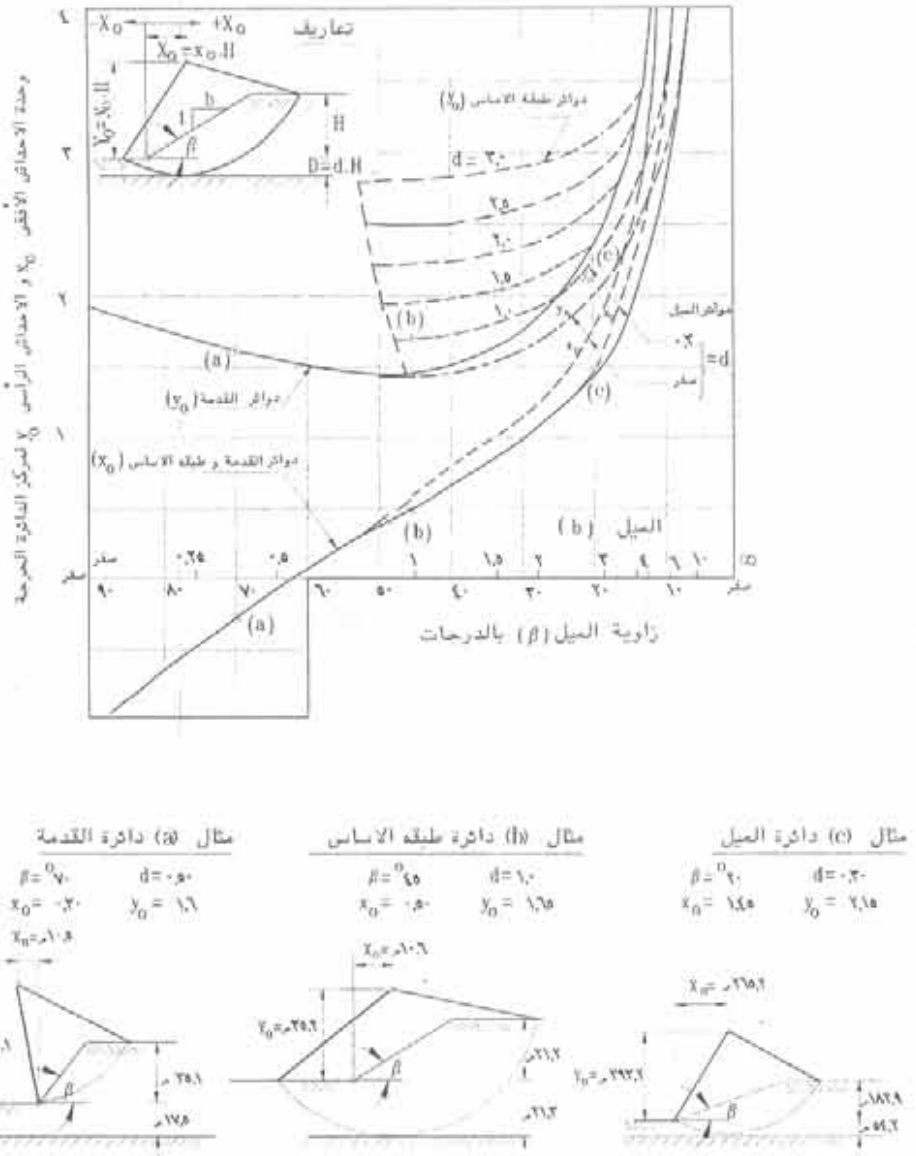
**شكل رقم (٨-٣٢) طريقة الشرائح – طريقة Bishop المبسطة**
**(سطح الانزلاق الدائرى)**



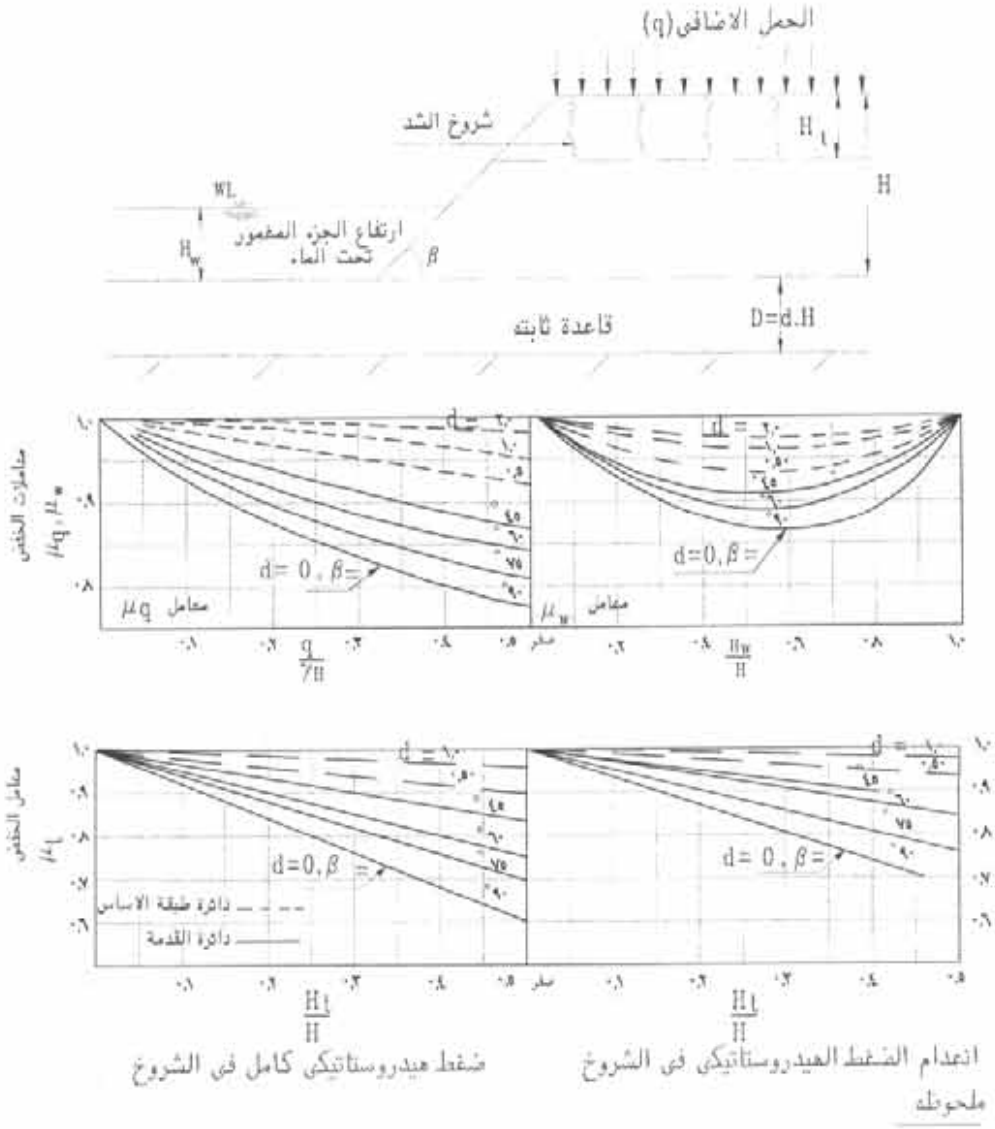

لتحديد معامل الامان (F) بدلالة قيم $(\beta, d)$ تحدد قيمة $(N_0)$ من الشكل ويعوض فى المعادلة

$$F = N_0 \frac{C}{\gamma_T H}$$

**شكل رقم (٨-٣٣) تحليل ثبات الميول فى التربة المتماسكة تحت شروط عدم هروب المياه أى بفرض $\phi$ = صفر**




شكل رقم (٨-٣٤) مركز الدائرة الحرجة ، الميل فى التربة المتماسكة

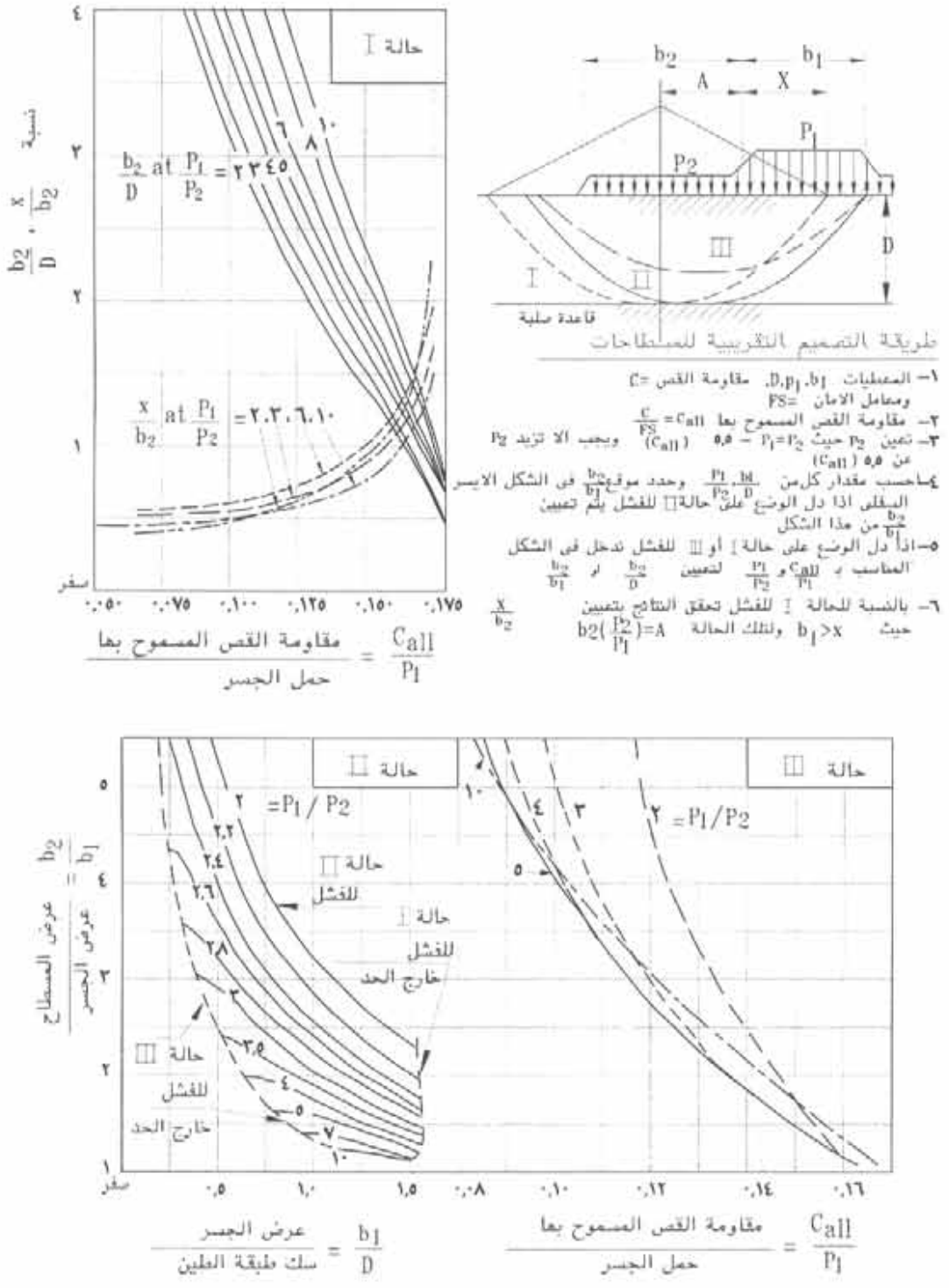



انعدام الضغط الهيدروستاتيكى فى الشروخ — ضغط هيدروستاتيكى كامل فى الشروخ

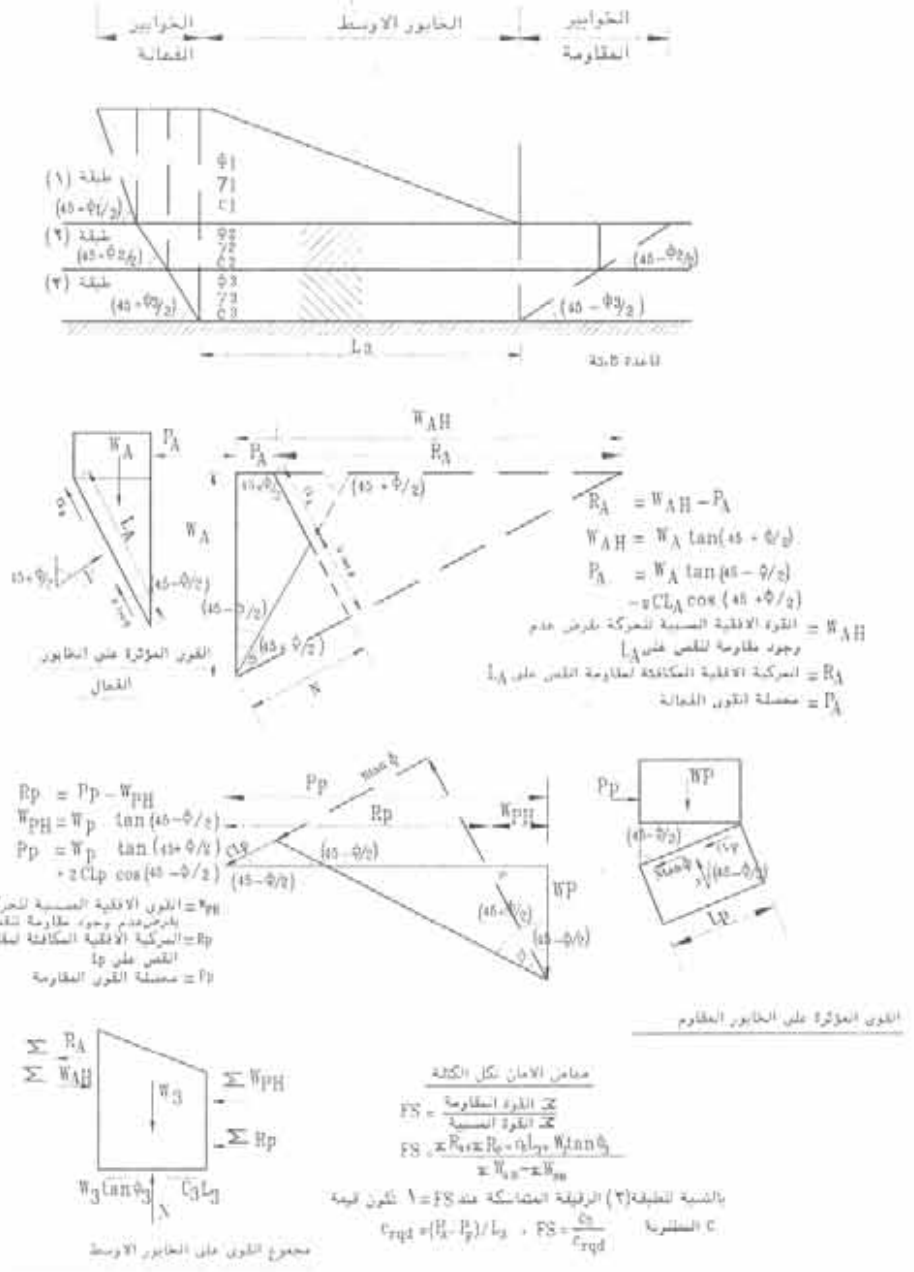
ملحوظة

فى حاله دائرة الاساس لاتؤثر زاويه الميل $(\beta)$ على معامل الخفض

**شكل رقم (٨-٣٥) تأثير كل من الحمل الإضافى ، الغمر وشروخ الشد على ثبات العميل**




**شكل رقم (٨-٣٦) تصميم مسطحات الجسور على طين لين**




**شكل رقم (٨-٣٧) طريقة تحليل الإنهيار الإنتقالى**

### ٨/٥/٥ تحليل ثبات الميول بإستخدام اتزان الكتل

تستخدم الإشارة إلى وجود عدد كبير من برامج الحاسب الآلى التى تقوم بتحليل ثبات الميول بطريقة الاتزان الحدى مما يوفر الكثير من الجهد والوقت ويسمح بإجراء تحليل أكثر شمولاً للمشكلات المختلفة . ويجدر بالذكر

أن البرامج المختلفة تتباين فى طريقة حساب معامل الأمان وفى شكل سطح الفشل الذى تتعامل معه ، وكذلك فى طريقة تمثيل ضغط مياه المسام.

### ٦/٥/٨استخدام الحاسب الالى فى تحليل ثبات الميول بطرق الاتزان الحدى

تجدر الاشارة الى وجود عدد كبير من برامج الحاسب الالى التى تقوم بتحليل ثبات الميول بطريقة الاتزان الحدى مما يوفر الكثير من الجهد والوقت ويسمح باجراء تحليل اكثر شمولا للمشكلات المختلفة. ويجدر بالذكر ان البرامج المختلفة تتباين فى طريقة حساب معامل الامان وفى شكل سطح الفشل الذى تتعامل معه، وكذلك فى طريقة تمثيل ضغط مياه المسام.

### ٧/٥/٨ قيم معاملات الأمان

يجب توفير القيم التالية لتأمين ثبات الميول :

١ – لا يقل معامل الأمان عن ١,٥ فى حالات التحميل الدائمة.

٢ – فى حالات التحميل المؤقت أو عندما يصل الثبات إلى أدنى قيمة خلال الإنشاء ، يمكن تقليل معاملات الأمان إلى ١,٢٥ إذا أمكن التحكم فى طريقة ومعدل التحميل.

٣ – فى حالة أساسات المنشآت ، يفضل ألا يقل معامل الأمان عن ٢ ليحد من التحركات الحرجة التى تحدث عند الأساسات.

## ٦/٨ الهبوط

### ١/٦/٨ مقدمة

الهبوط الكلى لأى ميل هو محصلة التضاغط فى جسم الجسر أو القطع بعد تشكيله، وفى تربة الأساس أسفل الجسر ، وغالباً ما يكون معظم الهبوط ناتجاً عن تضاغط تربة الأساس خاصة إذا تم تأسيس الجسر على تربة لينة.

وتعتمد قيمة الهبوط الناتج عن تضاغط تربة الأساس على وزن الجسر والأحمال الحية ومعاملات انضغاط التربة ، بينما يتوقف معدل تغير الهبوط مع الزمن على خصائص النفاذية والإنضغاط الأساسى والثانوى . أما بالنسبة للهبوط الناشئ عن انضغاط جسم الجسر فإنه فى العادة لا يكون ذا أهمية إلا فى حالة السدود الترابية والجسور العالية التى تكون قيمة الهبوط فيها حساسة بالنسبة لإستخدام المنشأ ولذلك فإن الطرق الحسابية الواردة فى الجزء التالى تختص بحساب الهبوط الناشئ من تضاغط تربة أساس الجسر فقط.

### ٢/٦/٨ حساب الإجهادات الرأسية نتيجة لوزن الجسر الترابى

تشمل الإفتراضات مرونة التربة أسفل الجسر واستمراريتها واتزانها استاتيكياً فى حالة الجسور الممتدة طولياً أو التى يزيد طولها عن خمسة أمثال عرضها ، ويمكن الحل بافتراض حالة الإنفعال المستوى وأن سطح الإتصال

بين الجسر وتربة الأساس يعتبر سطحاً أملساً وأن الإجهادات المطلوب حسابها تعتمد فقط على مقدار وإتجاه الحمل وعلى الموضع المطلوب حساب الإجهادات عنده ولا تعتمد على خصائص المرونة للكتلة أسفل الحمل ، ويمكن حساب الإجهادات الرأسية أسفل الجسر بإستخدام الشكل رقم (٨-٣٨) من الكود.

ويمكن الرجوع إلى البند (٨-٤) بالكود لمعرفة توزيع الإجهادات فى النقط المختلفة من جسم الجسر وأسفله . ولحساب الإجهادات الناتجة عن جسور مقطعها بسيط وطولها غير محدد فيمكن استخدام الشكل رقم (٨-٣٩) بالكود . وفى حالة الجسور ذات المقطع الأكثر تعقيداً فتحسب الإجهادات بإضافة أو طرح أجزاء من هذا المقطع البسيط . كما يمكن استخدام الشكل (٨-٤٠) بالكود لحساب الإجهادات الرأسية أسفل الجسور محدودة الطول.

### ٣/٦/٨ حساب الهبوط

فى حالة التأسيس على تربة متماسكة مشبعة بالماء فإن القيمة الإجمالية لحساب الهبوط هى محصلة الهبوط الفورى الذى يحدث فور وضع الحمل والهبوط التدريجى الناتج عن التدعيم الأساسى المصحوب بخروج ماء المسام المضغوط من فراغات التربة والهبوط التدرجى الناتج عن الإنضغاط الثانوى الذى يعتمد على التكوين المعدنى والهيكلى لحبيبات التربة . وتعتبر قيمة الهبوط الفورى كبيرة وهامة بالنسبة للهبوط الكلى فى حالة التأسيس على تربة مشبعة جزئياً أو ذات انضغاط سابق كبير ولكنها محدودة بالنسبة للهبوط الكلى فى حالة التأسيس على تربة طينية مشبعة بالماء ولينة أو متوسطة التماسك . ويمكن تعويض تأثير الهبوط الفورى أثناء التنفيذ.

ويتم حساب القيمة الإجمالية للهبوط الناتج عن الانضغاط الأساسى من المعادلة (٨-٦) بالكود مع تقسيم الطبقة الطينية إلى عدد من الطبقات ، كما يمكن استخدام الجدول (٨-٣) بالكود فى حالة عمل حسابات مبدئية . ولحساب المعدل الزمنى للهبوط الناتج عن الانضغاط الأساسى يمكن استخدام النظرية الخاصة بالتدعيم أحادى الإتجاه . وفى هذه الحالة يتم الحساب بإستخدام معامل الزمن $T_v$ ومعامل التدعيم $C_v$ (الأشكال (٨-٤١ ، ٨-٤٢ بالكود) فى المعادلة (٨-٧) بالكود.

ويلاحظ أنه إذا كانت قيمة الإنضغاط الثانوى مطلوب بشكل منفصل عن الانضغاط الأساسى فيمكن الحصول على الانضغاط الأساسى (التدعيم) منفرداً بإستخدام منحنى e-logp الذى يتم حساب النقط المكونة له بإنتهاء الانضغاط الأساسى فقط وليس بعد ٢٤ ساعة كما هو متبع فى التجارب المعملية القياسية .

### ٤/٦/٨ الهبوط الناشئ عن انضغاط جسم الجسر

يعتمد مقدار ومعدل الهبوط الناشئ عن انضغاط جسم الجسر نفسه على مادة الإنشاء وعلى إرتفاع الجسر . ففى حالة الجسور التى تنشأ من تربة متماسكة عالية اللدونة نسبياً والتى تزيد فيها نسبة المحتوى المائى عن النسبة المثلى فإن وزن الطبقات المتتالية يسبب إرتفاعاً فى ضغط مياه المسام Pore water Pressure خاصة فى

الطبقات السفلى من الجس ، ويزداد هذا التأثير فى الجسور العالية والسدود الترابية . وبعد إنتهاء الإنشاء يبدأ تضاغط فى الحدوث مواكباً لهروب مياه المسام وقد يستغرق ذلك عدة شهور أو سنوات . وفى حالة الجسور العالية والسدود يلزم متابعة مقدار ضغط مياه المسام أثناء الإنشاء بإستخدام البيزومترات.

## ٧/٨ الدراسات الحقلية

### ١/٧/٨ مقدمة

تهدف الدراسات الحقلية إلى تحديد المساحات المعرضة للإنزلاقات الأرضية فى المناطق المزمع إقامة مشروعات عليها واقتراح الوسائل المناسبة لمنع أو الحد من التحرك المحتمل للميول . أما إذا كان الانزلاق قد بدأ بالفعل فتكون الدراسة بهدف تشخيص العوامل التى تسببت فى تحرك الميول وتحديد الوسائل العلاجية المناسبة . وتبدأ الدراسة الحقلية قبل الشروع فى إقامة المشروعات أو إجراء العلاج وأحياناً تستمر لفترة طويلة بعد انتهاء الأعمال وتشمل دراسة عوامل عديدة فى مجالات الطبوغرافية والجيولوجيا والمياه السطحية والجوفية والبيئية.

### ٢/٧/٨ التخطيط للدراسات الحقلية

#### ١/٢/٧/٨ المساحة المطلوبة للدراسات الحقلية

تتوقف المساحة التى تجرى عليها الدراسات على حجم المشروع ومدى الظواهر الطبوغرافية والجيولوجية التى تدخل فى نطاق التحرك المحتمل للميول . ويجب أن تكون مساحة الدراسة أكبر كثيراً من المساحة التى يحتمل تعرضها للنشاط الانزلاقى أو التى حدث فيها تحرك بالفعل ، وذلك لربطها بالمنطقة الثابتة المحيطة بتلك المساحة ، ولأن معظم مناطق انزلاق الميول تتسع مساحتها مع مرور الوقت. وتتراوح مساحة الدراسة بين مرتين وثلاث مرات مساحة المنطقة المعنية طولاً وعرضاً . وفى بعض المناطق الجبلية يكون من الضرورى امتداد الدراسة إلى قمة الميل أو حتى حدوث تغير رئيسى فى طبقات الأرض أو زاوية الميل . أما على الأجناب فيجب أن تضم المساحة مصادر المياه الأرضية والتكوينات الجيولوجية الممتدة مع المنطقة غير الثابتة.

أما بالنسبة لعمق التربة الذى يلزم أن تشمله الدراسة فيجب أن تمتد الجسات وغيرها من الاختبارات الحقلية إلى أعماق كافية للتعرف على التربة التى لم تتعرض فى الماضى للتحرك ولكنها قد تدخل فى إطار التحرك المستقبلى ، وكذلك التكوينات الأعمق والتى ينتظر أن تظل ثابتة.

#### ٢/٢/٧/٨ مدة الدراسات الحقلية

نظراً أن معظم الانزلاقات الأرضية تتأثر بالتغيرات المناخية ، فإن أقل مدة للدراسات الحقلية هى سنة كاملة ويمكن أن تمتد لأكثر من عقدين بسبب التأثير التراكمى السنوى للدورة المناخية طويلة المدى التى تحدث كل ١١ أو ٢٢ سنة ، وإن كانت مثل هذه الدراسات الطويلة تعتبر مستحيلة تقريباً . وقد أثبتت الخبرة أن كثيراً من

الإستنتاجات الخاطئة قد تم التوصل إليها عن أسباب الانزلاقات الأرضية وكفاءة الإجراءات العلاجية لأن تغيرات مناخية إلى الأسوأ لم تؤخذ فى الاعتبار.

### ٣/٢/٨ مراحل الدراسات الحقلية

تعتبر الدراسات الحقلية الخاصة بثبات الميول عملية مستمرة ويمكن تقسيمها إلى :

١ – **المرحلة الأولى :** وهى دراسات إبتدائية أو استطلاع يتم فيها الحصول على فكرة عامة شاملة عن موقع الدراسة ، وتشمل جيولوجيا المنطقة وأى وصف عن عدم ثبات الأرض فى الماضى ، والفحص البصرى والتفسيرات النظرية . وتستخدم نتائج هذا التقييم الإبتدائى لتخطيط الدراسة التفصيلية.

٢ – **المرحلة الثانية :** وهى أكثر تركيزاً وتفصيلاً ، وتشمل الجسات ، أخذ العينات ، الحفر ، وغيرها من الطرق الفنية المصممة للحصول على البيانات اللازمة . ويفضل أن تجرى هذه الدراسات المركزة خلال الفصل الذى يمثل أسوأ الظروف المناخية بالنسبة لثبات الميول.

٣ – **المرحلة الثالثة :** وهى تكرارية ، وقد تظهر البيانات التى تم الحصول عليها أن هناك حاجة إلى عمل فحوصات أخرى للحصول على بيانات إضافية . لذلك يجب أن تسمح خطة الدراسات الحقلية بأعمال لم تكن ضمن مجال الدراسة الأصلية وتتراوح عادة هذه الأعمال الإضافية بين ٣٠ % من حجم الأعمال التى كانت تعتبر فى البداية كافية للدراسات التفصيلية.

٤ – **المرحلة الرابعة :** وتتضمن المراقبة المستمرة للميول التى يشك فى نشاطها أو التى تم إتخاذ إجراءات علاجية لها ، ويجب أن تمتد لكى تغطى دورة مناخية سنوية على الأقل ويفضل أن تمتد أكثر من ذلك بحيث تشمل أسوأ الظروف المناخية.

### ٣/٧/٨ مجالات الدراسات الحقلية

**أ – طبوغرافية الموقع**

تحدد الطبوغرافية أولاص بالمساحة التصويرية أو غيرها والتى توفر فكرة شاملة عن ظروف الموقع ، ثم المساحة الأرضية التفصيلية.

**ب – إستكشاف تحت السطح**

ويشمل ما يلى :

١ – **الاستطلاع الجيولوجى :** للتعرف على المناطق المعرضة للانزلاقات الأرضية وكذلك لتحليل وعلاج الانزلاقات التى حدثت بالفعل ، يتم تحديد جيولوجية المنطقة بالملاحظة السطحية (الاستطلاع الجيولوجى) وبتفسير بيانات الإستكشاف تحت السطح . ويساعد ذلك الإستطلاع على اختيار الطرق الفنية للدراسات التالية وعلى تفسير نتائج الدراسات الشاملة.

٢ – **الدراسات الجيوفيزيقية** : تعتبر الطرق الجيوفيزيقية مثل طريقة قياس المقاومة الكهربائية وطريقة الإنكسارات السيزمية مكملة للجسات أو حفر الاختبار والخنادق وتختصر بدرجة كبيرة الوقت والنفقات والمشاكل التى قد تنتج عن تنفيذ الجسات على نطاق واسع.

٣ – **الجسات وأخذ العينات وتسجيل القطاعات** : بهدف معرفة طبيعة طبقات التربة بدءاً من سطح الأرض.

٤ – **حفر الاختبارات والخنادق** : بهدف تحديد تكوين وخواص التربة والصخور الضعيفة.

**جـ – المياه السطحية والمياه الأرضية**

يعتبر معرفة مصدر المياه وحركتها وكميتها من أهم العوامل فى دراسة ثبات الميول ، ولذلك يجب قياس ضغوط المياه الجوفية عند الأعماق المختلفة ومراقبة تغيراتها وتحديد معامل النفاذية حتى يمكن عمل دراسة هيدرولوجية كاملة للمنطقة التى تشملها الدراسات الحقلية.

**د – العوامل البيئة**

يلزم دراسة كل عناصر البيئة للحصول على الخلفية التاريخية والمدخل إلى معرفة التغيرات الطبيعية والبشرية المنتظرة فى المستقبل والتى لها تأثير كبير على ثبات الميول.

**٤/٧/٨ الاختبارات والأجهزة الحقلية**

لتقييم درجة اتزان ميل أو لتقدير فعالية إجراءات معالجة ميل فإنه يلزم قياس خواص مواد الميل . ولمواجهة أوجه القصور المرتبطة بالاختبارات المعملية فقد استحدث الكثير من طرق الاختبارات الحقلية مثل اختبار الاختراق الديناميكى (القياسى) أو الاستاتيكى أو اختبار القص بالمروحة والتى تتم فى الجسات المنفذة للتعرف على طبقات التربة وكذلك اختبار التحميل أو اختبار القص المباشر التى تتم فى الحفر . كما تستخدم أجهزة المراقبة والقياسات الحقلية بصفة أساسية للأغراض الآتية :

١ – تحديد عمق وشكل سطح الانزلاق الحرج مما يسمح بإجراء الحسابات لتحديد معاملات مقاومة التربة عند الفشل وبالتالى يمكن تصميم الوسائل العلاجية.

٢ – تحديد التحركات الجانبية والرأسية فى نطاق الكتلة المنزلقة.

٣ – تحديد معامل الانزلاق (تحركات معجلة "Accelerated" أو متقاصرة "Retarding") وبذلك يمكن التحذير من الاخطار الوشيكة.

٤ – مراقبة نشاط الميول التى على حد الاتزان سواء كانت طبيعية أو صناعية وتأثيرات أعمال الإنشاء أو الترسيب عليها.

٥ – مراقبة مناسيب المياه الأرضية أو ضغوط مياه المسام المرتبطة بنشاط الإنزلاق الأرضى لإمكان تحليل الإجهاد المؤثر.

٦ – توفير بيانات رقمية مقروءة من بعد أو نظام إنذار من بعد للتحذير من الأخطار المحتملة.

٧ – مراقبة وتقييم فعالية إجراءات السيطرة المختلفة.

### ٨/٨ حماية ومعالجة الميول

يتم الرجوع لتفاصيل هذا الجزء فى البند (٨/٨) بالجزء الثامن من الكود.

### ٩/٨ استخدام المصنعات الجيوتكنيكية فى أعمال الميول والجسور

#### ١/٩/٨ مقدمة

المصنعات الجيوتكنيكية Geo-textiles عبارة عن رقائق أو شباك مصنعة من مواد بوليمرية مثل البولى إيثيلين والبولى بروبلين والبوليستر وتشتمل على أنواع مختلفة أكثرها شيوعاً الرقائق المنسوجة وغير المنسوجة ، وتستخدم فى أعمال الهندسة الجيوتقنية مما يؤدى إلى تحسين خواصها وتسهيل عمليات الإنشاء أو زيادة سرعة العمل أو خفض التكلفة الكلية للإنشاء والصيانة . كما يستخدم الصوف الزجاجى أو أسلاك الحديد والكابلات أيضاً فى بعض المصنعات الجيوتكنيكية المركبة.

#### ٢/٩/٨ الغرض من استخدام المصنعات الجيوتكنيكية

تستخدم المصنعات الجيوتكنيكية فى مجالات عديدة فى الهندسة الجيوتقنية وأهم أغراضها فيما يتعلق بإنشاء الجسور الترابية هو مايلى :

١ – الفصل بين طبقات التربة المختلفة حيث تمنع تداخل أو تغلغل إحدى هذه الطبقات فى الأخرى.
٢ – تقوية أو تسليح التربة لمقاومة قوى الشد المتولدة بها وبالتالى زيادة مقاومة القص وقدرة التحمل ومقاومة الانضغاط التربة الجسر ، وكذلك لتحسين قدرة تحمل التربة اللينة أثناء فترة الإنشاء أسفل الجسور الترابية المقامة على تربة لينة.
٣ – الترشيح بإستخدام المرشحات الجيوتكنيكية حيث تسمح بمرور المياه فى الإتجاه العمودى عليها وتمنع مرور حبيبات التربة معها.
٤ – الصرف بإستخدام المصنعات الجيوتكنيكية حيث تسمح بمرور المياه خلال رقائقها فى الإتجاه الموازى لها.
٥ – حجز السوائل سواء فى الإتجاه العمودى على المصنعات الحاجزة للسوائل أو الموازى لها وذلك فى الحواجز أو السدود الترابية وكذلك عند تبطين البرك الصناعية.

#### ٣/٩/٨ أنواع المصنعات الجيوتكنيكية

يتم الرجوع إلى البند (٣/٩/٨) من الكود.

### ٤/٩/٨ الخواص الأساسية للمصنعات الجيوتكنيكية

يتم الرجوع إلى البند (٤/٩/٨) من الكود

### ٥/٩/٨ اعتبارات تصميمية عامة عند استخدام المصنعات فى تقوية التربة

يتم الرجوع إلى البند (٥/٩/٨) من الكود.

### ٦/٩/٨ تصميم الجسور الترابية المقواة (المسلحة) المرتكزة على تربة قوية

الوظيفة الأساسية للمصنعات الجيوتكنيكية هى تقوية تربة الجسر نفسه بحيث يمكن تشكيل ميول جانبية حادة نسبياً مما يوفر فى تكلفة الإنشاء ومساحة الأرض المخصصة له. وفى حالة الجسور ذات الشكل الهندسى البسيط والتى يتراوح ميلها بين $30^{o}$ ، $90^{o}$ يمكن إستخدام المخططات البيانية التصميمية لتحديد زاوية ميل الجسر (B) أو الطول الإجمالى للرقائق المصنعة (L) وكذلك قوى الشد المتولدة بها بدلالة خواص التربة وإرتفاع الجسر وذلك بإستخدام الأشكال أرقام (٨-٤٦) إلى (٨-٤٨) والاعتبارات الواردة بالكود.

### ٧/٩/٨ تصميم الجسور المقامة على تربة لينة مقواة (مسلحة)

يتم الرجوع إلى البند (٧/٩/٨) من الكود لتفاصيل هذا الجزء.

### ٨/٩/٨ خواص المصنعات فى الإتجاه الطولى للجسر

يجب أن تختار المصنعات بحيث تقاوم الإجهادات المتولدة فى الإتجاه الطولى أثناء التنفيذ والى تكون ناشئة عن آلية انزلاق الجسر على المصنعات.

### ٩/٩/٨ اعتبارات خاصة بإنشاء الجسور على تربة لينة

لتسهيل أعمال إنشاء الجسور المقواة بالمصنعات وللحصول على الفائدة القصوى من المصنعات ينصح بإتباع الاعتبارات الواردة بالبند رقم (٩/٩/٨) من الكود.

### ١٠/٩/٨ أعمال مراقبة الجودة

نظراً لأهمية أعمال الجسور والسدود واعتماد اتزانها على الإلتزام بالمواصفات فى اختيار المواد وأعمال التنفيذ فإنه يجب مراعاة الاعتبارات المذكورة بالبنود (١/١٠/٨) إلى (٣/١٠/٨) من الكود.

# الباب التاسع
# الأعمال الترابية ونزح المياه

يهدف هذا الباب من الدليل الإسترشادى والخاص بالأعمال الترابية ونزح المياه إلى إعطاء تلخيص لما ورد لهذا الموضوع بالجزء التاسع من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ، وإلقاء الضوء على أسس التصميم المتعلقة بهذه الأعمال وتحديد طرق التنفيذ المختلفة والمعدات المستخدمة بغرض توفير الأمان اللازم للمتلكات والأراضى المجاورة أثناء وبعد الإنشاء . ويحتوى هذا الباب على مجموعة أجزاء تتضمن تشكيل وتسوية القطوع Cuttings والجسور وكذلك أعمال الحفر والردم والدمك Compaction . كما تشمل أنواع المعدات اللازمة وكيفية صيانة وحماية الميول بالإضافة إلى أعمال الخنادق والحفر والبيارات وطرق الحفر فى الصخر . ويرد بالجزء الأخير نزح المياه الأرضية وطرق التحكم فيها حيث يتم توضيح أسس سريان المياه الأرضية وتأثيرها على التربة وأعمال الحفر وكذلك وسائل خفض المياه الأرضية لتجفيف مواقع الإنشاء والطرق المختلفة لضخها.

ولمزيد من الإيضاح والتفاصيل للبنود فيما بعد يلزم الرجوع إلى نفس البنود وبذات الأرقام بالجزء التاسع من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

## ١/٩ تشكيل وتسوية القطوع والجسور

ويشتمل هذا الجزء على طبيعة الموقع والفحوص اللازمة لدراسته والاعتبارات الاقتصادية والبيئية وكذلك مخاطر الانهيار وتغير الشكل Deformation المقبول.

### ١/١/٩ طبيعة الموقع والفحوص اللازمة لدراسته

ويتضمن الاعتبارات البيئية والتقييم المبدئى للمشروع واستكشاف الموقع والاختبارات الحقلية والمعملية واستمرار الإستكشاف أثناء التنفيذ.

#### ١/١/١/٩ اعتبارات بيئية

وتشتمل على ثبات الموقع والتلوث . فبخصوص ثبات الموقع ، قد يكون بطبيعته فى حالة عدم ثبات ، أو قد ينتج عن تشكيل قطع أو إنشاء جسر عدم ثبات التربة تحته أو حوله. أما بخصوص التلوث فيلزم منع تلوث المسطحات المائية الناتج عن ضخ المياه من موقع الأعمال الترابية.

#### ٢/١/١/٩ التقييم المبدئى للمشروع

ويختص بتجميع البيانات المتوفرة ، واستطلاع الموقع وإعداد خطة لإستكشافه ، وتشمل البيانات الدراسات الجيولوجية وقطاعات الجسات وتقرير استكشاف الموقع وسجل استخدامه والخرائط والصور الجوية للموقع .

ويؤدى تجميع هذه البيانات الأولية إلى تخطيط سليم لإستكشاف الموقع وخفض التكاليف بقدر يعتمد على كم البيانات المتوفرة.

### ٣/١/١/٩ استكشاف الموقع

يتم إستكشاف الموقع عن طريق حفر الاختبار Test Pits والخنادق Trenches والبيارات Shafts والجسات والطرق الجيوفيزيائية . ويأتى تفصيل كل ذلك فى الفصل الخاص بإستكشاف الموقع (بند ٣/١/١/٩ بالكود).

### ٤/١/١/٩ الاختبارات الحقلية والمعملية

يجب اختيار الاختبارات الأكثر تفصيلاً للظروف الحقلية المتوقعة . وإذا كان من الممكن قياس بعض المعاملات بالطرق المعملية ، أو بالطرق الحقلية الأكثر دقة والأكثر تكلفة من الطرق المعملية ، فإن إجراء الاختبارات الحقلية يتطلب وجود مبرر قوى فى ضوء حجم الأعمال الترابية والنتائج المترتبة على انهيار هذه الأعمال . وبالمثل فإنه من الضرورى وجود مبرر اقتصادى لإجراء بعض الاختبارات المعملية الأكثر دقة والأعلى تكلفة.

### ٥/١/١/٩ استمرار الإستكشاف أثناء التنفيذ

من الضرورى التحقق خلال عملية الحفر أن ظروف التربة متمشية مع تلك التى بنى على أساسها تصميم الأعمال الترابية طبقاً لنتائج استكشاف الموقع . وقد يلزم استكمال الاستكشاف أثناء التنفيذ لتحديد مدى الاختلاف فى طبيعة التربة.

### ٢/١/٩ الاعتبارات الاقتصادية والبيئية

يجب أن يؤخذ تأثير الأعمال الترابية على الشكل العام للموقع وأن تتغير ميول القطوع والجسور لكى تنسجم مع خطوط الكنتور للأرض المجاورة مع تجنب الخطوط المستقيمة والتغيرات المفاجئة فى المقاطع الجانبية Profile . ومن المفضل اقتصادياً إيجاد توازن بين كميات الحفر والردم داخل حدود الموقع.

### ٣/١/٩ مخاطر الانهيار وتغير الشكل المقبول

يمكن تقييم مخاطر الانهيار من خلال :

( أ ) الحركة نتيجة انهيار قص فى التربة .

(ب) التغير غير المقبول فى الشكل قبل الوصول إلى مرحلة الانهيار.

(بند ٣/١/٩ بالكود).

## ٢/٩ القطوع

### ١/٢/٩ اعتبارات عامة

وتشتمل على ما يلى :

#### ١/١/٢/٩ عوامل بيئية

يلزم تنفيذ القطوع عادة فى الحالات الآتية على سبيل المثال :

( أ ) إنشاء طريق أو خط سكك حديدية على منسوب منخفض عن سطح الأرض.

(ب) إنشاء طرق النقل الجديدة خلال قطوع بدلاً من تقاطعها مع الطرق الموجودة.

(ج) إنشاء الطرق والسكك الحديدية خلال قطوع مجاورة للمطارات وذلك لتجنب إعاقة مسارات الطيران.

#### ٢/١/٢/٩ التخطيط الهندسى للموقع

يجب أخذ العوامل الآتية فى الاعتبار عند تخطيط محاور ومواقع القطوع وعند تحديد قطاعاتها العرضية :

( أ ) ثبات أو عدم ثبات تكوينات التربة المجاورة .

(ب) ثبات ميول القطوع.

(ج) تأثير الرياح بما فى ذلك ترسيب الرمال والنحر.

(د) الصيانة.

(هـ) النواحى الجمالية.

#### ٣/١/٢/٩ الاعتبارات الاقتصادية والاعتبارات الخاصة بالأمان

تكون تكلفة إنشاء القطوع عادة أقل ما يمكن إذا كانت زوايا ميل الجوانب أقصى ما يمكن، ولكن الأمر يتطلب دراسة متأنية مع مراعاة كل من الآثار الإقتصادية والخسائر البشرية فى حالة انهيار تلك الميول.

#### ٤/١/٢/٩ دليل التصميم الإبتدائى للقطوع فى الصخور

يبين الجدول رقم (٩-١) بالبند (٤/١/٢/٩) بالكود زوايا الميل المقترحة للصخور المختلفة وذلك للإستعانة بها فى التصميم الإبتدائى لميول جوانب القطوع فى الصخور .

### ٢/٢/٩ العوامل المؤثرة على ثبات ميول القطوع

#### ١/٢/٢/٩ نوعية التكوين (تربة أم صخر)

يمكن الحصول على المعاملات التى تحدد مقاومة القص من التحليل التراجعى Back analysis لقطوع وصلت إلى درجة الانهيار أو من الاختبارات الحقلية أو المعملية المناسبة والتى تأخذ فى اعتبارها نفاذية الطبقات المختلفة وكذلك التغيرات فى الإجهادات التى تحدث فى كل طبقة ، سواء فى المدى القصير أو البعيد ، نتيجة

الحفر لتكوين القطوع . والبند (١/٢/٢/٩) بالكود يوضح سلوك القطوع فى أنواع التكوينات المختلفة وهى : التربة غير المتماسكة ، التربة المتماسكة ، التربة ذات المشاكل ، والصخور .

### ٢/٢/٢/٩ اختيار معاملات التربة والكتل الصخرية لتقدير ثبات ميل القطوع

### ٢/٢/٢/٩ ( أ ) اختيار معاملات التربة

المعادلة الأساسية المستخدمة لحساب مقاومة القص للتربة خلف سطح القطوع هى :

$$\tau f = c' + (\sigma n - u) . \tan \phi' \qquad (٤-٩)$$

ويمكن إجراء اختبار الاختراق القياسى SPT فى التربة غير المتماسكة للحصول على تقييم للكثافة النسبية وزاوية مقاومة القص بإستخدام العلاقات القياسية الوضعية المنشورة . ويمكن إجراء اختبار قص المروحة Vane Shear Test بالموقع للطين عادى التضاغط اللين إلى متوسط القوام للحصول على قيم مقاومة القص السريع ومنها يمكن حساب ثبات الميول فى المدى القصير .

### ٢/٢/٢/٩ (ب) اختيار معاملات الكتل الصخرية

تتوقف مقاومة القص للكتلة الصخرية على مقاومة القص للفواصل مثل الشقوق والفواصل الطبقية ومناطق الفوالق . ويجب الحصول على معاملات مقاومة القص للفواصل من اختبارات القص المباشر على عينات لبية Cores أو كتلة من الصخر معدة بحيث يتم القص خلال الفاصل بالعينة المختبرة .

### ٣/٢/٢/٩ تكوين ونسيج التربة والصخور

### ٣/٢/٢/٩ ( أ ) تكوين ونسيج التربة

يلزم دراسة تأثير تكوين كتلة التربة خلف ميل القطوع على نفاذية التربة ، وكذلك دراسة اتجاه الفواصل بالنسبة لإتجاه أسطح الانهيار المحتملة . ولمعرفة الحالات المختلفة للتكوين والنسيج يتم الرجوع إلى البند بنفس الرقم عاليه بالكود .

### ٣/٢/٢/٩ (ب) تكوين ونسيج الصخور

لتكوين كتلة الصخر تأثير كبير على ثبات ميل القطوع . ولمعرفة العوامل التى يجب أخذها فى الاعتبار يتم الرجوع إلى البند بنفس الرقم عاليه بالكود.

### ٤/٢/٢/٩ المياه السطحية والأرضية

( أ ) فى حالة التربة

قد تتسبب المياه السطحية السارية على ميل القطوع فى نحر التربة غير المتماسكة أو المتماسكة جزئياً . أما التربة المتماسكة فليس لها قابلية عالية للنحر إلا فى حالة الطين كثير الشقوق . وقد يكون لسريان المياه الأرضية تأثير حرج على الإتزان سواء كان فى شكل تسرب من منسوب أرض أعلى خلف القطوع أو فى شكل مياه سطحية تتخلل الشقوق والفجوات.

(ب) فى حالة الصخور

قد تتعرض الميول فى الصخر إلى النحر بسبب سريان المياه السطحية إذا كان الصخر كثير الفواصل أو مكون من حصى حجرى مفكك . ومن الصعب التنبؤ بالسطح الحر (الفريانك) الحقيقى لسريان المياه الأرضية خلال الصخر ذى الفواصل لأن الماء يسرى خلال مجارى مختارة تبعاً لوجود هذه الفواصل.

### ٥/٢/٢/٩ تأثير الزمن

**٥/٢/٢/٩ ( أ ) الثبات فى المدى القصير والمتوسط والطويل**

**٢/٢/٩/ (ب) تأثير التجربة**

يتم الرجوع إلى نفس البنود بنفس الأرقام بالكود .

### ٦/٢/٢/٩ عوامل أخرى مؤثرة على الثبات

فيما يلى عوامل أخرى يجب مراعاتها بخصوص ثبات ميول القطوع.

( أ ) الحمل الإضافى على الميول Surcharge .

(ب) التأثيرات السيزمية حيث قد تسبب الاهتزازات الأرضية الناتجة عن الزلازل أو عمليات الإنشاء زيادة مؤقتة فى ضغط مياه المسام خلف الميل مما يتطلب مراعاة تأثير ذلك على مقاومة القص.

### ٣/٢/٩ تأثير طريقة الإنشاء على ثبات الميل

ويشتمل هذا البند على تتابع أعمال الحفر وشكله الهندسى ، تأثير المتفجرات ، والتحكم فى المياه الأرضية.

### ٤/٢/٩ الصرف

ويشتمل هذا البند على التحكم فى المياه السطحية ، مصارف الدعامة الخلفية ، مصارف الواجهة ، المصارف المثقوبة ، ممرات الصرف أو الدهاليز ، والسريان بالضغط الأسموزى والكهربى.

### ٥/٢/٩ الطرق الميكانيكية لسند جوانب الحفر

عندما تكون المسافة المتوفرة بين قدم الميل وحدود الموقع غير كافية لإنشاء ميل آمن لكامل إرتفاع القطـــوع ، يصبح من الضروى استخدام نظام سند فى صورة حائط ساند لتقليل الميل أو استخدام وسائل ميكانيكيـــة تـــسمح بإنشاء ميول أكثر انحداراً . وأهم الطرق الميكانيكية المستخدمة هى الحوائط الساندة ، الأربطة الأرضية ، ربط الصخر ، معالجة أسطح الصخر ، وتحسين معاملات التربة (يرجع إلى البنود ٩/٢/٥/١ إلى ٩/٢/٥/٥ بالكود).

### ٩/٢/٦ مراقبة ميول القطوع

يفضل إجراء فحص دورى ، خاصة فى الأشهر الأولى بعد الإنتهاء من تنفيذ القطوع فى حالة احتمال تعـــرض سطحها للنحر ، ويجب أن يشمل الفحص النقاط الآتية :

(أ) تغير الشكل : قد يشير هبوط الجزء العلوى من الميل مع حدوث بروز حول القدم إلـــى بدايـــة انهيـــار بواسطة انزلاق قص دروانى.

(ب) الشروخ : قد تشير مجموعة من الشروخ بالقرب من قمة الميل وشبه موازية له إلى انزلاق فى حين تدل الشروخ سداسية الشكل أو العشوائية على الإنكماش بالجفاف.

(ج) التشقق : يدل إنفتاح الشقوق والفواصل فى ميل صخرى على بدء انهيار انتقالى أو بالإنقلاب.

(د) التسرب : تدل المياه المتسربة من واجهة القطوع والحاملة لحبيبات التربة على وجود نحر داخلى.

(هـ) التآكل السطحى : تشير القنوات المنحورة على واجهة الميل إلى الحاجة للحماية من النحر السطحى.

ويجب إجراء الفحص عقب فترات الأمطار الغزيرة ، كما يجب فحص الميول الطينية أثناء هطول الأمطار التى تعقب فترة جفاف وبعدها مباشرة لتقدير أثر دخول الماء فى الشقوق السطحية . وعند وجود شك فى الثبات سواء فى المدى القصير أو الطويل ، يفضل تركيب الأدوات المستخدمة فى التنبيه إلى حالة عدم الثبات مقدماً وذلـــك للتمكن من إتخاذ إجراءات علاجية من صرف أو حقن أو ربط قبل الوصول إلى مرحلة الانهيار . وتشتمل هذه الأعمال على قياس ضغط مياه المسام ومراقبة التحركات السطحية وتحت السطحية وقياس ضغط التربة وكذلك المراقبة عن طريق الاهتزازات السيزمية (يرجع إلى البنود ٩/٢/٦/٢ إلى ٩/٢/٦/٥ بالكود).

## ٩/٣ الجسور والردم

### ٩/٣/١ مقدمة

تستلزم عملية تصميم وإنشاء الجسور والردم دراسة العوامل المختلفة المؤثرة على تـــصميم قطـــاع الجـــسر ، وخصائص تربة الأساس أسفل الجسر ، والمواد المستخدمة فى إنشائه والخطوات المتبعة فى الإنشاء ، وكـــذلك وسائل الصرف المستخدمة لتحسين خصائص تربة الأساس وثبات الجسور أو الردم.

### ٢/٣/٩ العوامل المؤثرة على تصميم الجسور

يستلزم تحديد قطاع الجسر ثلاث أبعاد هى عرض قمة الجسر والإرتفاع فوق سطح الأرض والميول الجانبية اللازمة لثبات الجسر . ويلزم أيضاً ثبات التربة المزمع إنشاء الجسر عليها ، وتوافر العرض الكافى لإستيعاب قاعدة الجسر المطلوبة وإلا لزم إستعمال المنشآت الساندة المذكورة فى البند ٢/٩ من الكود.

### ٣/٣/٩ خصائص المقاومة وتغير الشكل لتربة الأساس ومواد الردم

#### ١/٣/٣/٩ المواد

فيما يلى إيجاز لخصائص تربة الأساس ومواد الردم :

#### ١/٣/٣/٩ ( أ ) الصخر

عندما ينشأ الجسر على أرض صخرية تكون المشاكل المتعلقة بالمقاومة وتغير الشكل غير متوقعة . ويمثل الردم الصخرى المدموك جيداً على طبقات مادة ردم ممتازة من حيث المقاومة وعدم تغير الشكل . إلا أن بعض أنواع الصخور الضعيفة يمكن أن تتآكل إذا تعرضت للعوامل الجوية المختلفة وفى هذه الحالة تعامل كتربة متماسكة . وإذا تضمنت طريقة بناء الجسور إلقاء الصخور فى الماء أو إذا استخدمت الجسور كمنشآت منفذة تتعرض لسريان الماء خلالها ، فيجب استخدام صخور صلبة وغير قابلة للتآكل.

#### ١/٣/٣/٩ (ب) التربة الحبيبية

إذا كانت تربة الأساس تربة حبيبة فإنها تتميز بنفاذية عاليه ولا ينشأ بها ضغوط زائدة لمياه المسام وقت إنشاء الجسر ، كما أن معظم تغيرات الشكل تحدث مباشرة أثناء عملية الإنشاء. وتعتبر التربة الحبيبة مادة ردم عاليه الكفاءة بعد دمكها جيداً .

#### ١/٣/٣/٩ (ج) التربة المتماسكة

فى حالة إستخدام التربة المتماسكة كتربة أساس يكون محتوى الرطوبة هو العامل الرئيسى المؤثر على خواص المقاومة وتغير الشكل للتربة . بالإضافة إلى ذلك يعتبر أيضاً تكوين ونسيج التربة من العوامل الهامة فى حالة تربة الأساس.

#### ١/٣/٣/٩ (د) التربة الطميية

التربة الطميية هى تربة متماسكة لها مشاكل إضافية خاصة . فبما أنها ذات خواص متوسطة بين الطين والرمل فإن مقاومتها وتغير شكلها بالقلقلة التى تسبب عدم ثباتها.

### ١/٣/٣/٩ (هـ) التربة العضوية

وهى غير صالحة نظراً لقابليتها العالية للإنضغاط ويجب إزالتها قبل إنشاء الجسر ، أو التعجيل بانضغاطها عن طريق تحميل الجسر بشرط عدم تأثير هذا التحميل على ثباته.

### ١/٣/٣/٩ (و) المخلفات الصناعية والمنزلية

من المخلفات الصناعية التى يمكن النظر فى ملاءمتها كمادة ردم أو كتربة أساس خبث المعادن ومخلفات المحاجر ورماد الوقود المطحون الناتج من محطات القوى أما المخلفات المنزلية فهى غير مناسبة للإستخدام كمادة أساس أو ردم . ويجب عند اختيار المخلفات الصناعية كمادة أساس أو ردم إجراء الاختبارات اللازمة لتحديد مدى ملاءمتها.

### ٢/٣/٣/٩ الاختبارات وملاءمة المواد

وفيها يلزم إجراء اختبارات الموقع والاختبارات المعملية واستخدام أجهزة القياس فى الأعمال الحقلية . ويرجع إلى الجزء (٢/٣/٣/٩) بالكود لمزيد من التفاصيل.

## ٤/٣/٩ تصميم الجسور

### ١/٤/٣/٩ مقدمة

مع ضرورة توافر معامل أمان كافى ضد انهيار القص يلزم أن يكون التغير المتوقع فى الشكل بعد إقامة الجسر فى حدود القيم المسموح بها ، ولذلك فإنه قبل تصميم قطاع الجسر يجب معرفة أقصى عرض لقمة الجسر وكذلك إرتفاعه والأحمال المتوقعة عليه والخواص الجيوتكنيكية لتربة الأساس والردم . كما يجب معرفة الظروف الخاصة التى قد يتعرض لها مثل مياه المد وعمليات التنقيب والتجاويف الأرضية والتى يمكن أن تؤثر على الاختيار النهائى لقطاعه.

### ٢/٤/٣/٩ الثبات

يجب عمل حسابات الثبات للجسور بالطريقة التحليلية المناسبة . ومن الأفضل فى بعض الحالات تعيين التغير فى شكل الجسر بإستعمال طريقة العناصر المحددة Finite Elements لتحديد ما إذا كان التغير فى الشكل فى حدود المسموح به.

### ٣/٤/٣/٩ تغير الشكل

يمكن حدوث تغير للشكل فى مادة الجسر أو مادة الأساس أو كليهما ، لذا يجب دراسة سلوك هذه المواد فى مرحلة استكشاف الموقع لتحديد خصائص الهبوط لها. وتتوقف قيمة الهبوط المسموح بها على وظيفة الجسر

والغرض من إنشائه . لذلك يجب إجراء اختبارات الانضغاط على عينات من مادة الردم مدموكة للدرجة التى سوف تنفذ فى الطبيعة وذلك لحساب الهبوط.

### ٥/٣/٩ الصرف

من الضرورى وضع أنظمة صرف منظمة للتعامل مع المياه الأرضية وجريان المياه السطحية لكل من مرحلة الإنشاء ولثبات الجسر فى المستقبل . ويتضمن ذلك إستخدام الطرق المناسبة لإجراء أعمال الصرف السابق لإنشاء الأعمال الترابية وكذلك الصرف المؤقت خلال الإنشاء (يرجع إلى البنود ٩/٣/٥/٢ إلى ٩/٣/٥/٦ بالكود).

### ٦/٣/٩ ظروف الموقع الخاصة بالمؤثرة على تصميم الجسر أو الردم

من أهم هذه الظروف الخاصة والتى تؤثر على تصميم الجسر أو الردم ما يلى:

- الردم فى الماء الراكد.
- مياه المد والجذر ومياه الفيضان.
- الجسور المقامة على تربة لينة.
- الجسور المقامة على أرض منحدرة.
- الجسور المقامة على أرض المحاجر .
- الجسور المقامة على تكوينات ردم.
- الجسور المقامة على مناطق تعدين أو فجوات أرضية.
- الجسور المقامة على الكثبان الرملية.

(ويتم الرجوع إلى البنود ٩/٣/٦/١ إلى ٩/٣/٦/٨ بالكود).

### ٧/٣/٩ ملاءمة المواد للردم

المواد غير المناسبة للإستخدام هى التربة العضوية مثل الخث Peat والمواد السامة مثل المخلفات الصناعية المحتوية على مواد قابلة للذوبان وضارة للزراعة أو ملوثة لمصادر المياه والمواد المحتوية على مركبات ضارة للعناصر الإنشائية الأخرى وكذلك المواد المحتوية على عناصر قابلة للذوبان أو الغسيل أو قد تنتفش عند توفر الرطوبة . والمواد المناسبة منها هو مناسب تحت تأثير كل الظروف ومنها ما هو مناسب فى حدود اشتراطات معينة . (ويتم الرجوع إلى البنود ٩/٣/٧/١ إلى ٩/٣/٧/٣ بالكود من أجل التفاصيل).

## ٤/٩ الحفر والردم

### ١/٤/٩ التخطيط لأعمال الحفر والردم

#### ١/١/٤/٩ اعتبارات عامة

فيما يلى أهم الاعتبارات العامة المتعلقة بأعمال التخطيط :

(أ) نقل المعدات الثقيلة للموقع : يجب ألا تتعرض شبكة الطرق لإجهادات وأحمال تزيد عن المسموح به لهذه الطرق.

(ب) المرافق العامة : يجب التأكد من عدم تأثر المرافق العامة بأعمال الحفر والردم.

(ج) الآثار والإكتشافات الأثرية : يجب التأكد من عدم وجود آثار داخل حدود الأعمال الترابية والتنسيق مع الجهات المختصة للحفاظ على هذه الآثار فى حالة ظهورها.

(د) الطرق العامة : عندما يتطلب المشروع إنشاء طرق فرعية مؤدية إلى الطرق العامة يجب أن يتم ذلك بموافقة الهيئة المختصة مع التنسيق مع إدارات المرور فى عمل برامج التنفيذ للأعمال الترابية ، مع ضرورة استخدام اللافتات والعلامات الضوئية والمرورية المتعارف عليها طبقاً لتعليمات إدارات المرور.

(هـ) مواقع مناطق الإمداد بالأتربة (المحاجر) واستقبال ناتج الحفر : يجب أن تكون أقرب ما يكون لموقع المشروع مع عدم إستخدام الطرق العامة ما أمكن ، ومع الحفاظ على إتباع الإشتراطات البيئية والإلتزام بقواعد الوقاية والأمان والسلامة للعاملين.

### ٢/٤/٩ تجهيز الموقع

#### ١/٢/٤/٩ مقدمة

قبل البدء فى أى أعمال بالموقع يجب إقامة أسوار مناسبة تحيط بحدوده لحماية وتأمين حركة المارة ومعدات التشغيل . ويلى ذلك وضع أنظمة الصرف للمياه السطحية لتفادى الإضرار بالنظام العام لسريان المياه الأرضية وينصح بإتباع ما يلى لتجهيز الموقع .

#### ٢/٢/٤/٩ إخلاء الموقع

ويستلزم ذلك التخلص من جذور الأشجار وكذلك رفع خطوط المواسير والكابلات والمرافق العامة المدفونة بالموقع وأى أساسات قديمة لضمان التشغيل الآمن للمعدات.

#### ٣/٢/٤/٩ معالجة مسارات المجارى المائية

قد يلزم تحويل مجرى مائى إلى قناة جديدة لسريان المياه حول أو من خلال الأعمال الترابية إلى مكان آخر كضرورة لإنشاء عمل صناعى دائم.

### ٩/٤/٢/٤ الفجوات الأرضية

وقد تكون طبيعية أو صناعية ، ويمكن التعرف على أماكن وإمتداد هذه الفجوات من خلال شبكة تقليدية من ثقوب الجسات أو حفر الاختبار أو بواسطة أحدى الطرق الجيوفيزيقية . ويتم ردمها بتربة حبيبية مناسبة أو بإستخدام إحدى طرق الحقن.

### ٩/٤/٢/٥ معالجة التربة أسفل الردم

بعد الإنتهاء من أعمال المعالجة للفجوات وإزالة الأساسات القديمة وأى مواد غير صالحة للردم ، يتم دمك التربة بالموقع بإستخدام معدة دمك مناسبة.

### ٩/٤/٣ الحفر

### ٩/٤/٣/١ مقدمة

تستخدم أنواع كثيرة من المعدات فى أعمال الحفر ، ويعتمد استخدام أى منها لموقع ما على طبيعة التربة بموقع الحفر والظروف البيئية السائدة ووسائل النقل المستخدمة.

### ٩/٤/٣/٢ الحفر فى القطوع أو مناطق الإمداد

عادة يتم التخلص من المواد المحفورة غير الملائمة لأعمال الردم خارج الموقع . ويفضل تخصيص مساحة من الأرض الفضاء بداخل أو بجوار الموقع حيث تتم تسوية ناتج الحفر غير المرغوب استخدامه فى أعمال الردم لتقليل نفقات النقل.

### ٩/٤/٣/٣ الحفر تحت الماء

تستخدم عادة حفارات أو كباشات أو كراكات عائمة أو معدات الحفر التقليدية المركبة على زوارق مسطحة القاع . وأحياناً تستخدم السدود المحيطة والقيسونات بالإضافة إلى مضخات ووسائل فنية خاصة أخرى لإتمام أعمال الحفر فى ظروف جافة بدلاً من الحفر تحت الماء.

### ٩/٤/٣/٤ الحفر فى الصخر

يجب تفتيت الصخر إلى أحجام مناسبة لعملية النقل والردم والدمك ، أما فى حالة الكتل الصخرية الكبيرة فيمكن تفتيتها بواسطة المعدات الثقيلة أو التفجير.

### ٤/٤/٩ نقل الأتربة

يجب نقل نواتج الحفر بطريقة سريعة واقتصادية إلى موقعها النهائى سواء كان ذلك داخل أو خارج موقع الإنشاء (التفاصيل بالبند ٤/٤/٩ بالكود).

### ٥/٤/٩ أعمال الردم وفرد الأتربة

تتوقف كيفية تنفيذ أعمال الردم وفرد الأتربة على المعدات المتاحة والطرق المستخدمة لنقل هذه الأتربة . وأكثر الطرق قبولاً هى فرد الأتربة على طبقات متساوية قدر الإمكان مع دمكها بإستخدام معدة دمك مناسبة طبقاً للأصول الفنية والمواصفات.

### ٦/٤/٩ ضبط الجودة

#### ١/٦/٤/٩ التجارب الأولية

يفضل إجراء تجارب أولية لعملية الدمك بإستخدام معدات مختلفة وأنواع مختلفة من التربة يتم فردها على طبقات بأعماق مختلفة وذلك وصولاً لأكثر الطرق اقتصادياً فى التشغيل وكذلك لتحديد مدى ملاءمة الأتربة المستخدمة فى عملية الردم والدمك تحت الظروف الجوية والبيئية المختلفة.

#### ٢/٦/٤/٩ الطرق المستخدمة فى رصد ومراقبة تغير الشكل والإجهادات

قد يكون من الضرورى مراقبة ورصد الهبوط ومدى ثبات كل من أعمال الردم وتربة الأساس أثناء وبعد الإنشاء . وتتوقف فترة وطريقة المراقبة والرصد على طبيعة التربة بالموقع وطبيعة المنشأ والدقة المطلوبة فى هذه الأعمال . وعادة تستخدم أجهزة رصد مناسبة لهذا الغرض.

#### ٣/٦/٤/٩ الأعمال الترابية المجاورة للمنشآت

ومنها الردم حول وفوق المواسير والبرابخ الكبيرة ، والردم خلف الأكتاف والحوائط الجانبية للكبارى والحوائط الساندة بكل أنواعها والردم حول وبين الأكتاف الهيكلية والركائز المدفونة وتتم عادة هذه الأعمال منفصلة عن الأعمال الترابية الرئيسية.

#### ٤/٦/٤/٩ الحفر والردم الضحل

(يرجع إلى البند ٤/٦/٤/٩ بالكود).

#### ٥/٦/٤/٩ الأعمال الترابية المجاورة للمنتلكات

(يرجع إلى البند ٥/٦/٤/٩ بالكود).

### ٩/٦/٤/٧ الجوانب الرطب أثناب الإنشاء

يجب أن يتم تشكيل مسطحات القطوع والردم بحيث يساعد إتجاه السطح ودرجة استوائه على طرد المياه السطحية بدلاً من تجمعها . وقد يتطلب الأمر تنفيذ خنادق للصرف سواء كانت بصفة مؤقتة أو دائمة وذلك لصرف المياه بعيداً عن الأعمال الترابية.

### ٩/٦/٤/٨ طرق النقل

تنشأ طرق النقل بحيث تتحمل مرور معدات التشغيل الظروف المناخية المختلفة. ويجب مراعاة موازنة تكاليف الإنشاء الأولية لهذه الطرق مع تكاليف الصيانة اللازمة للإحتفاظ بحالة هذه الطرق فى مستوى مناسب لمعدات التشغيل.

### ٩/٦/٤/٩ الأعمال الترابية الأولية

فى حالة إنشاء جسر ترابى على تربة طينية لينة أو أى تربة أخرى غير ملائمة ، فإنه من الممكن تجنب إزالة هذه التربة فى حالة إمكانية إنشاء هذا الجسر مبكراً قبل الأعمال الترابية الأخرى حيث أن تحميل هذه التربة مبكراً يتسبب فى تضاغطها وبالتالى تقليل الهبوط المتوقع بعد الإنتهاء من الإنشاء.

### ٩/٦/٤/١٠ الإنشاء على مراحل

يمكن إنشاء جسر على تربة ضعيفة نسبياً على مراحل فى حالة عدم التأكد من ثبات هذا الجسر ويتم الإلتزام بفترات انتظار محسوبة بين وضع الطبقات المتتالية للردم للسماح بتلاشى ضغط مياه المسام.

### ٩/٦/٤/١١ التخلص من نفايات الحفر

(يرجع إلى البند ٩/٤/١١ بالكود).

## ٩/٥ الدمك

### ٩/٥/١ مقدمة

دمك التربة هى العملية التى تتداخل بواسطتها حبيبات التربة بإحكام عن طريق تقليل حجم فراغاتها سواء بإستخدام هراسات Rollers أو بطريقة ميكانيكية أخرى. وتعتمد الزيادة فى الكثافة الجافة للتربة نتيجة الدمك أساساً على محتوى الرطوبة للتربة ومقدار الدمك. ولقدر معين من الدمك ، يتم الحصول على الكثافة الجافة القصوى للتربة عند محتوى الرطوبة الأمثل.

### ٢/٥/٩ اختبار الدمك للأعمال الترابية

يمكن أن تتحدد درجة الدمك من الخصائص الهندسية المطلوبة للردم لكى يؤدى وظيفته التصميمية مثل أقل كثافة جافة ، أقصى نسبة فراغات هوائية مقرونة بأقصى محتوى رطوبة، أقل نسبة من أقصى كثافة جافة يمكن الحصول عليها من اختبار دمك معملى قياسى ، أقل مقاومة قص ، أو أقل كثافة نسبية للتربة الرملية . كما يمكن التحكم فى درجة الدمك عن طريق تحديد سمك الطبقات وعدد مرات مرور (مشاوير) نوع معين من معدات الدمك.

### ٣/٥/٩ طرق الدمك

تتوقف طريقة الدمك المناسبة على نوع التربة ومتطلبات الدمك والكمية الكلية من التربة المطلوب دمكها ومعدل الدمك المطلوب والشكل الهندسى للأعمال الترابية المراد دمكها ، بالإضافة إلى أى قيود بيئية . ويمكن إجراء تجارب دمك فى الموقع لتحديد أنسب معدات الدمك للظروف المتوقع أن تسود خلال فترة التنفيذ . ويحتوى الجدول (٩-٣) بالكود على دليل لإستخدام معدات الدمك المختلفة المناسبة لمختلف أنواع التربة.

### ٤/٥/٩ خصائص دمك التربة

#### ١/٤/٥/٩ ردم الصخور

يجب أن يدمك ردم الصخور على طبقات سميكة يصل سمكها إلى ١,٥ متر ، وبقطر أقصى لقطع الصخر لا يزيد عن ثلثى سمك الطبقة . ويعطى الدمك بالإهتزاز أفضل النتائج.

#### ٢/٤/٥/٩ التربة الحبيبية

تتميز هذه التربة بأنه تحت تأثير الضغط من معدة الدمك يمكن طرد الماء من فراغات التربة والوصول إلى درجة عالية من الدمك حتى لو كانت التربة أصلاً ذات محتوى رطوبة مرتفع. وللتربة الحبيبة المدموكة قدرة تحمل عالية ، وفى حالة أن تكون منتظمة التدرج يصعب الوصول بها إلى درجة عالية من الدمك قرب السطح خاصة عند استخدام الهراسات الهزازة.

#### ٣/٤/٥/٩ التربة الناعمة

تتأثر خصائص مقاومة القص والدمك للتربة الطينية والطمية تأثراً ملحوظاً بمحتوى الرطوبة ، خاصة أن زيادة محتوى الرطوبة بمقدار بسيط يجعل حبيبات التربة غير قابلة للتقارب ويصعب دمكها . وتعتمد خصائص الدمك للطين بدرجة كبيرة على محتوى الرطوبة حيث أن المجهود المبذول فى الدمك يزداد بنقصها.

#### ٤/٤/٥/٩ ردم غير تقليدى – كالنفايات أو الفضلات

تتحدد مواصفات الدمك له بعد إجراء التجارب عليه فى الموقع.

### ٥/٥/٩ التحكم فى الدمك فى الموقع

يجب مراقبة العمليات الآتية التى تؤثر فى درجة الدمك وهى تنفيذ سمك الطبقة المحدد ومسار معدات نقل التربة والعدد المحدد لمرات مرور معدة الدمك لكل طبقة من طبقات الردم وتشغيلها الصحيح . وبالإضافة إلى ذلك يجب التحقق دورياً من محتوى الرطوبة والكثافة و/أو مقاومة القص للأعمال الترابية المدموكة . ويحتوى الجدول (٩-٤) بالكود على إرشادات عامة لمتطلبات الدمك . ويمكن تعديل تلك المتطلبات طبقاً لظروف كل موقع.

### ٦/٥/٩ الدمك المتاخم للمنشآت

من أمثلة هذه المنشآت البرابخ ، الأكتاف والحوائط الساندة والعوائق بصفة عامة . ويجب دمك التربة بإنتظام على جانبى البربخ ، أما أعلاه فيجب تجنب حدوث تحميل مركز غير مقبول ناتج عن حركة المعدات . كما يجب الردم خلف الحوائط الساندة والأكتاف بتربة حبيبية منتقاة موردة من خارج الموقع يمكن أن تدمك لدرجة لا تسمح بحدوث هبوط متفاوت مؤثر . وللوصول إلى الدمك المطلوب حول العوائق مثل غرف التفتيش ودعامات الكبارى والأبراج ، فإنه يجب استخدام معدات دمك إضافية مناسبة تستطيع دمك التربة بكفاءة دون الأضرار بالعائق نفسه.

### ٦/٩ تشغيل المعدات المستخدمة فى الأعمال الترابية

تعتبر المعدات المستخدمة فى الأعمال الترابية سواء لتفتيت التربة أو استخراجها ونقلها أو تسويتها أو إنشاء الجسور ودمكها عالية الثمن وتكلفة تشغيلها مرتفعة ، لذا يجب استخدامها الإستخدام الأمثل مع حسن تدريب عمال التشغيل والصيانة ، فمثلاً يراعى أن تتمشى إمكانيات وعدد معدات الحفر مع تلك الخاصة بالنقل والدمك . كما يراعى إزالة العوائق مثل جذوع الأشجار الضخمة وأساسات المنشآت المزالة بواسطة معدات خاصة مناسبة قبل بدء الحفر الفعلى.

### ٧/٩ صيانة وحماية الميول

يختص هذا الجزء بالعوامل المتسببة فى سوء حالة الميول وبعدها عن أصول التصميم والطرق التى يمكن استخدامها لصيانتها وحمايتها.

### ١/٧/٩ صيانة الميول

ويختص هذا الجزء بدراسة ما يلى :

- العوامل المؤدية لعدم الثبات بعد الإنشاء.
- الفحص المنتظم.
- مراجعة وصيانة أنظمة الصرف.
- مراجعة وصيانة المنشآت.

- مراجعة وصيانة نظم التربيط.
- التحكم ومراقبة التغيرات.

(ويتم الرجوع إلى البنود ٩/٢/٧/١ إلى ٩/٢/٧/٦ بالكود لتفاصيل هذه الموضوعات).

### ٩/٧/٣ مصادر النحر

#### ٩/٣/٧/١ مقدمة

قبل البدء فى إتخاذ الإجراءات الكفيلة لمنع النحر يجب أولاً تحديد مصادره التقليدية وذلك فيما يلى :

#### ٩/٣/٧/٢ المياه

يتسبب سقوط المطر بغزارة فى تفكيك أسطح الأعمال الترابية ويساعدها على امتصاص المياه مما قد يؤدى إلى حدوث نحر سطحى أو انزلاقات غير مقبولة من الناحية الشكلية . أما فى بعض حالات الفيضان فقد يغمر الماء جزءاً من الميل مما قد يقلل أو يضعف إتزانه.

#### ٩/٣/٧/٣ الرياح

يجب أن تؤخذ احتمالات النحر بفعل الرياح فى الاعتبار خاصة خلال فترة تنفيذ حفر أو ردم بتربة حبيبية فى طقس جاف.

#### ٩/٣/٧/٤ مصادر أخرى

قد يؤدى تغيير أنماط الزراعة أو مرور المشاة والحيوانات إلى النحر وكذلك يسبب الردم غير المعتنى به بجوار المنشآت وخنادق المصارف تركيزاً للماء ونحراً للأعمال الترابية.

### ٩/٧/٤ أساليب الحماية

تتلخص أساليب حماية ميول الأعمال الترابية من النحر فيما يلى :

- الإثبات أوزراعة الميول.
- الصرف.
- الأشكال الأخرى من الحماية مثل التدبيش والسفلته.

(ويتم الرجوع إلى البنود ٩/٢/٧/١ إلى ٩/٢/٧/٦ بالكود لتفاصيل هذه الموضوعات).

### ٩/٧/٥ الأعمال العلاجية بعد انهيار الميول

قد تسبب التحركات التى تحدث نتيجة لبعض أنواع انهيار الميول استعادة للثبات ولو مؤقتاً نتيجة تقليل انحدارها أو نتيجة لوزن الكتلة المنزلقة فوق زبان الميل ونقص وزن الكتلة المسببة لعدم الثبات. ويمكن السماح بـبعض

الحركة للميول إذا لم يؤدى ذلك إلى انسداد لطريق نقل أو تهديد لحياة أو ممتلكات الناس . ولو توفرت مساحة كافية أمام الميل فإن أفضل العلاج اقتصادياً ألا تبذل المحاولات لإعادة الميل وضعه الأصلى ، ولكن تتخذ إجراءات لتثبيت الميل المنزلق بتحسين ظروف الثبات عند زبان الميل وذلك بالعلاجات الفورية أو العلاجات طويلة المدى المعطاة بالتفصيل فى البندين (٩/٧/٥/٢ ، ٩/٧/٥/٣) بالكود.

## ٩/٨ الخنادق

### ٩/٨/١ مقدمة

عند تصميم وتنفيذ الخنادق Trenches يؤخذ الغرض من حفر الخندق فى الاعتبار وكذلك موضعه وحجمه وفترة بقائه مفتوحاً وطبيعة التربة ووجود مياه جوفية أو عوائق فوق أو تحت سطح الأرض.

### ٩/٨/٢ الالتزامات القانونية

ويندرج تحت هذا البند العديد من الالتزامات المذكورة فى البند (٩/٨/٢) بالكود.

### ٩/٨/٣ طرق التنفيذ

الطرق الأساسية لتنفيذ الخنادق هى

( أ ) يحفر قطاع بطول قصير من الخندق على مراحل وذلك بإستخدام ماكينة واحدة ، كما فى حالة المواسير الصغيرة ومواسير الصرف الصحى.

(ب) يحفر قطاع طويل فى الخندق ليسمح بمجموعة معدات لتنفيذ العمل بالكامل فى وقت واحد، كما فى حالة العمل فى مساحات مفتوحة.

(ج) حفر الخندق بكامل طوله على مراحل من أعلى إلى أسفل مع تركيب نظام سند الجوانب فى كل مرحلة حتى الوصول إلى العمق النهائى كم فى حالة تدعيم أساسات المبانى القديمة.

(د) استخدام طريقة الدفع بدون حفر (دفع أستاتيكى أو ديناميكى) فى الأجزاء التى لا يمكن حفرها على مسار الخندق كما فى حالة وجود خط سكك حديدية أو مصرف مائى هام أو طريق رئيسى.

ولتغطية بنود الخناطق ذات الميول الجانبية ، والخنادق ذات الجوانب الرأسية ، وأرنكة قاع الخنادق ، وحفر الخندق ميكانيكاً أو يدوياً ، وطرق نزح المياه من الخنادق ، والخنادق الضيقة وخنادق الأحواض الجافة والأرصفة النهرية والحوائط الساندة ، يتم الرجوع إلى البنود (٩/٨/٣ إلى ٩/٨/٩) بالكود.

## ٩/٩ الحفر والبيارات

### ٩/٩/١ طرق التنفيذ

يعتمد اختيار طريقة تنفيذ البيارات Shafts أو الحفر Pits على الغرض منها وعمق الحفر وأبعاده الأفقية ونوع التربة . ويمكن تنفيذ البيارات العميقة أو متوسطة العمق بطريقة أو أكثر من الطرق الآتية وهى تغويص البئر ،

استخدام الحلقات الخرسانية سابقة الصب ، استخدام الحلقات الخرسانية المصبوبة في الموقع ، الخوازيق الخرسانية المتقاطعة أو الحوائط الغشائية ، واستخدام الغلاف الصلب.

### ١٠/٩ الحفر فى الصخر

يتم اختيار طريقة تكسير وتفكيك وحفر الصخر أو أى تربة متحجرة تبعاً لصلابة وكمية الحفر ونوع المعدات المتوفرة السائدة فى الموقع . وعادة ما يكون الثقب والنسف أكثر الطرق فاعلية واقتصاداً للحفر فى التكوينات الصخرية الصلبة ذات الطبقات السميكة . ولكن يفضل عدم إستخدام النسف بجوار المستشفيات والمدارس والمنشآت الأثرية أو عندما لا يمكن تلافى الإضرار بالمبانى أو الخدمات أو الممتلكات أو الطرق العامة أو الميول المجاورة أو دعامات الحفر والتى قد تنجم عن عملية النسف.

### ١١/٩ نزح المياه الأرضية

#### ١/١١/٩ معامل النفاذية

يعتمد تصميم نظام التحكم فى المياه الأرضية على معامل النفاذية الذى يمكن تعيينه حقلياً من اختبارات الضخ الموقعى فى الخزان الجوفى أو اختبارات ارتفاع وانخفاض منسوب المياه داخل الجسات أو من حالات السريان المقاسة فى الآبار والبيزومترات . كما يمكن تعيين معامل النفاذية بإستخدام جهاز النفاذية ذى الإرتفاع الثابت للتربة الحبيبية أو المتناقص أو من نتائج اختبارات الأودومتر أو الضغط الثلاثى المحاور فى حالة التربة المتماسكة . وكذلك يمكن استنتاج قيمة معامل النفاذية من منحنيات التدرج الحبيبى لعينات من التربة . والشكل رقم (٩-١١-١) يعطى قيم تقريبية لمعامل النفاذية وخواص الصرف لأنواع التربة المختلفة.

### ٢/١١/٩ التحكم فى منسوب المياه الأرضية عن طريق النزح

#### ١/٢/١١/٩ مقدمة

يتم اختيار نظام نزح المياه الأرضية بعد إجراء دراسة تفصيلية للموقع بناء على خواص التربة وعمق الحفر المطلوب تحت منسوب المياه الأرضية ومصدر ونوعية المياه المطلوب نزحها وعمق الطبقة الحاملة للمياه ومكان صرف المياه المنزوحة بالإضافة إلى طريقة تدعيم جوانب الحفر . ويجب تجنب تذبذب منسوب المياه الأرضية المخفض أو حدوث انضغاط سريع للتربة بسبب طريقة نزح المياه مما قد يؤدى إلى الإضرار بالمنشآت والمرافق المجاورة أو سحب المواد الناعمة أثناء أعمال النزح.

| الصرف | جيد | | ضعيف | عمليا غير نافذ |
|---|---|---|---|---|
| نوع التربة | رمال نظيفة و خليط من الرمل و الرابط | رابط نظيف | رمال ناعمة جدا و طمى و رقائق طين و طمى<br>طين مشقق جاف | طين غير مشقق و طين طمين مخلوطين جيدا يحتويان على أكثر من ٣٠٪ طين . |
| | اختبارات الضخ فى الموقع | | | سريان من قمة البيزومتر |
| الطرق المقترحة لتعيين معامل النفاذية | اختبارات حمار النفاذية ذو الضغط الثابت | | | |
| | التقدير من ضحنيات التدرج | | متزنة | غير متزنة |
| | حمار نفاذية ذو الضغط المتناقص | | | محسوبة من الأوديومتر أو اختبارات الضغط ذو الثلاثة محاور. |
| | يعتمد عليه جدا | يعتمد عليه | | |

**شكل (٩-١١-١) النفاذية وخواص الصرف للتربة**

### ٩/١١/٢/٢ نزح المياه من داخل الحفر (النزح السطحى)

### ٩/١١/٢/٢ ( أ ) الصرف بالجاذبية

يمكن صرف المياه بالجاذبية الأرضية من داخل الحفر حيث يمكن تجميع المياه السطحية إلى بيارة فى أحد أركان جانب منخفض من الحفر ، أو عن طريق مصرف يصرف بالجاذبية الأرضية إلى نقطة خارجية أو من خلال مصارف رأسية منشأة بأسفلها لتوصيلها إلى الطبقات المنفذة السفلية.

### ٩/١١/٢/٢ ( ب ) الضخ من داخل الحفر

يتم الضخ من خلال بيارات داخل حدود الحفر أو خارجه . ويجب أن تنفذ البيارات إلى العمق اللازم قبل البدء فى أعمال الحفر ، ويفضل وجود بيارتين على الأقل. كما يجب الصرف المؤدية إلى البيارات بعناية حتى تضمن نزح المياه من داخل الموقع.

### ٩/١١/٢/٣ نزح المياه الأرضية بإستخدام نظام مسبق

الهدف من استخدام نظام مسبق لنزح المياه الأرضية هو تخفيض منسوب المياه الأرضية بمسطح الحفر حتى أسفل قاع الحفر وذلك قبل البدء فى الحفر ، وبذلك يمكن تنفيذ أعمال الحفر بالكامل على الناشف . والطرق المستخدمة لتخفيض منسوب المياه الأرضية خارج الحفر يمكن تلخيصها فى الآتى :

١ – عدد من نقاط الآبار صغيرة القطر (نظام حراب النزح).

٢ – أعداد من الآبار المزودة بطلمبات مستقلة أو مشتركة عند السطح (نظام الآبار الضحلة).

٣ – أعداد من الآبار المزودة بطلمبات مستقلة فى كل بئر (نظام الآبار العميقة).

٤ – أنظمة آبار تفريغ.

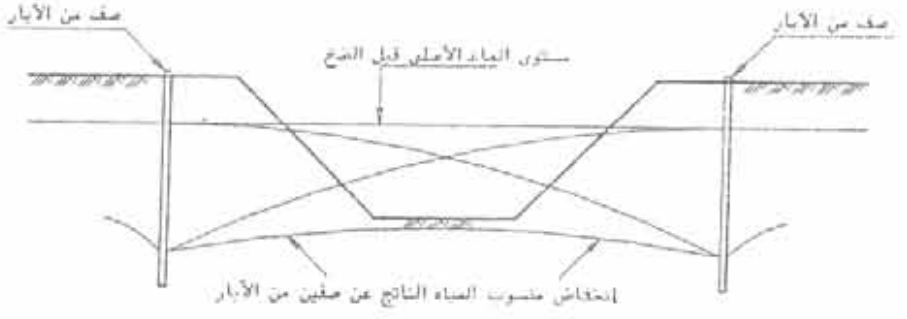
وفى كل الطرق يجب عدم فقدان أو قلقلة التربة وبذلك بإستخدام المرشحات.

وتتوقف كمية المياه المسحوبة على المنسوب الذى ستخفض إليه المياه مباشرة خارج مصافى البئر وعلى نصف قطر البئر وعلى نفاذية التربة . وينتج عن الضخ من البئر أن يأخذ منسوب الماء الحر حول البئر شكل مخروط معكوس معروف باسم مخروط التخفيض. وعندما تضخ المياه فى نفس الوقت من عدد من الآبار تتقاطع مخاريط التخفيض لكل منها.

ويتوقف الخفض فى منسوب سطح الماء فى الحفر المحصور (شكل رقم ٩-١١-٤) على البعد بين الآبار وحجمها كما يتوقف على الخفض فى مستوى الماء للبئر . ومن تقاطع مخاريط الهبوط للآبار تكون المياه المسحوبة أقل منها فى حالة بئر مفرد منعزل له نفس التخفيض فى منسوب المياه . ولمزيد من التفاصيل لهذه الأنظمة والاحتياطات الضرورية الواجبة يتم الرجوع إلى البنود الفرعية من البند (٩-١١-٢-٣) بالكود.

### ٣/١١/٩ التحكم فى المياه الأرضية بإستخدام الهواء المضغوط

يمكن التحكم فى المياه الأرضية بداخل حيز محصور مثل الأنفاق والقيسونات والسدود المحيطة عن طريق زيادة قيمة ضغط الهواء بداخل هذا الحيز مما يؤدى إلى دفع المياه خارجه. وفى بعض الحالات يمكن استخدام الهواء المضغوط مع طرق أخرى لتخفيض منسوب المياه الأرضية للحد من قيمة ضغط الهواء المستخدم ، كما يمكن فى حالات أخرى تجنب الفقد الزائد للهواء خلال السطح المراد حفره بمعالجة الأرض قبل البدء فى أعمال الحفر . كما يجب إجراء دراسة تفصيلية لطبيعة التربة بمنطقة استخدام الهواء المضغوط لتحديد الضغط اللازم استخدامه وللتعرف على مناطق الضعف فى الأرض حيث يمكن للهواء المضغوط الهروب من خلالها. وفى حالة الحفر فى نفق يجب أن يكون هناك غطاء أرضى كاف فوق النفق ليوازن ضغط الهواء بداخله ، خاصة عند وجود النفق تحت أو بجوار مياه حرة ، أو وضع أحمال لتعطى الحماية المطلوبة.




**شكل (٩-١١-٤) تخفيض مناسيب المياه بواسطة الآبار**

### ٤/١١/٩ التحكم فى المياه الأرضية بإستخدام التجميد

فى بعض الحالات يمكن استخدام أسلوب التجميد Freezing للمياه المحتواة بداخل طبقة أرضية معينة بهدف الحصول على حائط ثلجى غير منفذ مستمر بين التربة الحاوية للمياه الجوفية وبين المنشأ خاصة فى حالات أعماق الحفر الكبيرة كتعويض البيارات لأعماق كبيرة تحت منسوب المياه الأرضية. وفى هذا الأسلوب يتم أولاً إحاطة الحفر بمجموعة من الثقوب المتوازية تماماً والتى تخترق طبقات التربة الحاوية للمياه المطلوب تجميدها وحتى الوصول إلى الطبقات الغير منفذة . ويتم إنزال أنابيب تجميد بقاع مصمت داخل كل ثقب بوحدة التجميد المتواجدة على سطح الأرض ثم يتم ضخ سائل تبريد غير قابل للتجمد داخلها لتكوين أسطوانة من الثلج تدريجياً حول كل أنبوبة من أنابيب التبريد حتى تتداخل هذه الأسطوانات مع بعضها البعض لتكون حائطاً مجمداً حول مكان الحفر المقصود ، ثم تبدأ عملية الحفر داخل الحائط الثلجى . وبعد الإنتهاء من أعمال الصلب المؤقت اللازم لمسند الحفر ، يتم ترك التربة لتعود إلى حرارتها الأصلية . ويراعى أخذ نسبة الأملاح الذائبة فى المياه الأرضية المراد تجميدها فى الإعتبار عند تصميم عملية التجميد. ويلزم توفير معدات تجميد إضافية لضمان عدم حدوث توقف أثناء العمل . كما يلزم رصد حركة ومراقبة المنشآت المجاورة لحدود الحفر المراد تنفيذه بإستخدام التجميد . ويلزم توفير معدات تجميد إضافية لضمان عدم حدوث توقف أثناء العمل. كما يلزم رصد حركة ومراقبة المنشآت المجاورة لحدود الحفر المراد تنفيذه بإستخدام التجميد. ولمزيد من التفاصيل يتم الرجوع إلى البند (٤/١١/٩) بالكود.

# الباب العاشر
# التأسيس على الصخر

## ١/١٠ مقدمة

يتناول هذا الباب من الدليل الأسترشادى عرضاً موجزاً للخصائص الجيولوجية والجيوتقنية للصخور ، والطرق المستخدمة لتصنيف الصخر طبقاً لما ورد بالجزء العاشر من الكود المصرى والخاص بالتأسيس على الصخر (١٠/٢٠٢) ويتضمن كذلك الإستكشافات اللازمة للموقع قبل البدء فى أى مشروع مع التوجه لأسس وإشتراطات التنفيذ للتأسيس على الصخر سواء للأساسات الضحلة أو العميقة . وأخيراً يعرض هذا الباب بإختصار موضوع ربط المنشأت فى الصخر وإتزان الميول ودراستها ، بالإضافة إلى عرض سريع لبعض الإعتبارات الخاصة عند التأسيس على الصخور ذات المشاكل .

ملحوظة : البنود المذكورة فى هذا الباب من الدليل مطابقة لنفس أرقام البنود الواردة بالكود الأصلى رقم ١٠/٢٠٢ لسهولة الرجوع إليها .

## ٢/١٠ أنواع الصخور والتراكيب الجيولوجية وبعض المشاكل التى تتعرض لها

### ١/٢/١٠ مقدمة

تتطلب إعتبارات التصميم تحديد نوعية وخواص الصخور التى سوف يتم التأسيس عليها علماً بأن المواد المكونة لسطح الأرض تنقسم إلى مواد صلبة متماسكة هى الصخور وأخرى مفككة أو شبه مفككة تعرف بالتربة . وتتكون الصخور من مكونات أصغر تعرف بالمعادن .

### ٢/٢/١٠ المعادن

يوضح الجدول (١٠-١) تقسيمات المعادن الداخلة فى تكوين الصخر .

### ٣/٢/١٠ الصخور

تنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى الصخور الرسوبية والصخور النارية والصخور المتحولة .

#### ١/٣/٢/١٠ الصخور الرسوبية

الصخور الرسوبية هى تلكخ الصخور التى قد تكونت بالترسيب الطبيعى فوق سطح الأرض أو تحت سطح الماء فى الانهار أو البحيرات أو البحار والمحيطات تنقسم إلى ثلاثة أنواع :

الصخور الرسوبية الحبيبة كما هو موضح بالبند ١/٣/٢/١٠ (أ) ، الصخور الرسوبية الكيميائية فى البند ١/٣/٢/١٠ (ب) ، و الصخور العضوية بند ١/٣/٢/١٠ (ج)

### ١٠/٢/٣/٢ الصخور النارية

تتكون الصخور النارية من تبرد وتجمد الصخور المنصهرة (Lava – Magma) داخل الأرض أو على سطحها وتعرف المجما واللافا بأنها خليط من معادن السليكات المنصهرة التى قد تكون موجودة داخل الأرض أو تخرج إلى سطح الأرض من خلال البراكين والشقوق العميقة جداً .

### ١٠/٢/٣/٣ الصخور المتحولة

تتكون هذه النوعية من الصخور بزيادة الحرارة أو الضغط أو الحرارة والضغط معاً على أى نوع من أنواع الصخور السابق ذكرهما .

### ١٠/٢/٤ بعض المشاكل التى تتعرض لها الصخور

توجد مجموعة من الصخور تتميز بمشاكل تخصها دون غيرها . وهذة الصخور تشمل المتبخرات وموضحة بالتفاصيل فى البند ١٠/٢/٤/١ من الكود ، والصخور الكربوناتية البند ١٠/٢/٤/٢ ، والصخور الطينية والصخور التى تفقد قواسها والصخور عالية النجوية وتتواجد بالتفصيل فى البنود من ١٠/٢/٤/٣ إلى ١٠/٢/٤/٦ من الجزء العاشر من الكود .

### ١٠/٢/٥ التراكيب الجيولوجية والمشاكل الهندسية المرتبطة بها

#### ١٠/٢/٥/١ مقدمة

التراكيب الجيو لوجية Geological structures هى أشكال تميز الصخر مثل مستويات عدم الإتصال أو الطيات . وتسبب هذة التراكيب فى تقليل جودة الصخر نتيجة إضعافها بهذة المستويات مما قد نتج عنها مشاكل هندسية عديدة .

#### ١٠/٢/٥/٢ مستويات عدم الإتصال

مستويات عدم الإتصال هى مستويات كسر تفصل الصخر إلى جزئين على جانبى هذا المستوى، وتسبب فى العموم فى تقليل جودة الصخر مما يسبب إنهيارات لأسطح المنحدرات أو حدوث هبوط أو إنزلاق الكتل على بعضها والموضحة بالتفصيل بالكود وهى تنقسم إلى :

الفواصل joints

الشروخ Fractures

الصدوع أو الفوالق Faults

أسطح التطبيق Bedding Planes

أسطح التطبيق المتقاطع Cross bedding planes

التورقFoliation

### ١٠/٢/٥/٣ الطيات

هى ثنيات بالطبقات الصخرية تؤدى إلى تغير ميول الطبقات عن وضعها الأصلى ، وتتكون كل طيه من جناحين يلتقيان فى خط واحد يسمى محور الطية ويوجد منها نوعين رئيسين هما الطيات المحدبة ، والطيات المقعرة . وبجانب هذة الطيات توجد ما يسمى بالقباب المحلية Salt domes

والجدير بالذكر أن المشاكل الهندسية المرتبطة بهذا النوع من الطيات تتمثل فى حدوث هبوط كبير نتيجة لذوبان طبقات الملح أو تحركها تحت تأثير ضغط الصخور التى تعلوها أو إنزلاق الطبقات نتيجة الميول الشديدة .

### ١٠/٢/٦ المياة الجوفية

مصدر المياة التى تتخلل التربة والصخور هى مياه الأمطار إما المتسربة خلال الطبقة السطحية لسطح الأرض أو أى مياة أخرى تتسرب إلى داخل الأرض جانبياً من الأنهار والبحار والمحيطات إلى المناطق المجاورة . وتسمى الطبقات الحاملة للمياه الجوفية بخزانات الماء الجوفى .

## ١٠/٣ تصنيف الصخر

### ١٠/٣/١ مقدمة

يتضمن هذا الفصل التصنيف الجيولوجى والهندسى للصخر السليم مع عرض لبعض طرق التصنيف الهندسى للكتلة الصخرية المعتمدة على المشاهدات والقياسات الحقلية بهدف الحكم بدقة على جودة الصخر وتقدير قيم المعاملات التصميمية المستخدمة فى تحليلات الإتزان وقدرة التحمل والإنضغاط .

### ١٠/٣/٢ التصنيف الجيولوجى للكتلة الصخرية

تصنف الكتلة الصخرية طبقاً للأصل الجيولوجى لمادة الصخر كما هو موضح بالجدول رقم (١٠-٢) بالكود وطبقاً للخصائص الجيولوجية مثل لون ونسيج الصخر ومقاس الحبيبات والموضحة بالجدول (١٠-٣) ، (١٠-٤) ، والصلابة كما فى الجدول (١٠-٥) ، ودرجة التجوية جدول (١٠-٦) ، والفواصل ومستويات عدم الإتصال جدول ( ١٠-٧ أ،ب،ج،د،هـ) والتى توضح بالتفصيل تصنيف الفواصل تبعاً للمسافات البينية وحجم الكتل الصخرية وإتساع فتحة الفاصل وإتجاهه ودرجة خشونة سطح الإنفصال وكذلك نوعية المواد العائلة للفاصل وإتجاهه .

### ١٠/٣/٣ التصنيف الهندسى للصخر السليم

يصنف الصخر السليم طبقاً لخواصه الهندسية مثل مقاومة الضغط غير المحاط ، والكثافة الجافة والمسامية جدول (١٠-٨) ومحتوى الكربونات جدول (١٠-٩) .

### ١٠/٣/٤ التصنيف الهندسى للكتلة الصخرية

من المعروف أن الكتل الصخرية تنفصل عن بعضها لأسباب عديدة نتيجة لوجود مستويات عدم الإتصال . ووجود هذة المستويات من شأنه إضعاف الكتلة الصخرية بدرجة كبيرة . ومن أكثر نظم تصنيف الكتل

الصخرية التى تستخدم فى أعمال الأساسات والأنفاق والحفر نظام التقييم الجيوميكانيكى (Rock (R M R mass rating ونظام معامل جودة الصخر R.Q.D الذى يدخل ضمن المعلومات اللازمة لإستخدام نظام التقييم الجيو ميكانيكى ، والأول يعد أكثر شمولاً ودلالة على تصرف الصخر .

**١/٤/٣/١٠ معامل جودة الصخر**

الجدول رقم (١٠-١٠) يبين تصنيف الصخر طبقاً لمعامل جودة الصخر .

**٢/٤/٣/١٠ نظام التصنيف الجيو ميكانيكى للكتل الصخرية**

فى نظام التصنيف الجيوميكانيكى يتم تقييم مبدئى للصخر كم فى الجدول (١٠-١١(أ)) معتمداً على خمسة معاملات هندسية : مقاومة الضغط غير المحاط ، ومعمل جودة الصخر ، وتباعد مستويات عدم الإتصال ، وحالة مستويات عدم الإتصال ، وحالة المياة الأرضية ، ولكل معامل من هذة المعاملات تؤخذ قيمة نسبية ، ويعدل التقييم بعد ذلك بطرح قيمة مقابلة ( وفقاً لإتجاه مستويات عدم الإتصال كما هو موضح بجدول (١٠-١١(ب)) من القيمة النسبية السابق تحديدها من جدول (١٠-١١(أ)) . تبعاً لذلك يمكن تحديد درجة تصنيف الكتل الصخرية إلى خمس درجات جدول (١٠-١١(ج)) وجدول (١٠-١١(د)) يعطى المعنى الهندسى لدرجات تصنيف الكتل الصخرية وإستخدامها فى التطبيقات العملية .

**٥/٣/١٠ العلاقة بين طرق ومعدات الحفر وحالة الصخر**

يوضح هذا البند العلاقة بين طرق ومعدات الحفر وحالة الصخر . وهذة العلاقة تعتمد على تقييم حالة الكتلة الصخرية بإستخدام طريقة معامل التصنيف الجيوميكانيكى ويمكن الإسترشاد بجدول (١٠-١٢) لمعرفة وسيلة الحفر المناسبة .

**٤/١٠ دراسات الموقع**

**١/٤/١٠ مقدمة**

تنقسم دراسات الموقع إلى مرحلتين ، تمثل المرحلة الأولى الدراسات الطبوغرافية والجيولوجية والتى يعتمد تخطيط المشروع عليها ، أما المرحلة الثانية فتختص بالدراسات الجيوفيزيقية والجيوتقنية اللازمة لتعيين المعاملات التصميمية للمنشآت .

**٢/٤/١٠ الدراسات الجيولوجية**

يقوم المتخصصين فى مجال الجيولوجيا الهندسية بعمل زيارة ميدانية للتعرف على أهم الوحدات الصخرية المنكشفة على سطح الأرض و التعرف كذلك على التراكيب الجيولوجية الموجودة بالمنطقة وقياس إتجاهاتها . وتشمل الدراسة على وصف وتصنيف الصخور الظاهرة بالموقع بند ١٠/٢/٤/١ التركيب الجيولوجية الموجودة بالموقع وتصنيفها بالبند ١٠/٢/٤/٢ ، أم البند ١٠/٢/٤/٣ فيوضح رسم خريطة جيولوجية للموقع بمقياس رسم يتناسب مع مساحة المشروع .

ويتم بعد ذلك تحليل البيانات بند ٤/٢/٤/١٠ لمعرفة مدى تأثير نوعية الصخور والتراكيب الجيولوجية والمياه الجوفية على المنشأت المراد إقامتها بموقع المشروع .

### ٣/٤/١٠ الدراسات الجيوتقنية

تشمل الدراسات الجيوتقنية الخطوات التالية

### ١/٣/٤/١٠ عمل حفر إستكشافية

### ٢/٣/٤/١٠ تنفيذ جسات ميكانيكية

تنفذ بواسطة ماكينات تنقيب ذات تبريد بالمياة أو الهواء لإستخراج العينات اللبية بإستخدام الكور المفرد أو المزدوج أو الثلاثى حسب درجة تأثير الصخر بعملية إستخراج العينة .

### ٣/٣/٤/١٠ التجارب الحقلية

تتم الاختبارات الحقلية لتحديد الخصائص الهندسية للصخور بالموقع بإستخدام معدات ميكانيكية مثل صندوق القص للصخر Uniaxial jacking test ، ومقياس الضغط Pressuremeter النفاذية Packertest ، وتعطى نتائج هامة تستخدم فى تصميم المنشأت .

### ٤/٣/٤/١٠ التوصيف الجيولوجى والهندسى للعينات اللبية

يتم توصيف العينات اللبية المستخرجة من الجسات كما سبق ذكره فى البنود (١/٣/١٠ إلى ٤/٣/١٠).

### ٤/٤/١٠ الدراسات الجيو فيزيقية

توجد طرق إستكشافية تستخدم فيها أجهزة المسح الجيو فيزيقى التى تستخدم فى عمل قطاعات تحت سطحية واضحة للأرض بأعماق تتناسب مع طبيعة المشروع الهندسى . ومن أهم هذة الطرق الإستكشافية : طريقة المسح الزلازلى الضحل Shallow seismic survey ، طريقة المسح الكهربى Electrical survey طريقة مسح الجاذبية Gravity survey ، والمسح الرادارى Radar survey . ومميزات كل طريقة موضحة بالتفصيل فى البنود ١/٤/٤/١٠ ، ٢/٤/٤/١٠ ، ٣/٤/٤/١٠ ، ٤/٤/٤/١٠ على التوالى .

### ٥/١٠ الأساسات الضحلة

### ١/٥/١٠ مقدمة

يختص هذا الفصل بتقديم طرق التحليل المستخدمة فى تصميم الأساسات ، ويستعرض طرق حساب إجهاد التحمل الأقصى Ultimate bearing stress وإجهاد التحمل المسموح به Allowable bearing stress ، وكذلك طرق حساب الهبوط الناشئ عن إجهادات التأسيس ومعاملات الأمان اللازم أخذها فى الإعتبار عند التصميم .

### ١٠/٥/٢ قدرة التحمل الرأسية

العوامل الرئيسية التى تتحكم بدرجة كبيرة فى تصميم الأساسات الضحلة على الصخور هى مقدار الهبوط ودرجة الثبات ضد الإنزلاق أو الإنقلاب . ويلزم لإستكمال تصميم الأساسات هو حساب قدرة التحمل للأساسات بتقدير قدرة تحمل الكتلة الصخرية فى ضوء الأنماط المختلفة للإنهيار . وإنماط الإنهيار الصخر أسفل الأساسات كما هو موضح فى البند ١٠/٥/٢/١ والشكل (١٠-١٣) هى كالأتى

أنماط إنهيار الصخر المصمت ١٠/٥/٢/١ ( أ )

أنماط إنهيار الصخر ذى الفواصل ١٠/٥/٢/١ ( ب )

أنماط إنهيار الصخر متعدد الطبقات ١٠/٥/٢/١ ( ج )

أنماط إنهيار الصخر عالى التشقق ١٠/٥/٢/١ ( د )

أنماط إنهيار ثانوية لأنهيار الصخر ١٠/٥/٢/١ ( هـ )

والبند ١٠/٥/٢/٢ يوضح طرق حساب قدرة التحمل القصوى للصخر . وهناك عديد من الطرق التحليلية الأكثر شيوعاً منهم طريقتا الإتزان الحدى Limit equilibrium و العناصر المحددة Finte elements ويوضح أيضاً هذا البند الطرق التقليدية التى تستخدم فيها معادلات قدرة التحمل .

### ١٠/٥/٢/٣ قدرة التحمل المسموح بها

وتعرف بأنها قدرة التحمل القصوى Qull مقسومة على معامل أمان (Fs ) معادلة (١٠-٨) والجدول ( ١٠-١٤ ) يعطى قيماً إسترشادية لقدرة التحمل المسموح بها أسفل الأساسات المرتكزة على صخور غير مجواه Unsweetened

وهذه القيم تؤخذ بها على سبيل الإسترشاد فى مراحل التصميم الإبتدائى فقط مع مراعاة ضرورة القيام بكافة أعمال الإستكشاف والإختبارات اللازمة لتأكيد أو تعديل هذة القيم فى مرحلة التصميم التفصيلى . كما يجب بعد تحديد قدرة التحمل المسموح بها عمل حسابات منفصلة للتأكد من أن قيمة الهبوط النسبى ما زالت فى الحدود المسموح بها للمنشأ .

### ١٠/٥/٢/٤ التشكيل والهبوط

التشكيل للكتل الخرسانية نوعان كما هو موضح فى بند ١٠/٥/٢/٤/(ب) معتمد على الزمن أو غير معتمد على الزمن إلى ثلاثة أنواع تبعاً لألية التشكيل الحادث : تضاغط Consolidation انتفاش Swelling ، زحف Creep .

أما الشكل غير المعتمد على الزمن يشمل التشكيل المرن Elastic الذى يحدث قبل الإنهيار والتشكيل اللدن Plaslic الذى يحدث بعد الإنهيار أى التشكيلات الحادثة نتيجة إزاحات قص أو إزاحات دورانية .

والبند ١٠/٥/٢/٤ ( ج ) يوضح الطرق التحليلية المستخدمة لحساب تشكيل الأساسات .

وموضح بالبند ١٠/٥/٢/٤(د) كيفية حساب الهبوط الكلى لعدد كاف من النقاط لتحديد نمط الهبوط الكلى والذى من خلاله يمكن حساب فروق الهبوط ومقارنتها بتلك المسموح بها ( الجزء الثالث ــ الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات رقم ٣/٢٠٢ (بند ٣/٢/٦/٦(ب) ) .

وبالنسبة للمنشآت الخرسانية الكتلية المرتكزة على صخور ضعيفة لها معامل تشكل Edr قيمته أقل بكثير من قيمة معامل المرونة للخرسانة Ec تكون هناك قابلية للأساسات للتمدد عرضياً فى الكتلة الصخرية مما يسبب إجهادات شد إضافية على الأساسات ويتم تحديد تأثير نسبة معامل التشكيل للصخر إلى معامل المرونة للخرسانة فى بند ١٠/٥/٢/٤ ( هـ ) .

وفى الحالات التى تتعدى فيها قيم وفروق التشكيل أو الهبوط القيم المسموح بها يتم تحسين خصائص التشكيل للكتلة الصخرية أو تعديل تصميم الأساسات لتقليل قيم فروق التشكيل ، كما هو موضح بالبند ١٠/٥/٢/٤ (و) .

## ١٠/٦ الأساسات العميقة على الصخور

### ١٠/٦/١ مقدمة

يتعرض هذا البند للأساسات العميقة والتى ترتكز على أو تخترق طبقات صخرية مع توضيح طبيعة إنتقال الأحمال من هذة الأساسات للصخر وكيفية حساب قوة تحمل الأنواع المختلفة من الخوازيق ، ومدى تأثير ذلك بأساليب الإنشاء المختلفة ، مع تقدير الهبوط الناتج من الأحمال الرأسية بعد إنتقالها إلى الصخر .

### ١٠/٦/٢ قوة تحمل الصخر للأحمال المحورية

ينتقل الجزء الأكبر من الأحمال المؤثرة على رأس الخازوق إلى الكتلة الصخرية عن طريق مقاومة الإرتكاز عند كعب الخازوق ، والجزء الأخر من الأحمال والذى يكون عادة ذو قيمة صغيرة نسبياً ينتقل عن طريق مقاومة الإحتكاك على جوانب مسافة الإختراق داخل الصخر Rock socket . ويعتمد توزيع الحمل بين كعب الخازوق وجوانب مسافة الإختراق على الخصائص الهندسية للصخر فى هذة المسافة والموضحة بالتفصيل فى البند ١٠/٦/٢/١ للكود .

ويوضح البند ١٠/٦/٢/٢ القيم الأسترشادية لتقدير مقاومة الإرتكاز للخوازيق المنفذة بالدق حتى سطح الصخر أو بداخله بمسافة لا تتجاوز ضعف قطر الخازوق لنوعيات الصخر المختلفة ، والمخترقة لطبقات الصخر الضعيف لمسافة تزيد عن ضعف القطر . وبالنسبة لقدرة تحمل الخوازيقالمنفذة بالتفريغ أو المصبوبة فى مكانها بند ٦/٢/٣ فيمكن حساب الحمل التصميمىالمسموح (Qallb) لخازوق ذو مقطع دائرى نصف قطره (r) عن طريق الإرتكاز فقط بإستخادم المعادلة ( ١٠-١٢) . وذلك من القيمة المتوسطة لمقاومة الضغط غير المحاط لعينات قلوب الصخر اللبية خلال مسافة مقدارها مرتين قطر الخازوق أسفل منسوب الكعب .

أما الحمل التصميمى للخازوق عن طريق الإحتكاك فقط ( allf) فيمكن حسابه عن طريق المعادلة (١٠-١٣) . وتختص القيمة المحسوبة فى المعادلة ( ١٠-١٣ ) بمقدار ٣٠ % فى حالة الخوازيق المعرضة لأحمال الشد . ولا يتم أخذحمل الإرتكاز فى الإعتبار .

ويحدد أسلوب حساب الحمل التصميمى سواء كان عن طريق مقاومة الإرتكاز فقط أو الإحتكاك فقط بالنظر إلى قيمة الهبوط المتوقعة طبقاً للحسابات فى بند ٦/٤ .

كما تجدر الإشارة إلى أنه للتأكد من الحصول على القيم الموصى بها للحمل التصميمى فأنه يجب التأكد من حتمال وجود فجوات فى الصخور الجيرية أو إحتمالات إنكماش الخرسانة وإنفصالها من جوانب الحفر وغير ذلك من العوامل التى يمكن أن تؤثر على كفاءة نقل الأحمال مكن الخازوق إلى الصخر

### ٣/٦/١٠ اعتبارات خاصة بتنفيذ الأساسات العميقة على الصخور

يجب أخذ عدد من العوامل فى الاعتبار عند تنفيذ الخوازيق فى حالة إرتكازها على سطح الصخر أو اختراقها له بمسافة معينة ، وذلك لتأمين تحقيق الأحمال المفترضة فى التصميم بالنسبة للخوازيق المنفذة بالدق والموضحة بالتفصيل فى بند ١/٣/٦ فيجب الأخذ فى الاعتبار الاحتياطات التالية :

١ – تجنب الدق الزائد لتحقيق مناعة معينة إذا لم يتم الوصول لهذه المناعة بسرعة.

٢ – فى حالة الدق والإرتكاز على صخر صلب يجب عمل اختبارات إعادة الدق لتسجيل أى ارتفاع للخوازيق نتيجة لإرتداد الخوازيق إلى أعلى بإستمرار الدق ، وأخذ الاحتياطات لتقليل عملية الإرتداد .

كما يوصى بلحام أطواق وألواح مقوية فى كعب الخازوق لتقليل تركيز الإجهادات عند استعمال مواسير الصلب ذات نهايات مفتوحة أو قطاعات من الصلب على شكل حرف H .

وبالنسبة للخوازيق المنفذة بالتفريغ بند ٢/٣/٦ يتم أخذ الاحتياطات التالية :

١ – التأكد من مقاومة الاحتكاك وذلك بواسطة اختبارات تحميل ابتدائية فى حالة حدوث إضعاف لجوانب الحفر نتيجة عمل أدوات الحفر فى الصخر الضعيف .

٢ – عمل اختبارات تحميل ابتدائية كذلك فى حالة الحفر داخل طين لين للوصول إلى صخر يتم اختراقه ، لما تسببه أدوات الحفر فى نقل بعضا من الطين داخل مسافة الاختراق بالصخر .

٣ – تقليل مقاومة الاحتكاك داخل مسفة الاختراق عن تلك المحسوبة من معادلة (١٠-١٣) إلا إذا أظهرت اختبارات التحميل الإبتدائية خلاف ذلك فى حالة استخدام معلق البنتونيت.

٤ – يجب تنظيف قاع الحفر جيداً عند تراكم المواد الضعيفة الناتجة من معدات الحفر فى حالة تنفيذ الخوازيق المنفذة بالحفر والمصبوبة فى مكانها نظراً للاعتماد فى هذه الحالة على مقاومة الإرتكاز فى نقل الأحمال .

### ٤/٦/١٠ هبوط الخوازيق

يمكن حساب هبوط الخازوق المفرد عندما ينقل الحمل الرأسى إلى الصخر من المعادلة (١٠-١٤) وذلك من قيمة الهبوط نتيجة للانفعال المرن بجذع الخازوق والذى يتم تعيينه من المعادلة (١٠-١٥) . كذلك يمكن حساب قيمة الهبوط من المعادية (١٠-١٦) فى حالة الخازوق المرتكز على الصخر أو يخترقه بمسافة تقل عن مرتين قطر الخازوق ، أو من المعادلة (١٠-١٧) فى حالة الخازوق الذى ينقل الحمل عن طريق الاحتكاك داخل مسافة الاختراق.

### ٥/٦/١٠ مجموعات الخوازيق

حيث أن اتزان مجموعة الخوازيق المرتكزة على الصخر يعتبر محكوماً عادة بملاءمة ذلك الاتزان بالنسبة لكل خازوق مفرد فى المجموعة ، فإنه يجب إجراء الدراسات الموقعية فى ضوء المعلومات الجيولوجية المتوفرة . ويراعى أنه من الممكن انهيار أحد أو بعض الخوازيق فى المجموعة نتيجة لوجود فجوات أسفل كعب الخازوق مما يؤثر على بقية المجموعة . وقد يحدث انزلاق لمجموعة الخوازيق مع الكتلة الصخرية فى حالة إذا كان

اتجاه الميل الصخرى غير ملائم بالنسبة لإتجاه التحميل . وتستخدم المعادلة (١٨/١٠) فى تقدير هبوط مجموعة الخوازيق (S G) بدلالة هبوط الخازوق المفرد (S) .

### ٦/٦/١٠ الأحمال الجانبية

تتحدد مقاومة الخوازيق للأحمال الجانبية أساساً طبقاً لطبيعة طبقات التربة وليس الصخر ، وذلك بالنسبة للخوازيق التى تخترق طبقات من التربة ثم ترتكز على أو تمتد داخل طبقات صخرية عميقة نسبياً . إلا أن فى حالة الاعتماد على الطبقات الصخرية فى نقل الأحمال الجانبية فإنه يمكن اتباع الطرق العامة المذكورة بالجزء الخاص بالأساسات العميقة (٤/٢٠٢) فى الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات.

### ٧/٦/١٠ اختبارات الخوازيق

فى العموم يتم إجراء اختبارات التحميل أو الاختبارات غير المتلفة على الخوازيق المنفذة فى الصخر طبقاً لمتطلبات الجزء الرابع من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات. ونظراً للعوامل العديدة التى قد تؤثر على نقل الأحمال للصخر سواء عن طريق الاحتكاك أو الإرتكاز فإنه يوصى بصفة عامة ، وخصوصاً فى المشاريع الهامة ، بزيادة الاعتماد على نتائج اختبارات التحميل الأولية حتى ضعف الحمل التصميمى على الأقل للتأكد من الأحمال التصميمية المحسوبة نظرياً .

## ٧/١٠ اتزان الميول الصخرية

### ١/٧/١٠ مقدمة

يشتمل هذا الفصل على أنواع تحركات الميول وأسبابها والطرق المختلفة لدراستها وتحليلها.

### ٢/٧/١٠ أنماط الحركة فى الميول الصخرية

تم تقسيم أنماط الحركة الأساسية التى تؤدى إلى انهيار الميول الصخرية إلى ستة أنماط مختلفة هى : السقوط ، الانقلاب ، الانبعاج ، الانزلاق المستوى والدورانى ، الانتشار الجانبى، والانسياب كما هو موضح فى الشكل (١٠-١٨) والبنود ١/٢/٧/١٠ حتى ٦/٢/٧/١٠ .

### ٣/٧/١٠ انهيار الميول

يكون عادة انهيار الميول الصخرية مركباً من مجموعة من الحركات المذكورة بالبند السابق وتحدث هذه الانهيارات نتيجة لبعض العوامل الطبيعية ، بالإضافة إلى بعض العوامل الناشئة عن الأنشطة العمرانية . والبنود من ١/٣/٧/١٠ إلى ٥/٣/٧/١٠ توضح كيفية تسبب العوامل الطبيعية كالنحر ، المياه الأرضية ، والعوامل الجوية ، حالة الإجهادات فى الموقع ، والعوامل البيئية والزلازل فى حدوث انهيارات الميول .

### ٤/٧/١٠ معاملات القص التصميمية

يحتوى على هذا البند على طرق تحديد معاملات القص التصميمية لمقاومة إجهادات القص فى الصخر السليم والكتل الصخرية والتى تعتمد أساساً على نظريات الانهيار المستخدمة فى التحليل، والتى من أشهرها مور – كولوم (Mohr – Coluomb) وطريقة Hoek الوضعية. ويعطى هذا البند أيضاً قيماً تمطية استرشادية لمعاملات القص الخاصة بمستويات الانفصال كما هو مبين بالجدول (١٠-١٧).

### ٥/٧/١٠ طرق دراسة وتحليل الميول

يعرض هذا البند موجزاً للطرق المختلفة المستخدمة فى تصميم الميول الصخرية ودراسة اتزانها وتحديد معامل الأمان . حيث يعتمد اختيار الطريقة على شكل الانهيار المفترض حدوثه ومستويات الإنفصال وعلى الأسباب التى يمكن أن تؤدى إلى الحركة . فهناك طريقة الاتزان الحدى والموضحة بالتفصيل فى البند ٢/٥/٧/١٠ ، وطرق التحليل العددى بند (١٠/٧/٥/٣(أ)) ، وطريقة العناصر المميزة Distinct elements (بند ١٠/٧/٥/٣(ب)) ، وطريقة نظرية البلوكات Block theory (بند ١٠/٧/٥/٣(جـ)) . والطريقتان الأخيرتان تتعاملان فقط مع الحركات بين كتل من الصخر ولا تتعاملان مع الحركة داخل هذه الكتل نتيجة شروخ أو بخر أو ضعف فى المقاومة لإجهادات القص بسبب التعرض للمياه .

### ٨/١٠ نظم تثبيت الكتل الصخرية وربط المنشآت فى الصخر

#### ١/٨/١٠ مقدمة

يحتوى هذا الفصل على تعريف العناصر والوسائل المستخدمة فى تثبيت وتقوية الكتل الصخرية وربط أساسات المنشآت ، كما يحوى أيضاً شرحاً لطرق تصميم بعض هذه الوسائل والعوامل والاحتياطات الواجب أخذها فى الاعتبار .

#### ٢/٨/١٠ تعريفات

شدادات الصخر Rock anchors ، مسامير الصخر Rock bolts ، وأوتاد الصخر Rock dowels كلها عناصر تستخدم فى تثبيت وتقوية الكتل الصخرية وربط أساسات المنشآت بها . وهناك شدادات ومسامير منفذة لضمان الاتزان وسلامة المنشأ بصفة دائمة وبعضها بصفة مؤقتة ولمدة لا تزيد عن سنتين بند ١/٣/٨/١٠ .

ويراعى فى طرق التحليل والموضحة بالبند ٢/٣/٨/١٠ لنظم الشدادات غير المشدودة أو سابقة الشد أن تكون مناسبة لتقليل مخاطر الانهيار بإنزلاق كتل الصخر على تلك المستويات التى تكون قوى القص عندها أقل قيمة ممكنة . ويوضح بند ٣/٣/٨/١٠ بالتفصيل اعتبارات التصميم للشدادات . وهناك اختبارات للشدادات تتم على ثلاثة مراحل :

١ – اختبارات الصلاحية Proving tests

٢ – اختبارات الملائمة الحقلية Onsite suitability test

٣ – اختبارات القبول Acceptance tests

### ٤/٨/١٠ مسامير الصخر

مسامير الصخر من العناصر الشائع استخدامها فى معظم أنظمة تقوية الصخر . والغرض من مسمار الصخر هو أن يعمل كعنصر تقوية مشدود ذى تثبيت إيجابى Positive anchorage مع الصخر . ولاستخدام المسامير يجب فى مرحلتى التصميم والتنفيذ الاهتمام بالجوانب التالية والتى تعتبر ذات أهمية كبيرة فى أعمال التقوية الدائمة :

١ – تأمين تثبيت جيد بالصخر .

٢ – شد المسامير لمستوى الحمل المطلوب حتى يمكن وضع الصخر حوله فى حالة ضغطة.

٣ – حبس حمل الشد فى المسمار .

٤ – الحماية ضد فقدان التثبيت أو ضد التآكل واستغلال مقاومة المسمار للقص . والبنود ٢/٤/٨/١٠ ، ٣/٤/٨/١٠ توضح طرق التثبيت بمسامير الصخر ووصف المسمار وملحقاته على التوالى.

ويغطى البند ٤/٤/٨/١٠ استخدامات مسامير الصخر واعتبارات التصميم بالتفصيل . يتضمن البند ٤/٤/٨/١٠ (أ) استخدامات المسامير وأسس تصميمها . أما بالنسبة لاختبار مسامير الصخر فالبند ٤/٤/٨/١٠ (ب) يوضح نوع وعدد الاختبارات اللازمة لإجرائها على المسامير المنفذة ، وذلك طبقاً للهدف من استخدامها ، سواء كانت لتقوية إضافية أو أنها الوسيلة الأساسية أو الوحيدة المستخدمة فى تقوية الصخر . كما يوضح البند ٤/٤م٨/١٠ (ج) بعض الاعتبارات الإضافية فى هذا الشأن.

### ٥/٨/١٠ عناصر التقوية غير المشدودة (أوتاد الصخر)

أوتاد الصخر Rock dowels أو قضبان الصخر Rock bars هى عبارة عن عناصر تقوية محقونة بكامل الطول وغير مشدودة وتكون فى بعض الأحيان هى الأنسب فى استخدامها. ولا تتولد إجهادات الشد فى هذه العناصر بعد إنشائها إلا عندما تبدأ كتلة الصخر فى الحركة أو الشكل وتعتبر عناصر ذات تثبيت سلبى Passive anchorage .

استخدامات أوتاد الصخر ، وأنواعها موضحة فى البنود ٢/٥/٨/١٠ ، ٣/٥/٨/١٠ على التوالى.

### ٦/٨/١٠ وسائل الحماية السطحية للميول الصخرية

يستخدم عدد من الوسائل فى الحماية السطحية للميول الصخرية منها نسيج السلك Chain link fabric وشبكات الأسلاك الملحومة Welded wire mesh بند ٢/٦/٨/١٠ والأربطة الصلب Steel Strapping بند ٣/٦/٨/١٠ والخرسانة المرشوشة بند ٤/٦/٨/١٠ وجميعها طرق ذات فائدة مثبتة فى حماية الأسطح الصخرية بالميول والأنفاق والفراغات تحت الأرضية الصخرية . وبالنسبة للخرسانة المرشوشة فالبنود ٤/٦/٨/١٠ (ب) ، ٤/٦/٨/١٠ (ج)، ٤/٦/٨/١٠ (د) توضح على التوالى مكونات وخصائص الخرسانة المرشوشة ، طريقة التنفيذ وضبط الجودة.

## ٩/١٠ اعتبارات خاصة عند التأسيس على الصخور ذات المشاكل

### ١/٩/١٠ مقدمة

يتضمن هذا البند الاعتبارات الخاصة التى يجب على المهندس معرفتها عند التأسيس على الصخر وتحديداً عند التأسيس على التكوينات التكهفية Karstic formations ، والصخور ذات القابلية للإنتفاش ، والطبقات الإنتقالية التى تفصل بين الصخر والتربة السطحية.

### ٢/٩/١٠ التأسيس على صخور تكهفية

التأسيس على هذه الصخور يشكل صعوبة لاحتمال وجود فجوات غير منكشفة أسفل ما يبدو أنه سطح طبقة صخرية مصمتة . ويتناول هذا البند بالتفصيل خطورة الفجوات وطرق استكشافها وطرق التعامل معها . والبند ١/٢/٩/١٠ يوضح خطورة الفجوات من حيث صعوبة التحقق من قدرة التحمل ، أو التنبؤ بمستوى الإرتكاز الملائم لعدم إنتظام سطح الصخر . وصعوبات الحفر ، بالإضافة إلى مشكلات تنتج من سريان المياه . ويتعرض البند ٢/٢/٩/١٠ لطرق استكشاف الفجوات مثل الوسائل الجيوفيزيائية والمفيدة فى مراحل الإستكشاف الأولية ، والوسائل الأخرى مثل الإستشعار عن بعد والصور الجوية والصور بالأشعة الحمراء ، والرادار والتى من شأنها تحديد اتجاهات الفجوت والفواصل فى منطقة ما وتحديد ملامح التراكيب الجيولوجية المصاحبة لمناطق ظهور الصخور الملحية . ويكون الحل العملى الوحيد على مستوى الموقع – بالرغم من تكلفته العالية – فى عمل جسة فى موقع كل قاعدة . والبند ٣/٢/٩/١٠ يشرح عدد من الوسائل المتاحة للتعامل مع مشاكل التصميم والتنفيذ للمشروعات المنشأة فى مناطق بها فجوات.

### ٣/٩/١٠ انتفاش الصخور

هناك عدة عوامل تتسبب فى حدوث انتفاش للصخور والذى يمكن أن يحدث نتيجة لواحد أو أكثر من هذه العوامل التى تتضمن بصفة أساسية الإرتداد والتفاعلات الكيميائية . انتفاش الصخور نتيجة للارتداد المرن – اللدن Elasto – Plastic rebound (كما جاء بالبند ١/٣/٩/١٠) هو تمدد الكتلة الصخرية نتيجة لتناقص أو رفع أحمال خارجية مؤثرة عليها . وتتميز بعض الصخور بوجود إجهادات عالية وعند إزالة كمية بسيطة من الصخور أو التربة – حتى لو كانت بسمك لا يزيد عن عدة أقدام – يحدث تمدد فى صورة إرتفاع شامل أو إنبعاج لسطح الصخر المكشوف أو فى صورة قباب Pop-up . والبند ٢/٣/٩/١٠ يوضح انتفاش الصخور التى تحدث بآلية التموه الأيونى Caution hydration لبعض الصخور الطينية . وتعتبر صخور الطين الصفحى Clay shale أكثر أنواع الصخور تأثراً بمشكلات الانتفاش نتيجة للتموه الأيونى. وهناك عوامل أخرى مؤثرة مثل كثافة الصخر ، قلة المحتوى المائى ، التركيب المعدنى للطين الصفحى ومقدار التجوية ، وتاريخ تحميل الصخر ، والبنود ٢/٣/٩/١٠ (ب) حتى ٢/٣/٩/١٠ (و) تتضمن مشكلات الحفر ، وطرق العلاج ، واحتياطات الإستكشاف الحقلى وكذلك الاختبارات المعملية للتعرف على الصخور القابلة للانتفاش .

والانتفاش الناتج من التفاعل الكيميائى بند ١٠/٩/٣/٣ فى صخور الطين الصفحى الأسود الباليوزديك Paleozoic يحدث نتيجة لتفاعلات الإماهة أو الأكسدة أو الكربنة لمكونات معدنية محددة ينتج عنها زيادة كبيرة فى الحجم.

### ١٠/٩/٤ طبقات التماس بين التربة والصخر

تؤدى عوامل التجوية إلى تحويل الصخر إلى تربة متبقية Residual Soil فى الطبقات السطحية وتتدرج هذه التربة عبر طبقات انتقالية من التربة الشبيهة بالصخر Soil like – rock وتسمى طبقة السابرولیت Saparolite ، حتى تصل إلى القاع السليم للصخر . ويتطلب التأسيس على هذه الطبقات الانتقالية والتربة المتبقية عناية خاصة نظراً لتباين خواصها بين خواص التربة وخصائص الصخور مما يؤثر فى أعمال الحفر والتأسيس .

### ١٠/٩/٤/١ التصميم الهندسى وأعمال الحفر فى الصخور

يعتمد التصميم الهندسى وأعمال الحفر فى الصخور على معرفة أشكال التجوية التى قد تحدث فى أنواع معينة من الصخور . والبنود ١٠/٩/٤/١ (أ) وحتى بند ١٠/٩/٤/١ (و) توضح تتابع التجوية فى الصخور النارية الكتلية ، والنارية المنبثقة ، والمتحولة ، والجيرية ، والصخر الطينى على التوالى .

### ١٠/٩/٤/١ اعتبارات التصميم فى طبقات التماس

فى طبقات السابروليت يمكن تطبيق نظرية مفتاح الكتلة Key-block theory لتعذر تقييم انزلاق أو انقلاب الكتلة الصخرية الضعيفة عند إجراء تحليلات الاتزان نظراً لاحتمالات وجود أسطح عدم اتصال فى مناطق السابروليت ، ولأغراض التصميم يجب أعتبار طبقات السابروليت على أنها صخر متشقق كتلى ضعيف ، وتتحكم أسطح عدم الإتصال فى سلوكها . أما لأغراض الحفر فيمكن معاملة طبقة السابروليت على أنها تربة جامدة Firm والتى يتطلب الحفر فيها استخدام طرق الحفر النمطية فى التربة . أما فى الطبقات التى تعلو الصخر السليم والموجودة أسفل طبقات السابروليت فهناك صعوبة أكبر فى تحديد طبيعة المواد فى هذه الطبقات . وطبقاً لشكل هذه الطبقة وطبيعتها تتحدد أنسب طرق معاملتها كما هو موضح بالبند ١٠/٩/٤/٢ (ب).

# ملحق (١)
## دليل القيم الاسترشادية للتربة والصخور

**س – ١ مُقدمة :**

تمر المشروعات الهندسية (الكبيرة نسبياً) بعدد من المراحل بدءً من الدراسات الأولية وحتى التصميمات التنفيذية النهائية ، ويجب أن تبنى التصميمات النهائية على معلومات تفصيلية مؤكدة سواء من اختبارات حقلية أو معملية. أما بالنسبة للدراسات الأولية ، خاصة في مرحلة ما قبل دراسات الجدوى Prefeasibility Studies وأحياناً أثناء تلك الدراسات ، فإنها تتم فى أغلب الأحيان بدون توفر معلومات تفصيلية عن خصائص التربة بالموقع وإنما اعتماداً على معلومات أولية أو ربما غير مؤكدة ، وفى هذه الحالة يطلب من المهندس الجيوتقنى وضع تصميمات أولية تساعد المستثمر على اتخاذ قرارات تتعلق بجدوى المشروع اقتصادياً ومتطلباته من الناحية التنفيذية ، لذا فإن المهندس يحتاج فى هذه المرحلة لمعرفة قيم استرشادية نمطية للمعاملات المختلفة سواء للتربة أو للصخور. وفى بعض الأحيان أيضاً تتوفر لدى المهندس الجيوتقنى نتائج تفصيلية عن المشروع من اختبارات معملية أو حقلية معينة ولكنه يرغب فى الحصول على معاملات أخرى لم يتم قياسها بشكل مباشر فى المعمل أو الحقل ، لذا فإنه يلجأ إلى العلاقات النظرية أو الوضعية Empirical المعروفة لتقدير قيم هذه المعاملات واستخدامها فى تحليلاته الجيوتقنية وبالتالى فإن هذا الجزء من الكود يعتبر دليلاً معاوناً للمصمم يمكن استخدامه على سبيل الاسترشاد فى المرحلة الأولية التى تسبق توفر المعلومات المؤكدة عن المعاملات التصميمية المختلفة التى يحتاجها فى التحليلات الجيوتقنية . لذا فإن الجداول والعلاقات والبيانات المعطاة فيما بعد يجب أن تستخدم كمعاون استرشادى فقط للمصمم ولا يعول عليها فى الحصول على تقديرات دقيقة لسلوك التربة أو الصخر سواء فى خصائص الانضغاط أو مقاومة القص أو النفاذية أو غير ذلك من الخصائص الهندسية الأخرى.

كما يمكن للمهندس أن يستخدم هذه العلاقات لمقارنة القيم المقاسة بتلك المتوقعة لنوع معين من التربة أو الصخر لمحاولة الحكم على صلاحية تلك القياسات ، ومن ثم اتخاذ القرار المناسب للقيم المختارة لأغراض التصميم. ولتسهيل استخدام البيانات والعلاقات الواردة فى هذا الجزء تم تقسيمه إلى قسمين رئيسيين ، أحدهما يتعلق بخصائص التربة والآخر بخصائص الصخور . وفى داخل كل قسم يتم تقديم المعلومات فى معظم الأحيان بالترتيب التالى :

- الخصائص الطبيعية والاستدلالية : مثل وزن وحدة الحجوم ونسبة الفراغات وحدود اللدونة والمرونة وخصائص التدرج الحبيبى ... إلخ.
- الخصائص التصنيفية الوصفية : مثل تلك التى يترتب عليها تصنيف التربة المتماسكة بين لينة Soft إلى صلبة Stiff أو التربة غير المتماسكة بين سائبة Loose إلى كثيفة Dense ... إلخ.
- الخصائص الهيدروليكية : مثل معامل النفاذية.
- الخصائص الميكانيكية : مثل مقاومة القص والانضغاط.
- الخصائص الديناميكية : مثل الاضمحلال والتردد الطبيعى وغيرهما.

وفى كل من هذه الأقسام (ما أمكن) يتم أولاً وضع جداول أو بيانات للقيم الإسترشـادية النمطيـة للمعـاملات المختلفة ثم تعرض العلاقات الوضعية أو البيانات التى يمكن من خلالها استنباط هذه المعاملات بدلالة اختبارات حقلية أو معملية أخرى . ومن المهم هنا التأكيد على أن القيم النمطية والعلاقات الوضعية المعطاة فى هذا الجزء تمثل تقديرات استرشادية فقط لمعاملات التربة أو الصخر، ويقع على عاتق المهندس المصمم مسئولية تأكيد هذه القيم بقياسات حقلية أو معملية من خلال أبحاث التربة أو الصخر الملائمة لظروف المشروع والمرحلة التى يمر بها.

## س – ٢ الخصائص الاستدلالية للتربة Index Properties

يوضح الجدول رقم (١-أ) القيم النمطية لبعض الخصائص الفيزيائية والاستدلالية للتربة .

ويوضح الجدول رقم (١-ب) القيم الاسترشادية لمعاملات السيولة واللدونة للتربة المتماسكة.

## جدول (١ – أ) قيم نمطية للخصائص الطبيعية للتربة

| | مقاس الحبيبات والتدرج | | | | الفراغات | | | | | وزن وحدة الحجرة (طن/م³) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | الحدود التقريبية للمقاس (مم) | | $D_{10}$ (مم) تقريباً | النطاق التقريبي لمعامل الإنتظام $C_u$ | نسبة الفراغات | | | المسامية (%) | | جاف | | | رطب | | مغمور | |
| | $D_{max}$ | $D_{min}$ | | | $e_{max}$ | $e_{cr}$ | $e_{min}$ | $n_{max}$ | $N_{min}$ | Min سائب | 100% Mod. AASHTO | Max كثيف | Min سائب | Max كثيف | Min سائب | Max كثيف |
| مواد حبيبية | | | | | | | | | | | | | | | | |
| مواد منتظمة الحبيبات | | | | | | | | | | | | | | | | |
| أ – كرات متساوية (القيم النظرية) | – | – | – | ١,٠ | ٠,٩٢ | – | ٠,٣٥ | ٤٧,٦ | ٢٦ | – | – | – | – | – | – | – |
| ب – رمل "أوتاوا" القياسي | ٠,٨٤ | ٠,٥٩ | ٠,٦٧ | ١,١ | ٠,٨٠ | ٠,٧٥ | ٠,٥٠ | ٤٤ | ٣٣ | ١,٤٧ | – | ١,٧٦ | ١,٤٩ | ٢,١٠ | ٠,٩١ | ١,١١ |
| ج – رمل نظيف منتظم (ناعم أو متوسط) | – | – | – | ٢,٠–١,٢ | ١,٠ | ٠,٨٠ | ٠,٤٠ | ٥٠ | ٢٩ | ١,٢٣ | ١,٨٤ | ١,٨٩ | ١,٣٥ | ٢,١٨ | ٠,٨٣ | ١,١٧ |
| د – طمي منتظم وغير عضوي | ٠,٠٥ | ٠,٠٠٥ | ٠,٠١٣ | ٢,٠–١,٢ | ١,١ | – | ٠,٤٠ | ٥٢ | ٢٩ | ١,٢٨ | – | ١,٨٩ | ١,٣٠ | ٢,١٨ | ٠,٨٢ | ١,١٧ |
| مواد ذات حبيبات جيدة التدرج | | | | | | | | | | | | | | | | |
| أ – رمل طيني | ٢,٠٠ | ٠,٠٠٥ | ٠,٠٠٢ | ١٠–٥ | ٠,٩٠ | – | ٠,٣٠ | ٤٧ | ٢٣ | ١,٣٩ | ١,٩٦ | ٢,٠٤ | ١,٤١ | ٢,٢٦ | ٠,٨٧ | ١,٢٧ |
| ب – رمل نظيف ناعم أو خشن | ٢,٠٠ | ٠,٠٥ | ٠,٠٩ | ٦–٤ | ٠,٩٥ | ٠,٧٠ | ٠,٣٠ | ٤٩ | ١٧ | ١,٣٦ | ٢,٢١ | ٢,٢١ | ١,٣٨ | ٢,٣٧ | ٠,٨٥ | ١,٣٨ |
| ج – رمل وميكا | – | – | – | – | ١,٢ | – | ٠,٤٠ | ٥٥ | ٢٩ | ١,٢٣ | – | ١,٩٢ | ١,٢٣ | ٢,٢١ | ٠,٧٧ | ١,٢٢ |
| د – رمل وزلط طيني | ١٠٠ | ٠,٠٠٥ | ٠,٠٢ | ٣٠,٠–١٥ | ٠,٨٥ | – | ٠,١٤ | ٤٦ | ١٢ | ١,٤٣ | – | ٢,٣٤ | ١,٤٤ | ٢,٤٨ | ٠,٩٠ | ١,٤٧ |
| تربة مختلطة | | | | | | | | | | | | | | | | |
| طين رملي أو طمي | ٢,٠٠ | ٠,٠٠١ | ٠,٠٠٣ | ٣٠,٠–١٠ | ١,٨ | – | ٠,٢٥ | ٦٤ | ٢٠ | ٠,٩٦ | ٢,٠٨ | ٢,١٦ | ١,٦٠ | ٢,٣٦ | ٠,٦١ | ١,٣٦ |
| طين طمي به حصى جيري أو كسر حجر | ٢٥٠ | ٠,٠٠١ | – | – | ١,٠ | – | ٠,٢٠ | ٥٠ | ١٧ | ١,٣٥ | – | ٢,٢٤ | ١,٨٤ | ٢,٤٢ | ٠,٨٥ | ١,٤٣ |
| خليط جيد التدرج من الزلط والرمل والطمي والطين | ٢٥٠ | ٠,٠٠١ | ٠,٠٠٢ | ١٠٠٠–٢٥ | ٠,٧ | – | ٠,١٣ | ٤١ | ١١ | ١,٦٠ | ٢,٢٤ | ٢,٣٧ | ٢,٠٠ | ٢,٥٠ | ٠,٩٩ | ١,٥١ |
| تربة طينية | | | | | | | | | | | | | | | | |
| طين (٣٠% – ٥٠% حبيبات مقاس الطين) | ٠,٠٥ | μ ٠,٠٥ | ٠,٠٠١ | – | ٢,٤ | – | ٠,٥٠ | ٧١ | ٣٣ | ٠,٨ | ١,٦٨ | ١,٨ | ١,٥١ | ٢,١٣ | ٠,٥٠ | ١,١٤ |
| طين رغوي ٥٠% أقل من ٠,٠٠٢ مم | ٠,٠١ | A ١٠ | – | – | ١٢ | – | ٠,٦٠ | ٩٢ | ٣٧ | ٠,٢١ | ١,٤٤ | ١,٧ | ١,١٤ | ٢,٠٥ | ٠,١٣ | ١,٠٦ |
| تربة عضوية | | | | | | | | | | | | | | | | |
| طمي عضوي | – | – | – | – | ٣,٠ | – | ٠,٥٥ | ٧٥ | ٣٥ | ٠,٦٤ | – | ١,٧٦ | ١,٣٩ | ٢,١٠ | ٠,٤٠ | ١,١١ |
| طين عضوي (٣٠% – ٥٠% من مقاس الطين) | – | | – | – | ٤,٤ | – | ٠,٧٠ | ٨١ | ٤١ | ٠,٤٨ | – | ١,٦٠ | ١,٣٠ | ٢,٠٠ | ٠,٢٩ | ٠,٩٩ |

المصدر : (NAVAC 7.1)

جدول رقم (١-ب) القيم الاسترشادية لمعاملات السيولة واللدونة للتربة المتماسكة*

| نوع التربة المتماسكة | حد السيولة % | حد اللدونة % |
|---|---|---|
| طين طمي بني (نيلي) | ٥٤ – ٨٢ | ٢٦ – ٣٣ |
| طمي طين رمادي داكن (نيلي) | ٣٢ – ٦٦ | ٢٤ – ٤٠ |
| طين طمي رمادي داكن (بحري) | ٦٠ – ١١٠ | ٣٥ – ٦٧ |
| طمي طيني عضوي (بحري) | ٥٥ – ١٠٥ | ٣٥ – ٧٠ |
| طين بني مائل للاحمرار (أسوان) | ٦٨ – ٨٤ | ٢٥ – ٢٩ |
| طين رمادي (صحراوي) | ٥٧ – ٨٥ | ٢٥ – ٣١ |

* (المبادئ العملية وأساسيات ميكانيكا التربة – أ.د / عمرو رضوان ١٩٩٤)

س – ٣ الخصائص التصنيفية للتربة :

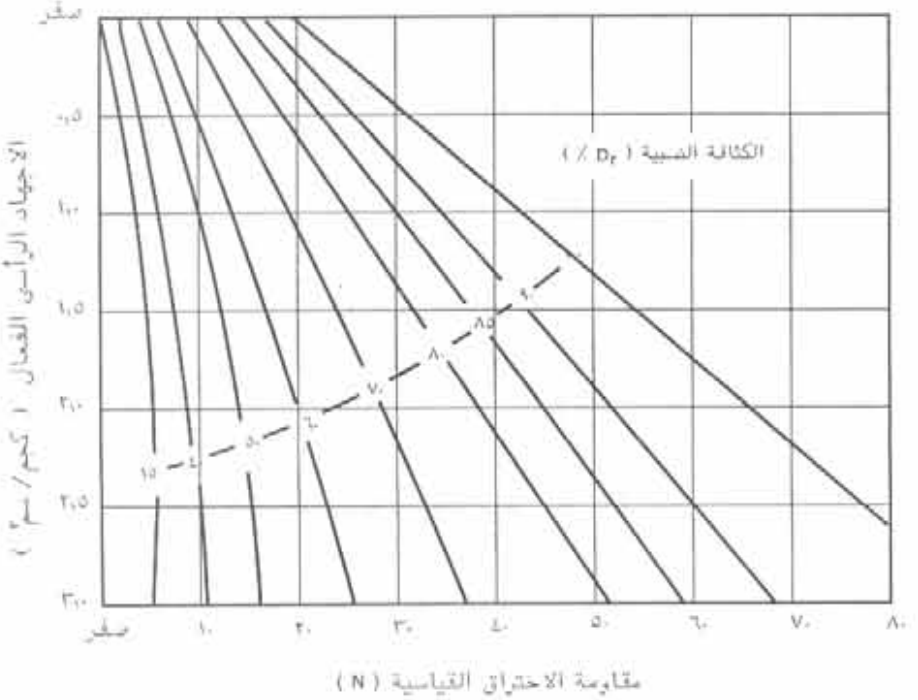
س – ٣ – ١ تصنيف التربة غير المتماسكة بدلالة الكثافة النسبية :

يمكن تصنيف التربة غير المتماسكة بدلالة الكثافة النسبية طبقاً للجدول رقم (٢).

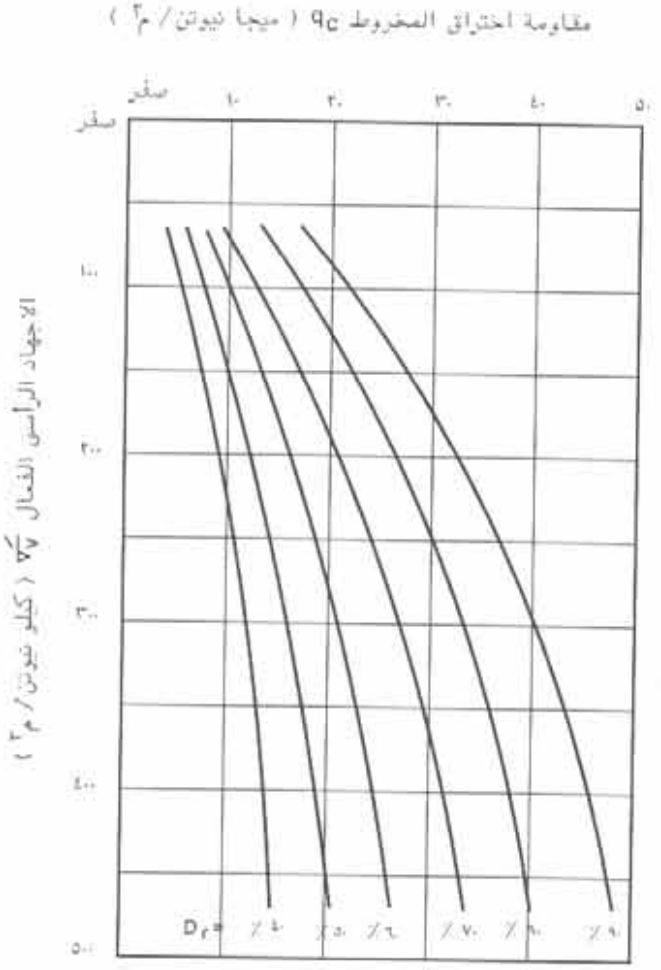
جدول رقم (٢) تصنيف التربة غير المتماسكة بدلالة الكثافة النسبية

| الكثافة النسبية (%) | التصنيف |
|---|---|
| صفر – ٢٠ | سائب جداً |
| ٢٠ – ٤٠ | سائب |
| ٤٠ – ٦٠ | متوسط الكثافة |
| ٦٠ – ٨٠ | كثيف |
| ٨٠ – ١٠٠ | كثيف جداً |

ويمكن تعيين الكثافة النسبية بدلالة كل من مقاومة الاختراق القياسى (S.P.T) والجهد الرأسى الفعال من الشكل رقم (١) .




شكل رقم (١) العلاقه بين الكثافه النسبية ومقاومة الاختراق القياسية




شكل رقم (٢) العلاقة بين مقاومة اختراق المخروط والاجهاد الرأسي الفعال عند القيم المختلفة للكثافة النسبية للرمل ( كوارتز ) عادى التدعيم

كما يمكن تعيين الكثافة النسبية من القياسات الحقلية باستخدام اختبار المخروط الاستاتيكى (CPT) كما هو مبين بالشكل رقم (٢). ويمكن أيضاً استنباط قيمة نسبة القراءات أو الكثافة الجافة بدلالة زاوية مقاومة القص من اختبار الضغط ثلاثى المحاور والكثافة النسبية باستخدام الشكل رقم (٣).

### س – ٣– ٢ تصنيف التربة المتماسكة بدلالة مقاومة الضغط غير المحاط :

يمكن تصنيف التربة المتماسكة بدلالة مقاومة الضغط غير المحاط طبقاً للجدول رقم (٣).

**جدول رقم (٣) تصنيف التربة المتماسكة بدلالة مقاومة الضغط غير المحاط**

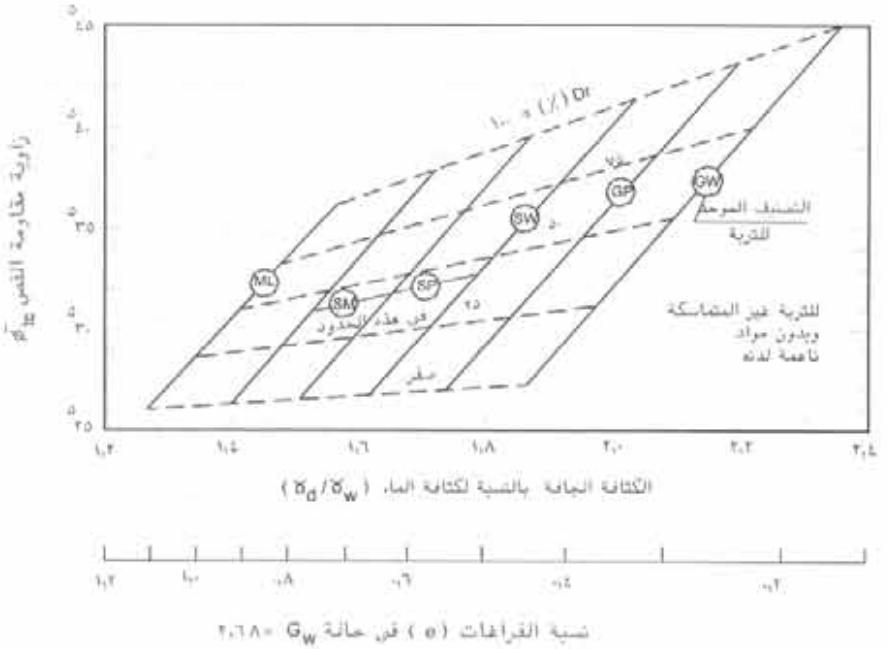
| تصنيف التربة | مقاومة الضغط غير المحاط ($q_u$) (كجم/سم$^2$) | اختبار يدوى بسيط |
|---|---|---|
| لينة جداً | صفر – ٠,٢٥ | تبرز من بين أصابع اليد عند قبضها |
| لينة | ٠,٢٥ – ٠,٥٠ | تتشكل بسهولة بالأصابع |
| متوسطة القوة | ٠,٥٠ – ١,٠ | تحتاج لضغط قوى بالأصابع لتشكيلها |
| قوية | ١,٠ – ٢,٠ | تحتاج لضغط قوى بالأصابع لترك أثر بها |
| قوية جداً | ٢,٠ – ٤,٠ | يمكن ترك أثر بسيط فيها بضغط الأصابع |
| صلبة | أكبر من ٤,٠ | يمكن ترك أثر بسيط فيها بضغط سن قلم رصاص |

### س – ٣ – ٣ تصنيف التربة المتماسكة من حيث الحساسية Sensitivity

يمكن تصنيف التربة المتماسكة من حيث حساسيتها للتشكل (Remolding Sensivity) طبقاً للجدول رقم (٤) ، وتعرف حساسية التربة للتشكل بأنها النسبة بين مقاومة التربة على حالتها الطبيعية إلى مقاومتها بعد تشكلها (Remolding) .

**جدول رقم (٤) تصنيف التربة المتماسكة من حيث الحساسية**

| تصنيف الطين | الحساسية |
|---|---|
| غير حساس | ≈ ١ |
| قليل الحساسية | ١ إلى ٢ |
| متوسط الحساسية | ٢ إلى ٤ |
| عالى الحساسية | ٤ إلى ٨ |




شكل رقم (٣) العلاقة بين زاوية مقاومة القص والكثافة النسبية والكثافة الجافة

**س – ٣– ٤ تصنيف التربة المتماسكة من حيث القابلية للانتفاش :**

يمكن تصنيف التربة المتماسكة للانتفاش طبقاً للجدول رقم (٥).

**جدول رقم (٥) جدول استرشادى لتحديد درجة الانتفاش**

| درجة الانتفاش | ضغط الانتفاش* كجم/سم٢ | نسبة الانتفاش** | دليل الانتفاش*** $W/W_L$ |
|---|---|---|---|
| ضعيفة | ٠,٣٠ – ١,٢٥ | ١ – ٤ | أكبر من ٠,٦ |
| متوسطة | ١,٢٥ – ٣,٠ | ٤ – ١٠ | ٠,٣٠ – ٠,٦ |
| عالية | أكبر من ٣,٠ | أكبر من ١٠ | أقل من ٠,٣ |

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

** تعين نسبة الانتفاش لعينات طبيعية غير مقلقلة تحت ضغط ٩,٨ كيلو نيوتن / م٢ (٠,١٠ كجم/سم٢)

*** دليل الانتفاش = $W/W_L$ = نسبة الرطوبة الطبيعية / حد السيولة

س – ٣– ٥ استخدام الاختبارات الحقلية فى تصنيف التربة :

يمكن تصنيف التربة من حيث المكونات الرئيسية والثانوية باستخدام نتائج بعض الاختبارات الحقلية مثل المخروط الاستاتيكى CPT ، البيزوكون (المخروط الاستاتيكى مع قياس ضغط المياه البينية) CPTU والدايلاتوميتر DMT كما هو موضح بالأشكال أرقام (٤، ٥، ٦).

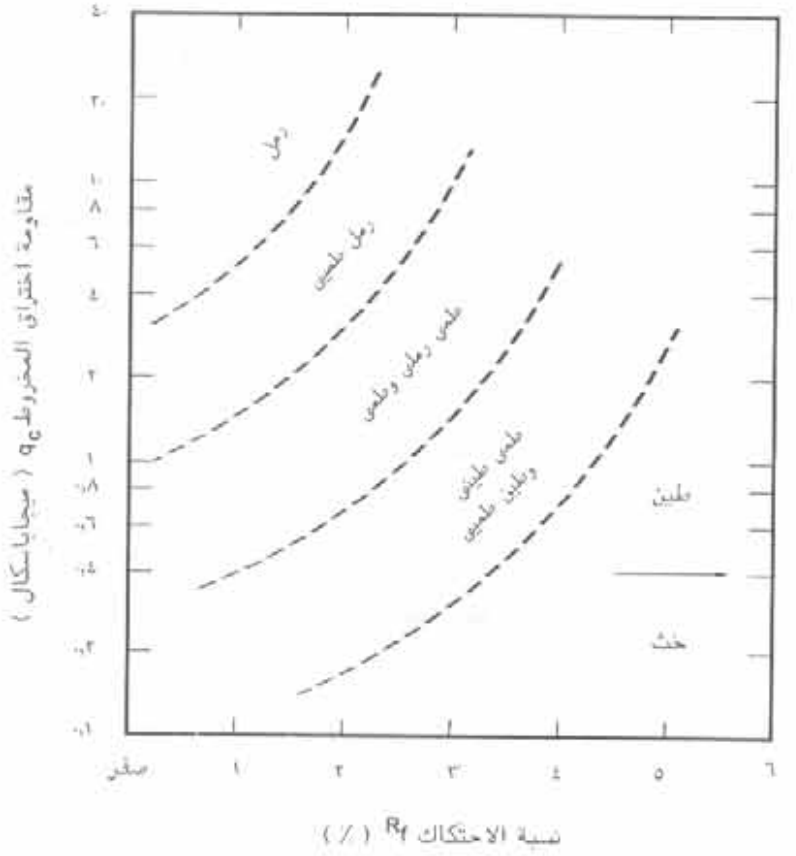
س – ٤ الخصائص الهيدروليكية للتربة :

يوضح الجدول رقم (٦) القيم النمطية لمعامل النفاذية (م / ث) لأنواع التربة المختلفة.

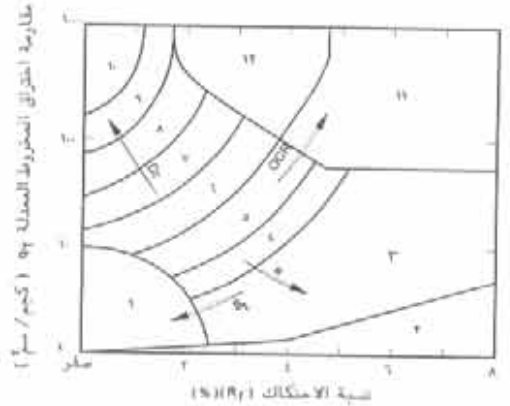
جدول رقم (٦) القيم النمطية لمعامل النفاذية (م / ث) لأنواع التربة المختلفة

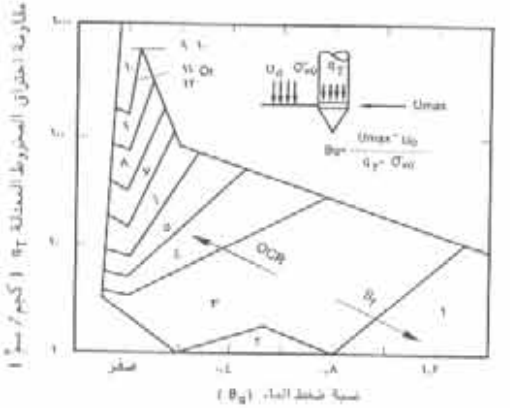
| معامل النفاذية (م / ث) | | | |
|---|---|---|---|
| زلط نظيف | رمل نظيف خلط من الرمل والزلط | رمل ناعم جداً طمى / طين وطمى | طين غير مشقق طين طميى (أكثر من ٢٠% طين) |
| | طين جاف ومشقق | | |

ويمكن أيضاً تحديد قيم تقريبية لمعامل النفاذية للتربة غير المتماسكة بدلالة مقاس التربة المؤثر $D_{10}$ الذى يتم تعيينه من منحنى التدرج الحبيبى من معادلة "هازن" التالية :




شكل رقم (٤) - تصنيف التربة باستخدام المخروط الاستاتيكى

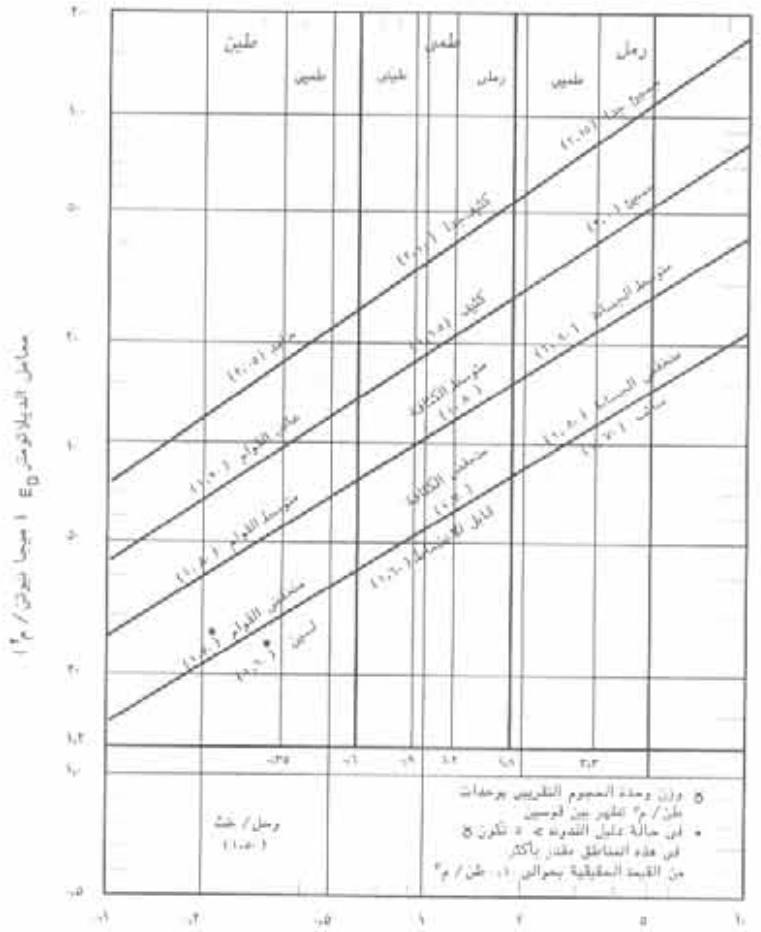



| المسلسلة | $q_T / N$ | نوع التـــربة |
|---|---|---|
| ١ | ٢ | حبيبات ناعمة حساسة |
| ٢ | ١ | سـواد عضـــوية |
| ٣ | ١ | طيـــــن |
| ٤ | ١ـ٥ | طين طميي الى طيـــن |
| ٥ | ٢ | طمي طيني الى طين طميي |
| ٦ | ٢ـ٥ | طمي رملي الى رمل طيني |
| ٧ | ٣ | رمل طيني الى طمي رملي |
| ٨ | ٤ | رمل الى رمل طميي |
| ٩ | ٥ | رمـــــل |
| ١٠ | ٦ | رمل زلطي الى رمـــــل |
| ١١ | ١ | تربة ناعمة الحبيبات شديدة التماسك ( * ) |
| ١٢ | ٢ | رمـل الى رمـل طيـني (*) |

(*) - حاجي التصميم أو ملاحظ

شكل رقم ( ٥ ) - تصنيف التربة طبقا لاختبار المخروط مـع قياس ضغـــط المياه CPTU




دليل المادة من اختبار الديلاتومتر ($I_D$)

حيث :

$$I_D = \frac{P1 - Po}{Po - Up}$$

P1 = الاجهاد الذي يحدث تمدد لغشاء الديلاتومتر بمقدار ١ مم في التربة

Po = اجهاد التماس

Up = ضغط الاتزان للمياة الارضية المحيطة ( غالبا يؤخذ مساويا للضغط الهيدروستاتيكي )

شكل رقم ( ٦ ) تصنيف التربة وتقدير وزن وحدة الحجوم لها باستخدام نتائج قياسات الديلاتومتر

معامل النفاذية (K) (م / ث) = ٠,٠١ × $D_{10}^2$

أو من الشكل رقم (٧-أ ، ب ، ج) بدلالة قطر الحبيبات ومعامل الانتظام والكثافة النسبية للتربة.

**س – ٥ الخصائص الميكانيكية للتربة :**

**س – ٥– ١ مقاومة القص للتربة غير المتماسكة :**

يمكن الحصول على قيم تقريبية استرشادية لزاوية مقاومة القص المستنتجة من اختبار الضغط ثلاثي المحاور بدلالة مقاومة الاختراق القياسي أو بدلالة مقاومة مخروط الاختراق الاستاتيكي من الجدول رقم (٧) ، مع مراعاة أن هذه القيم لا تأخذ تأثير الإجهادات الفعالة على القيم المقاسة سواء لمقاومة الاختراق القياسي أو مقاومة مخروط الاختراق.

**جدول رقم (٧) قيم استرشادية لقيم مقاومة القص للتربة غير المتماسكة**

| الكثافة النسبية | مقاومة الاختراق القياسى N | مقاومة مخروط الاختراق الإستاتيكى qc (كجم/سم$^2$) | زاوية مقاومة القص (من اختبار الضغط ثلاثى المحاور) |
|---|---|---|---|
| سائب جداً | صفر – ٤ | أقل من ٢٠ | أقل من ٣٠ درجة |
| سائب | ٤ – ١٠ | ٢٠ – ٤٠ | ٣٠ – ٣٥ |
| متوسط الكثافة | ١٠ – ٣٠ | ٤٠ – ١٢٠ | ٣٥ – ٤٠ |
| كثيف | ٣٠ – ٥٠ | ١٢٠ – ٢٠٠ | ٤٠ – ٤٥ |
| كثيف جداً | أكبر من ٥٠ | أكبر من ٢٠٠ | أكبر من ٤٥ |

كما يمكن إستخدام الشكل رقم (٨) بدلاً من جدول رقم (٧) للحصول على قيمة زاوية مقاومة القص بدلالة N . ولأخذ تأثير الإجهادات الفعالة على قيمة N وبالتالى على قيمة زاوية مقاومة القص يمكن استخدام الشكل رقم (٩). ويمكن تعيين قيم زاوية مقاومة القص للتربة من نتائج الاختبارات الحقلية الأخرى مثل المخروط الاستاتيكى CPT باستخدام الشكل رقم (١٠).

**س – ٥– ٢ مقاومة القص للتربة المتماسكة :**

يمكن الحصول على قيم استرشادية لمعاملات القص للتربة من الجدول رقم (١٣) المجمع فى نهاية هذا الفصل ، كما يمكن تقديرها بدلالة نتائج الاختبارات الحقلية أو المعملية من العلاقات الموضحة فيما بعد .

معامل النفاذية (K) (م / ث) = ٠,٠١ × $D_{10}^2$

أو من الشكل رقم (٧-أ ، ب ، ج) بدلالة قطر الحبيبات ومعامل الانتظام والكثافة النسبية للتربة.

**س – ٥ الخصائص الميكانيكية للتربة :**

**س – ٥– ١ مقاومة القص للتربة غير المتماسكة :**

يمكن الحصول على قيم تقريبية استرشادية لزاوية مقاومة القص المستنتجة من اختبار الضغط ثلاثي المحاور بدلالة مقاومة الاختراق القياسي أو بدلالة مقاومة مخروط الاختراق الاستاتيكي من الجدول رقم (٧) ، مع مراعاة أن هذه القيم لا تأخذ تأثير الإجهادات الفعالة على القيم المقاسة سواء لمقاومة الاختراق القياسي أو مقاومة مخروط الاختراق.

**جدول رقم (٧) قيم استرشادية لقيم مقاومة القص للتربة غير المتماسكة**

| الكثافة النسبية | مقاومة الاختراق القياسى N | مقاومة مخروط الاختراق الإستاتيكى qc (كجم/سم$^2$) | زاوية مقاومة القص (من اختبار الضغط ثلاثى المحاور) |
|---|---|---|---|
| سائب جداً | صفر – ٤ | أقل من ٢٠ | أقل من ٣٠ درجة |
| سائب | ٤ – ١٠ | ٢٠ – ٤٠ | ٣٠ – ٣٥ |
| متوسط الكثافة | ١٠ – ٣٠ | ٤٠ – ١٢٠ | ٣٥ – ٤٠ |
| كثيف | ٣٠ – ٥٠ | ١٢٠ – ٢٠٠ | ٤٠ – ٤٥ |
| كثيف جداً | أكبر من ٥٠ | أكبر من ٢٠٠ | أكبر من ٤٥ |

كما يمكن إستخدام الشكل رقم (٨) بدلاً من جدول رقم (٧) للحصول على قيمة زاوية مقاومة القص بدلالة N . ولأخذ تأثير الإجهادات الفعالة على قيمة N وبالتالى على قيمة زاوية مقاومة القص يمكن استخدام الشكل رقم (٩). ويمكن تعيين قيم زاوية مقاومة القص للتربة من نتائج الاختبارات الحقلية الأخرى مثل المخروط الاستاتيكى CPT باستخدام الشكل رقم (١٠).

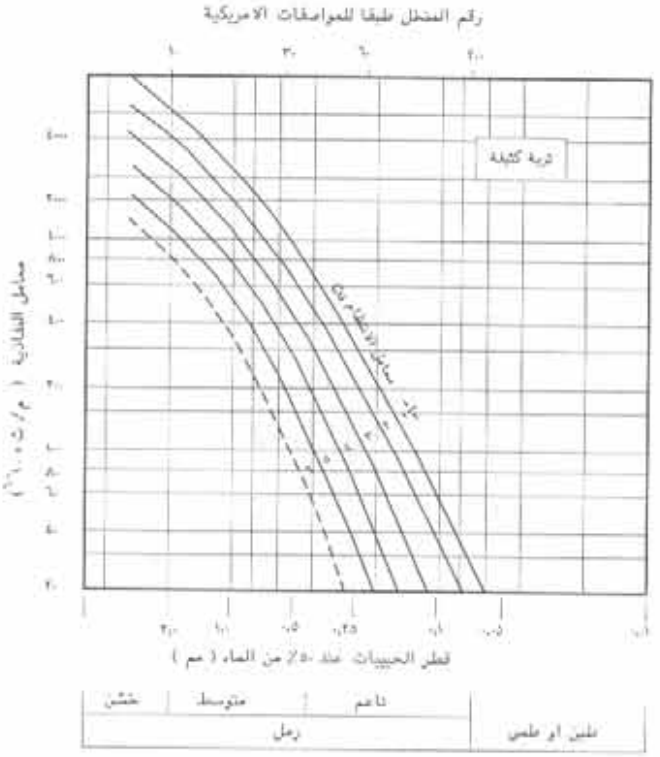
**س – ٥– ٢ مقاومة القص للتربة المتماسكة :**

يمكن الحصول على قيم استرشادية لمعاملات القص للتربة من الجدول رقم (١٣) المجمع فى نهاية هذا الفصل ، كما يمكن تقديرها بدلالة نتائج الاختبارات الحقلية أو المعملية من العلاقات الموضحة فيما بعد .

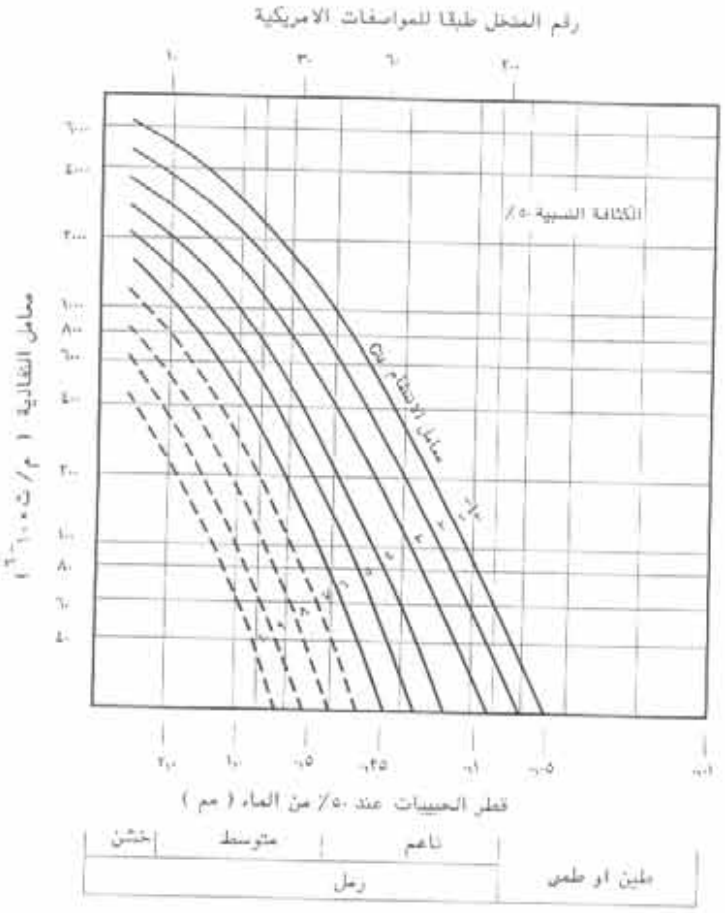
**Drained**

**س – ٥– ٢–١ مقاومة القص المصرفة**

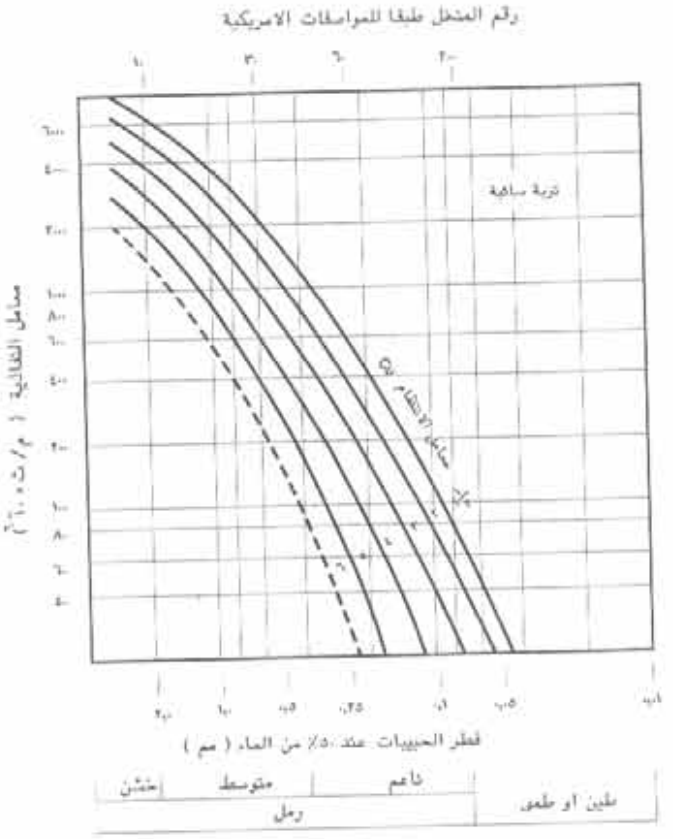
يمكن تقدير قيمة زاوية مقاومة القص المصرفة $\phi$ للطين بدلالة دليل اللدونة PI من الجدول رقم (٨).



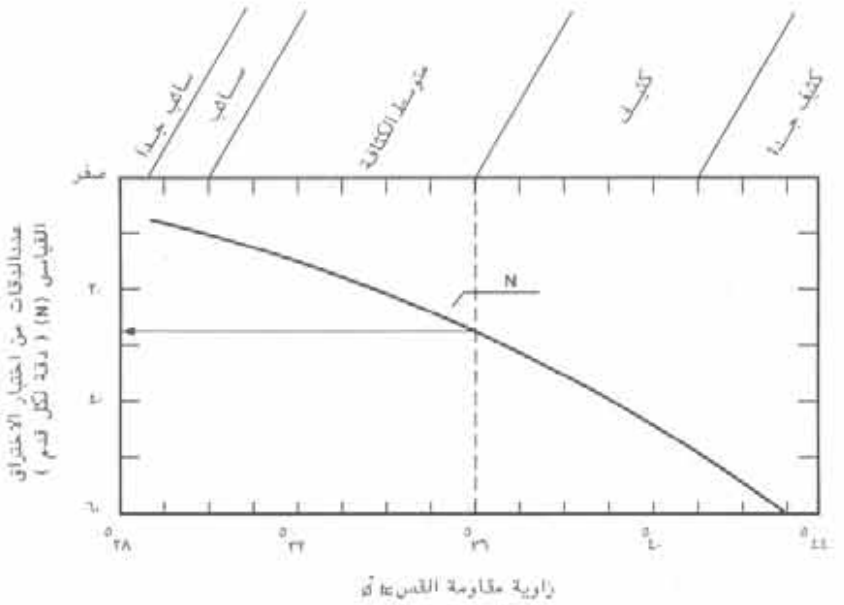

شكل رقم (٧- أ )- تقدير قيم معامل النفاذية للتربة الكثيفة



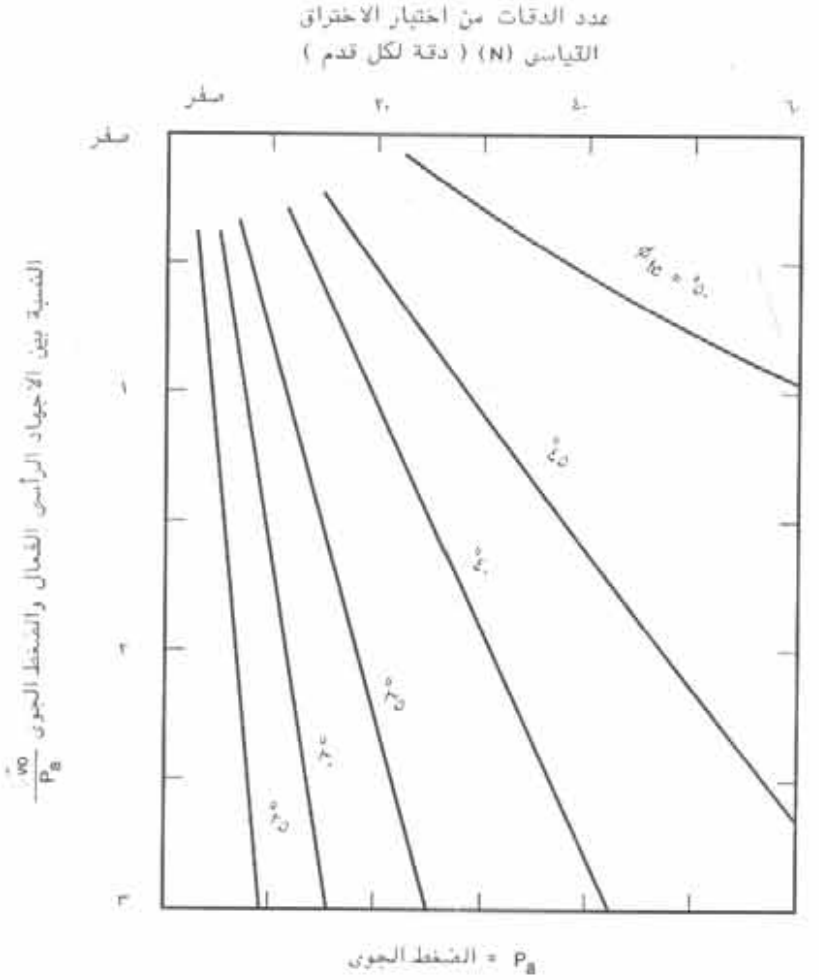

شكل رقم (٧- ب ) - تقدير قيم معامل النفاذية للتربة ذات كثافة نسبية ٥٠٪



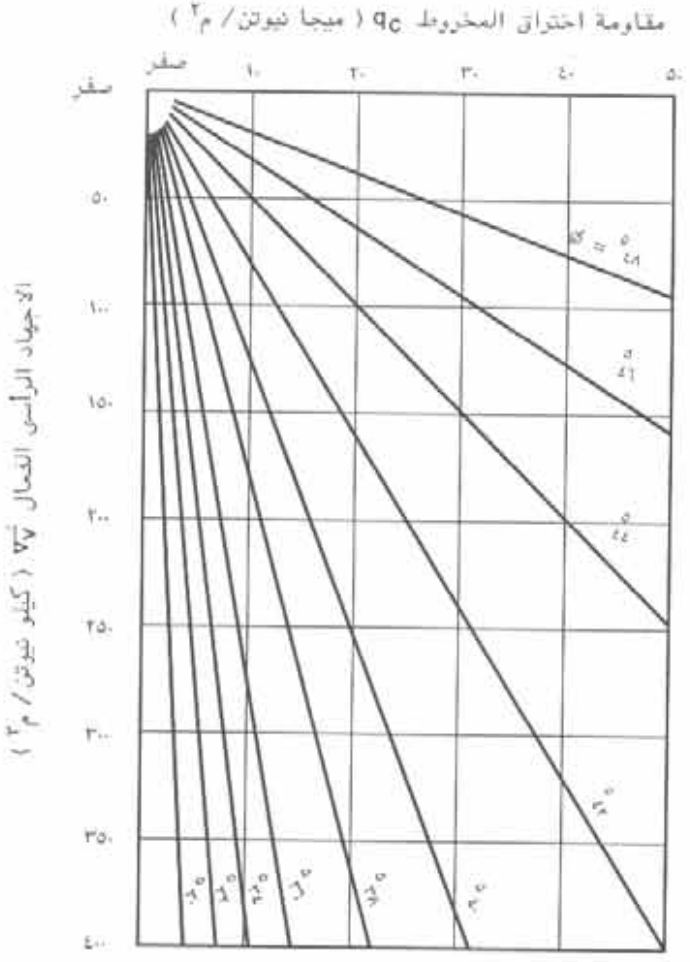

شكل رقم (٧ - جـ) - تقدير قيم معامل النفاذية للتربة الساقية




شكل رقم (٨) العلاقة بين عدد الدقات من اختبارالاختراق القياسى و زاوية مقاومة القص من اختبـــار الضغط ثلاثى المحاور




شكل رقم (٩) - العلاقة بين عدد الدقات من اختبار الاختراق القياسى وزاوية مقاومة الاحتكاك واجهاد الضغط الفعال




رقم (١٠) العلاقة بين مقاومة اختراق المخروط والاجهاد الرأسي الفعال عند القيم المختلفة لزاوية الاحتكاك الداخلي للرمل ( كوارتز ) عادي التدعيم

جدول رقم (٨) قيم استرشادية لزاوية مقاومة القص المصرفة للطين

| PI | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ | ٣٠ | ٤٠ | ٥٠ | ٨٠ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\phi'$ (درجة) | ٣٠ | ٢٨ | ٢٧ | ٢٥ | ٢٢ | ٢٠ | ١٥ |

**س – ٥– ٢–٢ مقاومة القص غير المصرفة** **$(S_u = C_u)$ undrained**

يمكن تقدير قيمة مقاومة القص غير المصرفة Su بدلالة دليل القوام CI من الشكل رقم (١١) .

كما يمكن تقدير قيمة مقاومة القص غير المصرفة Su للتربة الطينية عادية التضاغط Normally Consolidated بدلالة دليل اللدونة PI من العلاقة التقريبية الآتية :

$$(S_{u\,(vst)} / \sigma'_{vo} = 0.11 + 0.0037\,(PI)) \qquad (س-١)$$

حيث :

$S_{u\,(vst)}$ = قيمة $S_u$ مقاسه من اختبار القص المروحى الحقلى

$\sigma'_{vo}$ = الإجهاد الرأسى الفعال

ويجب تصحيح قيم $S_u$ المحسوبة من هذه المعادلة طبقاً للشكل رقم (١٣) . كما يمكن تقدير قيمة $S_u$ من العلاقة التالية :

$$S_u / \sigma'_{vo} = 0.23 \pm 0.04 \qquad (س-٢)$$

مع ملاحظة عدم ملاءمة العلاقات السابقة للتربة العضوية أو الحساسة . أما بالنسبة للتربة الطينية سابقة التضاغط (غير المشققة) فيمكن استخدام العلاقة التقريبية التالية :

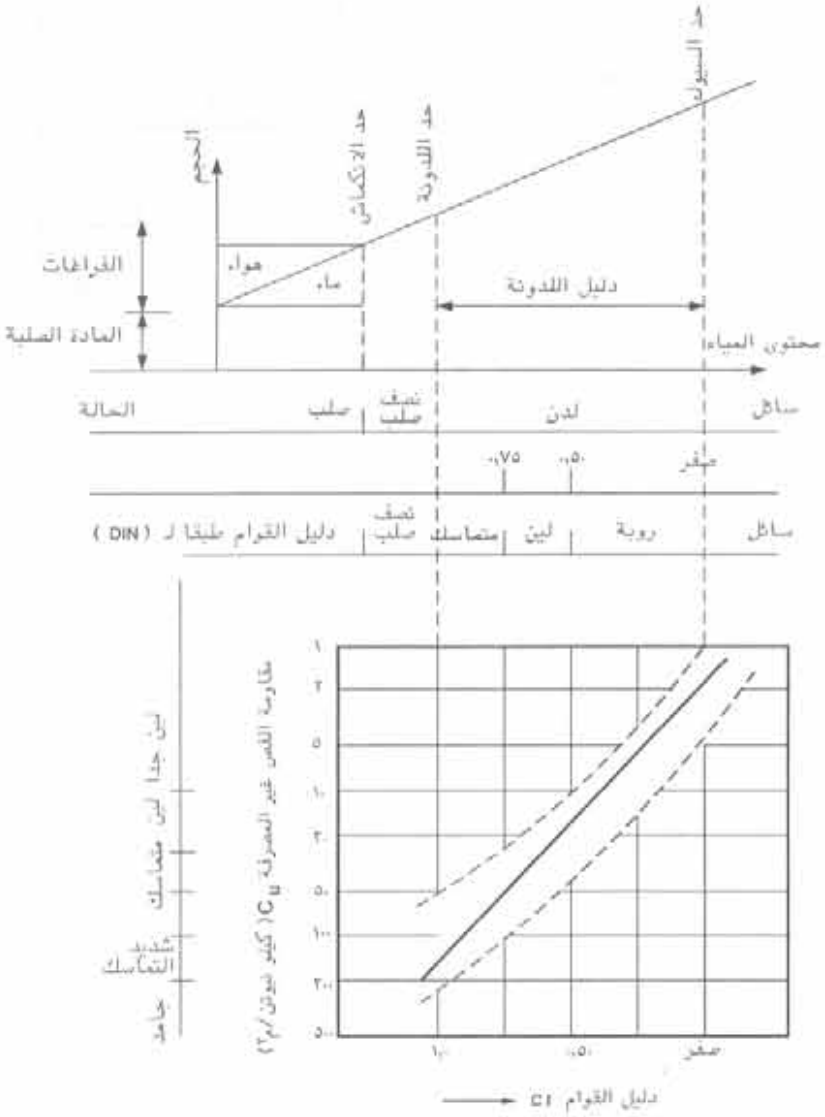
$$S_{u\,(vst)} / \sigma'_p = 0.11 \pm 0.0037\,(PI) \qquad (س-٣)$$

حيث : $\sigma'_p$ = الاجهاد المسبق للتضاغط

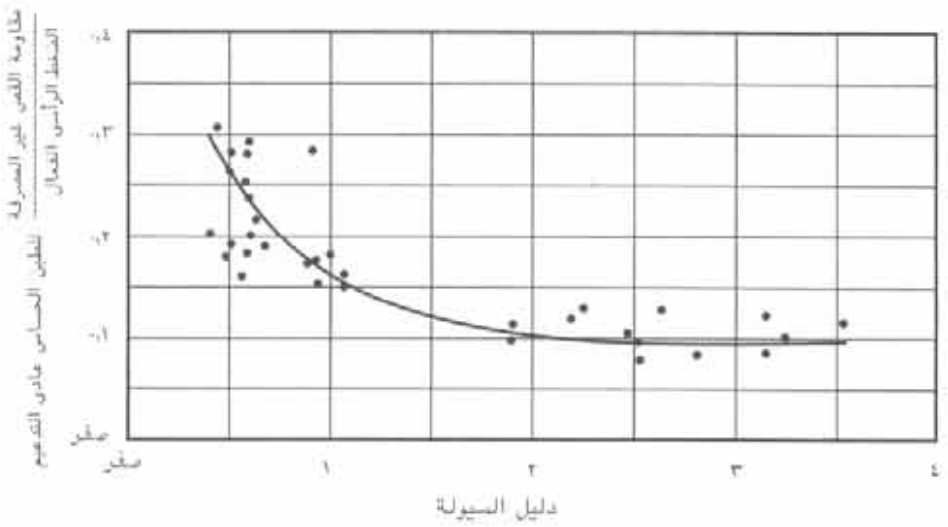
مع ملاحظة أن دقة المعادلتين السابقتين (س–١ ، س–٣) فى حدود ± ٢٥ % . أما بالنسبة للتربة الحساسة عادية التدعيم فيمكن تقدير قيمة $S_u$ لها بدلالة دليل السيولة Liquidity Index (LI) من الشكل رقم (١٢) .

فى حالة استخدام اختبار القص المروحى الحقلى فى قياس $S_u$ للتربة عادية التدعيم يجب مراعاة تصحيح القيمة المقاسة باستخدام معامل التصحيح $\mu$ الموضح بالشكل رقم (١٣) وذلك لأخذ تأثير اللدونة ، مع ملاحظة عدم صلاحية التصحيح السابق للتربة الحساسة أو العضوية.

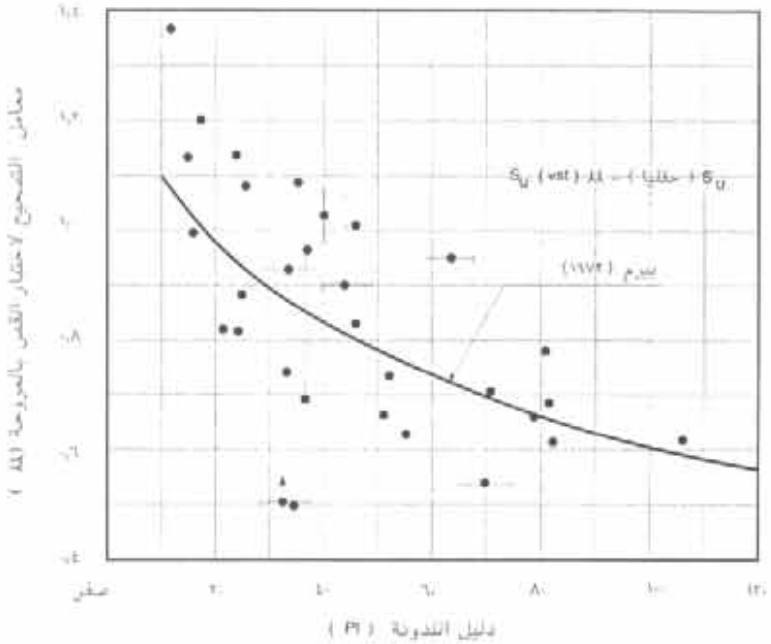
فى حالة إستخدام اختبار المخروط الاستاتيكى CPT يمكن تقدير $S_u$ من العلاقة :




شكل رقم ( ١١ ) - العلاقة بين مقاومة القص غير المصرفة ودليل القوام




شكل رقم ( ١٢ ) - العلاقة بين $\frac{\text{مقاومة القص غير المصرفة}}{\text{الضغط الرأسي الفعال}}$ وبين دليل السيولة
في حالة التربة الطينية الحساسة عادية التدعيم




شكل رقم (١٣) معامل التصحيح لاختبار القص بالمروحة الحقلي

$$S_u = (q_c - \sigma'_{vo})/N_k \qquad (س-٤)$$

حيث :

$q_c$ = قيم مقاومة اختراق المخروط

$\sigma'_{vo}$ = الإجهاد الرأسى الفعال

$N_k$ = معامل المخروط ، تؤخذ القيمة الاسترشادية والتى تعتمد على نوع التربة ونوع المخروط المستخدم من الجدول رقم (٩)

جدول رقم (٩) قيم استرشادية لمعامل المخروط $N_k$

| نوع التربة الطينية | مخروط استاتيكى ميكانيكى | مخروط استاتيطى كهربائى |
|---|---|---|
| عادية التضاغط | ٢٠ – ١٥ | ١٥ – ١٢ |
| حساسة | ١٦ – ١٢ | ١٣ – ١٠ |
| سابقة التضاغط | ٣٠ – ٢٠ | ٢٥ – ١٥ |

كما يجب حساب Su من نتائج اختبار مخروط الاحتكاك الميكانيكى Mechanical Friction Cone أثناء إجراء اختبار المخروط الاستاتيكى من العلاقة التالية :

$$S_u = f_s \qquad (س-٥)$$

لتربة لينة ، عادية التضاغط ، غير حساسة وبحيث لا تزيد $S_u$ عن ٠,٢٥ كجم/سم$^2$

$$S_u = 2\ f_s \qquad (س-٦)$$

لتربة سابقة التضاغط وبحيث لا تزيد $S_u$ عن ٠,٧٥ كجم/سم$^2$

حيث :

$f_s$ = قيمة الاحتكاك الموضعى المقاس من اختبار المخروط

كما يمكن استنتاج قيمة $S_u$ من نتائج قياسات البيزوكون CPTU من العلاقات التالية :

$$S_u = (q_t - u) / N_k \qquad (س-٧)$$

حيث :

$N_k$ = معامل قيمتة فى حدود ٩ ± ٣

$U$ = ضغط المياه البينية المقاسة

$q_t$ = مقاومة اختراق المخروط بعد تصحيحها بناءً على قياسات ضغط المياه البينية كالتالى :

$$q_t = q_c + u\,(1 - a) \qquad (س-٨)$$

حيث :

$q_c$ = مقاومة اختراق المخروط المقاسة

$a$ = هى نسبة المساحة الصافية والتى يمكن الحصول عليها من معايرة المخروط فى خلية الضغط ثلاثى المحاور

فى حالة استخدام جهاز الديلاتومتر يمكن تقدير من العلاقات التالية :

$$S_u = 0.22\ \bar{\sigma}_{vo}\ (0.5\ K_D)^{1.25} \qquad (س-٩)$$

$$S_u = 0.35\ \bar{\sigma}_{vo}\ (0.47\ K_D)^{1.25} \qquad (س-١٠)$$

حيث :

$\sigma'_{vo}$ = الإجهاد الرأسى الفعال

$K_D$ = دليل الإجهاد الأفقى

ويراعى أن تكون قيم كل من $S_u$ ، $\sigma'_{vo}$ بنفس الوحدات .

### س – ٥ – ٣ معاملات الإنضغاط المرن للتربة

لحساب الانضغاط المرن Elastic Compression يلزم الحصول على قيم نسبة بواسون (ν) ومعامل المرونة (E) سواء فى الحالة المصرفة Drained أو غير المصرفة Undrained. والجداول التالية تعطى قيماً استرشادية لهذه المعاملات .

جدول رقم (١٠) قيم نمطية لنسبة بواسون المصرفة

| نوع التربة | نسبة بواسون المصرفة ($\nu_d$) |
|---|---|
| طين | ٠,٢ – ٠,٤ |
| رمل كثيف | ٠,٣ – ٠,٤ |
| رمل سائب | ٠,١ – ٠,٣ |

جدول رقم (١١) قيم نمطية لمعامل المرونة للرمل

| الكثافة النسبية | معامل المرونة E (كجم/سم$^2$)* |
|---|---|
| سائب | ١٠٠ – ٢٠٠ |
| متوسط الكثافة | ٢٠٠ – ٥٠٠ |
| كثيف | ٥٠٠ – ١٠٠٠ |

* القيم الدنيا تعبر عن رمل عادى التضاغط بينما القيم العليا تعبر عن رمل مسبق التضاغط

جدول رقم (١٢) قيم نمطية لمعامل المرونة غير المصرفة $E_u$ للطين

| قوام الطين | معامل المرونة E (كجم/سم$^2$) |
|---|---|
| ضعيف | ١٥ – ٤٠ |
| متوسط القوة | ٤٠ – ٨٠ |
| قوى | ٨٠ – ٢٠٠ |

كما يمكن حساب معامل الانضغاط المحصور Constrained Modulus, D بدلالة E ، $\nu_d$ من العلاقة التالية :

$$D = \frac{E(1-d)}{(1+d)(1-2d)} \qquad (س-١١)$$

كما يمكن تعيين $E_u$ للطين بدلالة مقاومة القص غير المصرفة Cu ونسبة التضاغط المسبق ومعامل اللدونة من الشكل رقم (١٤).

كما يمكن تعيين قيم تقريبية لمعامل المرونة للرمل من قياسات الاختبارات الحقلية من العلاقات التالية :

أ – اختبار الاختراق القياسى SPT

لرمل به مواد ناعمة

$$E/P_a = 5\ N_{60} \qquad (س-١٢)$$

لرمل نظيف عادى التضاغط

$$E/P_a = 10\ N_{60} \qquad (س-١٣)$$

حيث :

$P_a$ = الضغط الجوى

$N_{60}$ = عدد دقات اختبار الاختراق القياسى مصححة بناءً على الطاقة القياسية للاختبار

ب – من اختبار المخروط الاستاتيكى CPT

جـ – من اختبار الديلاتومتر DMT

$$E_{50} = 0.53\ I_D^{-1.66} E_D \quad (I_D \leq 0.8) \qquad (س-١٤)$$

$$E_{50} = 0.7\ E_D \quad (I_D > 0.8) \qquad (س-١٥)$$

حيث :

$I_D$ = دليل المادة ويستخدم لإيجاد نوع التربة ، ويتم حسابه من المعادلة (س – ١٦)

$E_D$ = معامل الديلاتومتر Dilatometer Modulus ويستخدم لإيجاد خواص التربة ، ويتم حسابه من المعادلة (س – ١٧)

$E_{50}$ = معاير التشكل للتربة عند منتصف قيمة جهد الانهيار فى تجربة الضغط غير المحاط

$$I_D = (P_1 - P_0) / (p_0 - U_0) \qquad (س-١٦)$$

حيث :

$P_1$ = ضغط التربة الصافى على غشاء الديلاتومتر عند تشكل قدرة ١,١٠ مم

$P_0$ = ضغط التربة الصافى على غشاء الديلاتومتر عند تشكل قدرة ٠,٠٥ مم

$U_0$ = ضغط المياه البينية

$$E_D = 34.7\ (P_1 - P_0)$$ (س-١٧)

### س – ٥ – ٤ نسبة زيادة التضاغط

يمكن تقدير قيمة تقريبية لنسبة زيادة التضاغط OCR للطين غير الحساس بدلالة خصائص استدلالية مثل دليل السيولة LI من إحدى العلاقات التالية أو من القيمة المتوسطة لها :

$$OCR = 10^{\{1\ -\ 2.5\ LI\ -\ 1.25\ \log\ (\sigma'vo/pa)\}}$$ (س-١٨)

$$OCR = (Pa\ /\ (\sigma`_{vo})\ 10^{\{1.11\ -\ 1.62\ LI\}}$$ (س-١٩)

حيث :

$\sigma'_{vo}$ = الإجهاد الرأسي الفعال

$P_a$ = الضغط الجوى

كما يمكن الحصول على قيم استرشادية لنسبة زيادة التضاغط من نتائج الاختبارات الحقلية من العلاقات التالية :

**أ – من اختبار القص المروحى :**

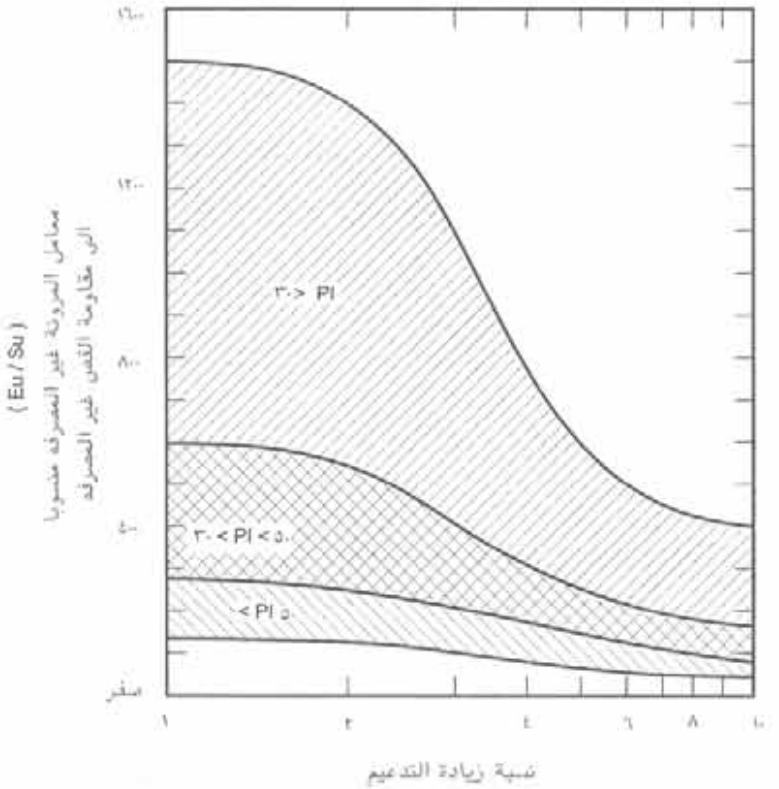
يبين الشكل رقم (١٥) العلاقة المستنتجة من اختبار القص المروحى للطين غير المشقق.

**ب – من اختبار الاختراق القياسى :**

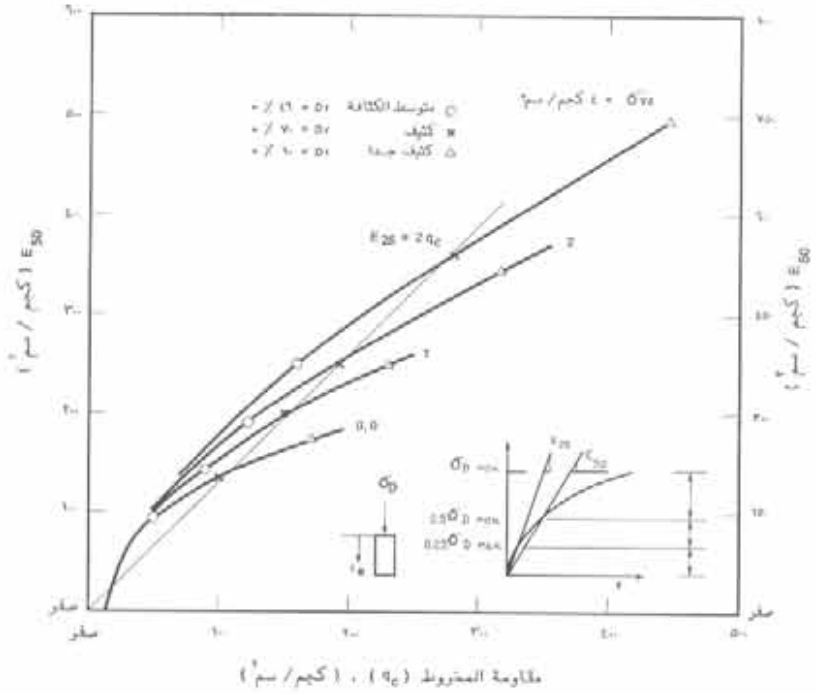
يمكن استنتاج قيمة نسبة زيادة التضاغط بدلالة عدد دقات اختبار الاختراق القياسى N من الشكل رقم (١٦) المستنتج من اختبارات فى الطين المشقق وغير المشقق.

**جـ – من اختبار المخروط الاستاتيكى CPT أو البيزوكون CPTU**

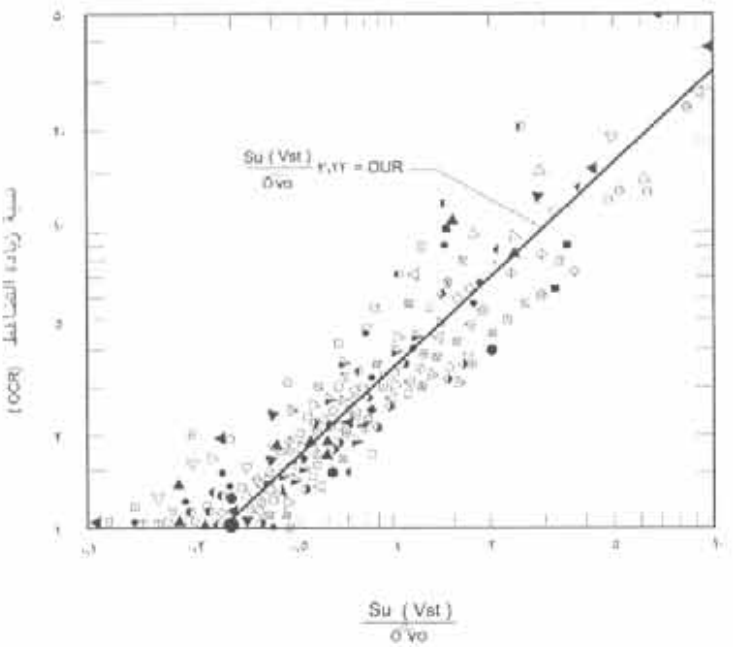
انظر شكل رقم (١٦).



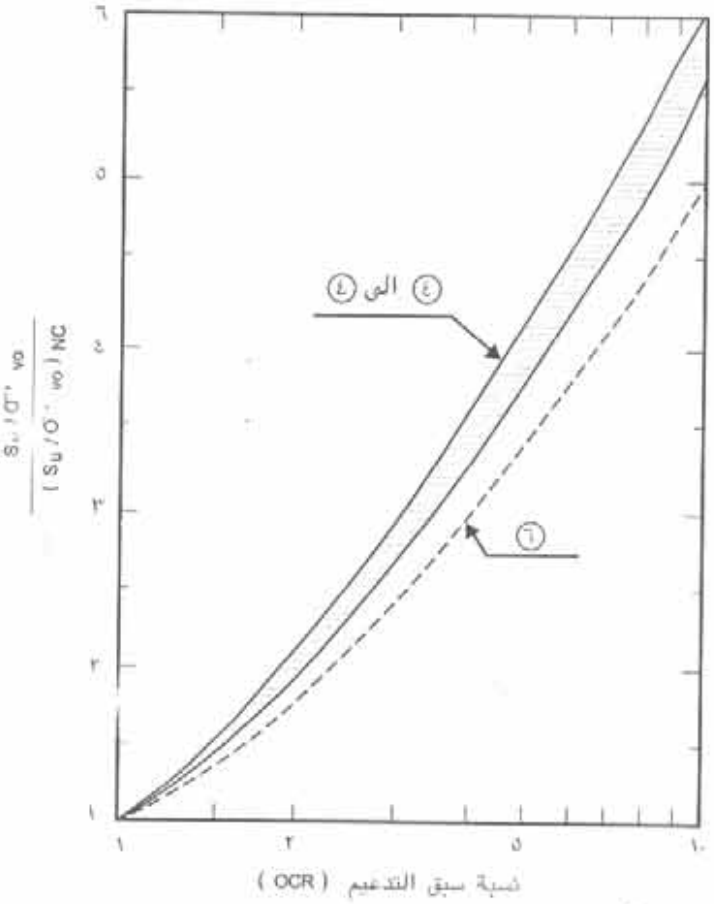

شكل رقم (١٤) - العلاقة بين معامل المرونة غير المصرفه منسوبا الى مقاومة القص غير المصرفه وبين نسبة زيادة التدعيم عند القيم المختلفة لدليل اللدونة




شكل رقم ( ١٤ ) - العلاقة بين مقاومة المخروط ( $q_c$ ) ومعامل يونج فى الحالة المصرفة للرمل غير المتلاحم عادى التدعيم

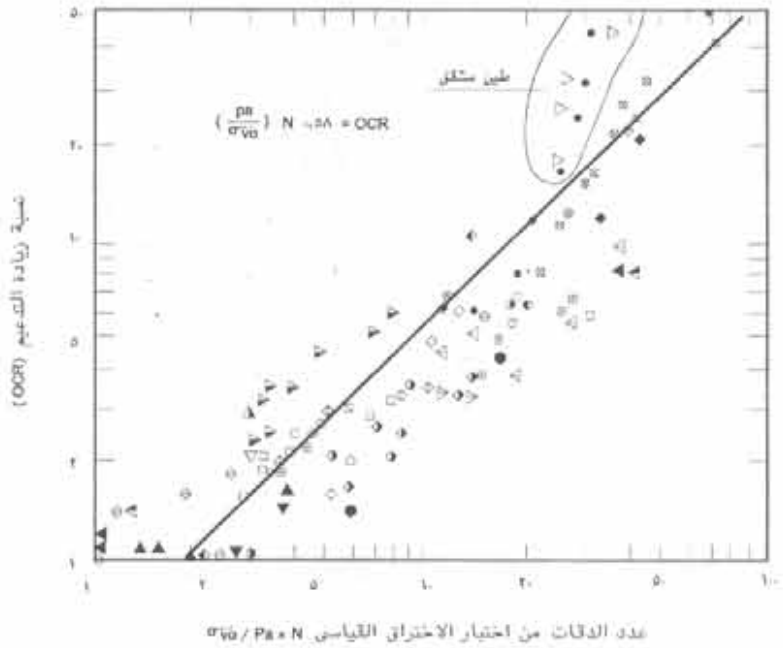



شكل رقم (١٥) - العلاقة بين نسبة زيادة التدعيم وبين النسبة بين مقاومة القص غير المصرفة من اختبار المروحة والضغط الرأسي الفعال




حيث
$(S_u / \sigma'_{vo})_{NC}$ = ٠,١١ + ٠,٠٠٣٧ (PI) للطين عادى التدعيم
$S_u$ هى القيمة المقدره عن طريق مقاومة اختراق المخروط (١٣)
$\sigma'_{vo}$ ضغط العبء الفعال ( يتم حسابة )

شكل رقم (١٦) ـ ايجاد نسبة سبق التدعيم من $S_u / \sigma'_{vo}$




شكل رقم (١٦) - العلاقة بين نسبة زيادة التدعيم وبين عدد الدقات من اختبار الاختراق القياسى

### س-٥-٥ معاملات التضاغط للتربة المتماسكة :

يمكن الحصول على قيم استرشادية لمعامل التضاغط الرأسي Coefficient of $C_v$ Consolidation, من الشكل رقم (١٧).

كما يمكن الحصول على قيم استرشادية لدليل الانضغاط $C_c$ (Compression Index) للتضاغط الأولى من العلاقات التالية :

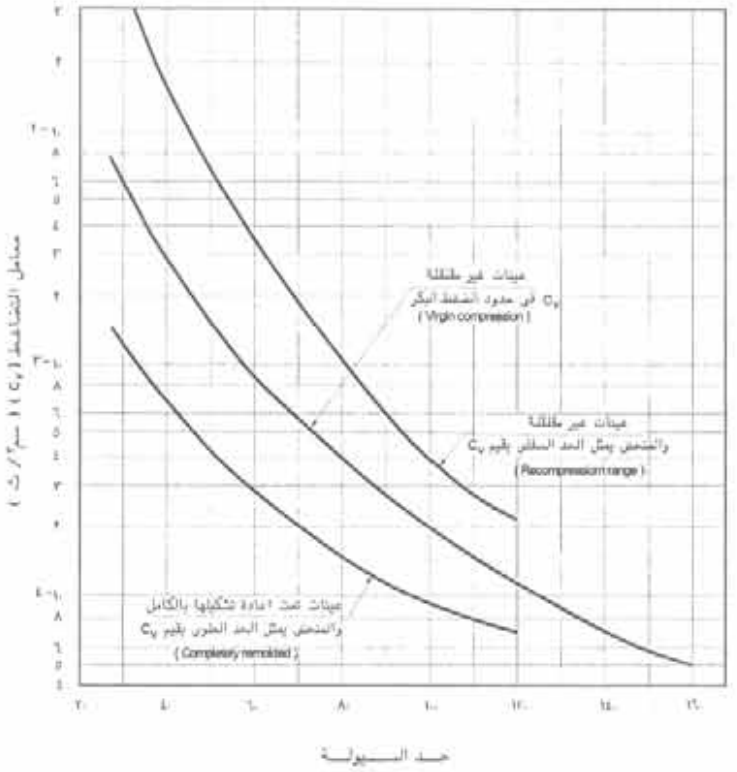
$$C_c = 0.009\ (W_L - 10) \qquad (س-٢٠)$$

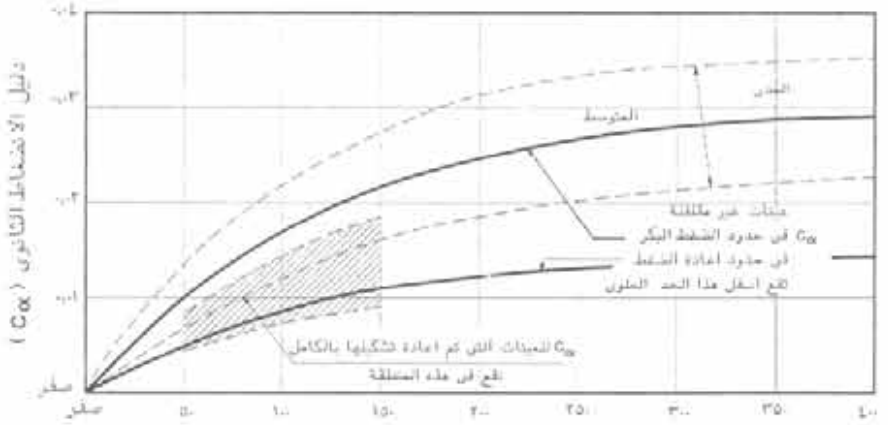
$$C_c = PI / 73 \qquad (س-٢١)$$

أما دليل الانضغاط $C_{ur}$ أثناء رفع الحمل أو إعادة التحميل فيمكن تعيينه من العلاقة التالية:

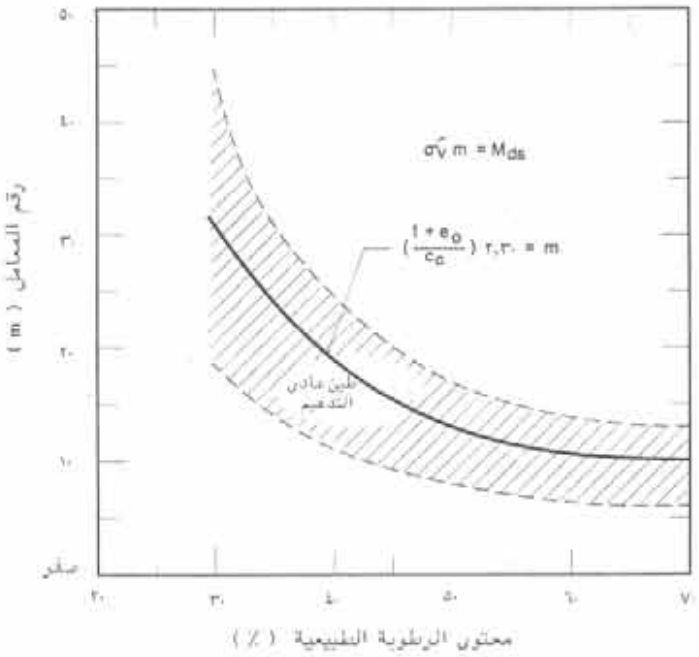
$$C_{ur} = PI / 370 \qquad (س-٢٢)$$

أما بالنسبة للتضاغط الثانوى فيمكن تعيين دليل الانضغاط $C_\alpha$ بدلالة المحتوى المائى للتربة من الشكل رقم (١٨) كما يمكن تعيين معامل الانضغاط المحصور Confined $M_{ds}$ Modulus, للتربة المتماسكة بدلالة المحتوى المائى من الشكل رقم (١٩).




شكل رقم (١٨) - العلاقة بين دليل الانضغاط الثانوى ($C_\alpha$) ومحتوى الرطوبة الطبيعية




شكل رقم ( ١٩ ) - العلاقة بين رقم معامل الانضغاط المحصور ومحتوى الرطوبة الطبيعية

س-٦ قيم نمطية لبعض خصائص الصخور

يبين الجدول رقم (١٣) قيم نمطية لبعض الخصائص المهمة للصخور .

**جدول رقم (١٣) قيم نمطية لبعض الخصائص الطبيعية والميكانيكية للصخور المختلفة**

| نوع الصخر | الكثافة الجافة (طن/سم$^٣$) | معامل المرونة (طن/سم$^٢$) | رقم بواسون | المسامية (%) | مقاومة الضغط (طن/سم$^٢$) | مقاومة الشد (كجم/سم$^٢$) | مقاومة الإنحناء (كجم/سم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جرانيت، جرانديورايت | ٢,٧٥-٢,٥ | ٧٠٠-٣٠٠ | ٨-٥ | ٢-٠,١ | ٢,٨-١,٢ | ٧٠-٤٠ | ١٠٠-٢٠٠ |
| جابرو | ٣,٠٥-٢,٩٢ | ١٠٠٠-٦٠٠ | ٨-٥ | ٥-٢ | ٢,٠-١,٥ | ٨٠-٥٠ | ١٠٠-٢٢٠ |
| رايوليت | ٢,٦٠-٢,٤٥ | ٢٠٠-١٠٠ | ١٠-٥ | ٤-٠,٤ | ١,٦-٠,٨ | ٩٠-٥٠ | ١٠٠-٢٢٠ |
| داسيت | ٢,٧٥-٢,٥٠ | ١٨٠-٨٠ | ١١-٥ | ٥-٠,٥ | ١,٦-٠,٨ | ٨٠-٣٠ | ٢٠٠-٩٠ |
| أنديسيت | ٢,٧٥-٢,٣٠ | ٣٥٠-١٢٠ | ٩-٥ | ٨-٠,٢ | ٣,٢-٠,٤ | ١١٠-٥٠ | ١٣٠-٢٥٠ |
| بازلت | ٣,٠٠-٢,٧٥ | ١٠٠٠-٢٠٠ | ٧-٥ | ١,٥-٠,٢ | ٤,٢-٠,٣ | ١٢٠-٦٠ | ١٤٠-٢٦٠ |
| دايبز | ٣,١٠-٢,٩٠ | ٩٠٠-٣٠٠ | ٨-٥ | ٠,٧-٠,٣ | ٢,٥-١,٢ | ١٣٠-٦٠ | ١٢٠-٢٦٠ |
| حجر بركاني | ٢,٢٠-١,٣٠ | | ١٠-٥ | ٣٥-٨ | ٠,٦٠-٠,٠٥ | ٤٥-٥ | ٨٠-٣٠ |
| صخور رسوبية حجر رملي | ٢,٥٠-٢,١٠ | ١٧٠-١٥٠ | ١٥-٨ | ٨-١ | ١,٢-٠,١ | ٦٠-١٥ | ٦٠-٤٠ |
| حجر جيري (ناعم) | ٢,٨٥-٢,٦٠ | ٨٠٠-٥٠٠ | ١٠-٥ | ٠,٨-٠,١ | ٢,٠-٠,٥ | ٧٠-٤٠ | ١٥٠-٥٠ |
| حجر جيري (خشن) | ٢,٣٠-١,٥٥ | - | ٨ | ١٦-٢ | ٠,٦٠-٠,٠٤ | ٣٥-١٠ | ٧٠-٢٥ |
| حجر جيري | ٢,٥٠-١,٥٥ | - | ١٥-٨ | ٦-١,٥ | ٢,٠-٠,٤ | ٥٠-١٥ | ٩٠-٣٠ |
| دلوميت | ٢,٧٠-٢,٢٠ | ٣٠٠-٢٠٠ | ١٢-٥ | ٤-٠,٢ | ٢,٠-٠,١٥ | ٦٠-٢٥ | ١٦٠-٤٠ |
| طفل طيني | ٢,٧٥-٢,٤٥ | - | - | ٠,٤-٠,٢ | - | - | ٣٠٠-٢٠٠ |
| صخور متحولة رخام | ٢,٧٥-٢,٦٥ | ٩٠٠-٦٠٠ | ٩-٥ | ٠,٥-٠,١ | ١,٨-٠,٥ | ٨٠-٥٠ | ١٢٠-٨٠ |
| نايس | ٢,٧٨-٢,٦٠ | ٦٠٠-٢٥٠ | ١١-٥ | ٥-١ | ٢,٥-٠,٨ | ٧٠-٤٠ | ٢٠٠-٨٠ |

س-٧ الخصائص الهيدروليكية للصخور

يمكن تقدير قيم تقريبية لمعامل النفاذية K للتربة والصخور من الجدول رقم (١٤)

جدول رقم (١٤) قيم تقريبية لمعامل النفاذية K للتربة والصخور

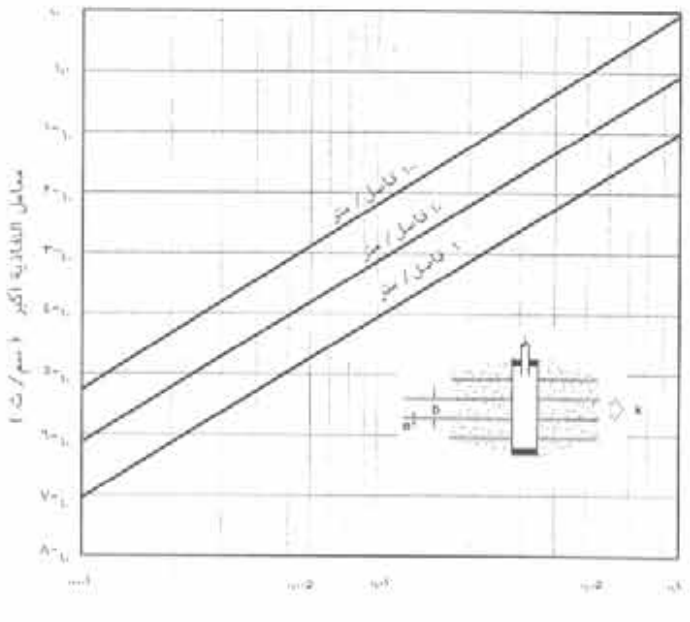
| تربة | صخر مهشم | صخر سليم | K سم/ث | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| طين متجانس أسفل منطقة التجوية | | سليت<br>دلوميت<br>جرانيت | $١٠^{-١٠}$<br>$١٠^{-٩}$<br>$١٠^{-٨}$<br>$١٠^{-٧}$ | حجر | غير منفذ عملياً |
| رمل ناعم جداً طمى عضوى أو غير عضوى، خليط من الرمل والطين، الترسيبات ذات الطبقات المتبادلة | فواصل ممتلئه بالطين | حجر رملى | $١٠^{-٦}$<br>$١٠^{-٥}$<br>$١٠^{-٤}$<br>$١٠^{-٣}$ | جيرى | تصريف ضعيف |
| رمل نظيف ، خليط من رمل وزلط نظيف<br>زلط نظيف | صخور ذات فواصل<br>صخور ذات فواصل مفتوحة<br>صخر مهشم | | $١٠^{-٢}$<br>$١٠^{-١}$<br>$١,٠$<br>$١٠$<br>$١٠^{٢}$ | | تصريف حر |

وفى حالة وجود مجموعة من الفواصل المتوازية بكتلة الصخر فإن معامل النفاذية فى اتجاه هذه الفواصل يمكن تقديره من الشكل رقم (٢٠).

## س – ٨ معاملات القص للصخور

### س – ٨– ١ أسطح الفواصل مستوية وملساء

يكون التماسك (c) للأسطح الناعمة المستوية للصخر السليم Intact Rock مساوياً للصفر وتكون زاوية مقاومة القص هى زاوية الاحتكاك ويمكن تقدير زاوية الاحتكاك بصفة أولية من الجدول رقم (١٥) ويجب مراعاة أن زاوية الاحتكاك الفعلية قد تتفاوت وتختلف طبقاً لظروف الموقع .




شكل رقم (٢٠) - تأثير مقدار عرض الفاصل والمسافة بين الفواصل على معامل النفاذية مقاسا في اتجاه مجموعة الفواصل التي يفترض انها فواصل ملساء ومتوازية

جدول رقم (١٥) قيم تقديرية لزاوية الاحتكاك لبعض أنواع الصخور

| صخور ذات زاوية احتكاك منخفضة (٢٠ – ٢٧) درجة | صخور ذات زاوية احتكاك متوسطة (٢٧ – ٣٤) درجة | صخور ذات زاوية احتكاك عالية (٣٤ – ٤٠) درجة |
|---|---|---|
| - شيست ذو محتوى ميكا على<br>- شيل (صخر طيني)<br>- مارل | حجر رملي<br>حجر طميي<br>طباشير<br>نايس<br>سليت | بازلت<br>جرانيت<br>حجر جيري<br>كونجلوميريت |

**س – ٨– ٢ سطح الفواصل خشنة وغير مستوية**

كل الصخور الطبيعية لها أسطح خشنة وغير مستوية بدرجات مختلفة ويطلق على هذه الخشونة وعدم الاستواء اسم نتوات . وتتسبب هذه النتوات فى حدوث تعشيق Interlocking بين الأسطح قد يؤدى إلى زيادة مقاومة القص كثيراً ، ويمكن التعبير عن مقاومة القص لسطح ذى نتوات بالمعادلة التالية :

$$\tau = \sigma \tan (\phi + i) \qquad (س-٢١)$$

حيث ( i ) تسمى زاوية الخشونة وتعبر عن ميل سطح النتوء ، ويمكن أن يحدث قص لهذه النتوات خاصة عند حدوث إزاحة قص كبيرة تحت تأثير ضغوط عالية كما هو مبين فى الشكل رقم (٢١).

ويمكن حساب مقاومة القص من خلال المعادلة التالية :

$$\tau = \sigma \tan (\phi + JRC \log_{10} \sigma_j / \sigma) \qquad (س-٢٢)$$

حيث :

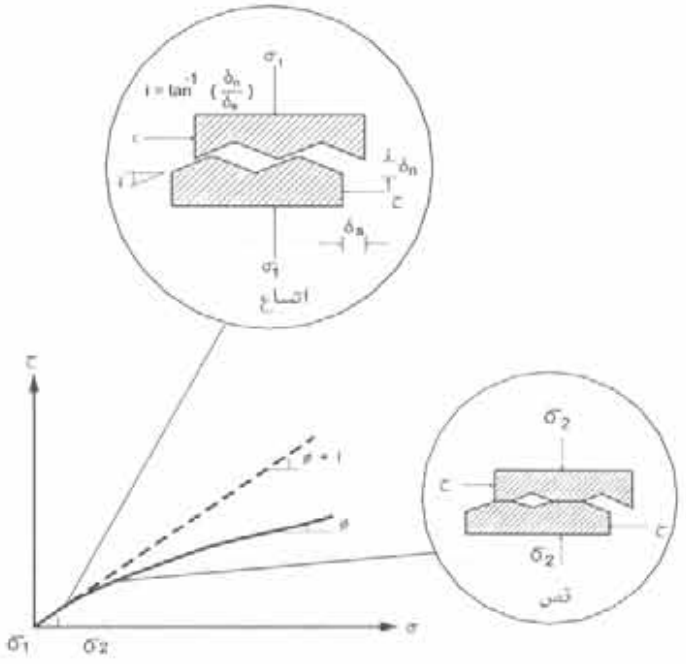
JRC = معامل خشونة السطح ، ويمكن تقدير قيمته بالاستعانة بالشكل رقم (٢٢)

$\sigma_j$ = إجهاد الكسر للصخر على سطح الانهيار

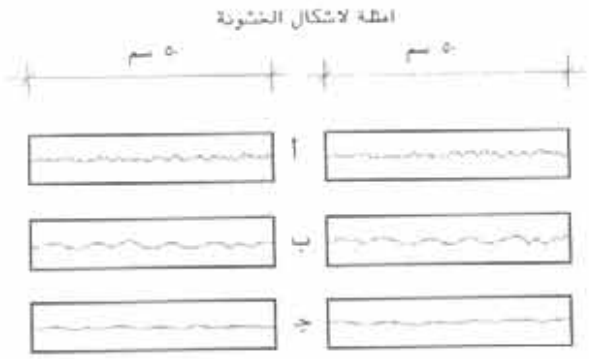
$\sigma$ = الإجهاد المتعامد على سطح الإنهيار

ويلاحظ أن قيمة ($JRC \log_{10} \sigma_j / \sigma$) تكافئ زاوية الخشونة ( i ) ، وتكون مساوية للصفر عند الإجهادات العالية عندما تكون $\sigma_j / \sigma = ١$ ويتم قص النتوءات .

عند الإجهاد المنخفضة تكون قيمة ($\sigma_j / \sigma$) عالية جداً إلا أن قيمة ($\phi / i$) يجب ألا تتعدى ٥٠ درجة وتؤخذ قيمة ($\sigma_j / \sigma$) من ٣ إلى ١٠٠ .




شكل رقم ( ٢١ ) - تأثير خشونة السطح والاجهاد العمودى على زاوية الاحتكاك للسطح المتعرج




أ- تموج خشن - فواصل شد - غطاء خشن - فرش خشن- (JRC) = ٢٠
ب- تموج املس - فرش املس - تثنيات غيرمسطحه - فرش متموج - (JRC) = ١٠
جـ- املس - شبه مسطح - فواصل قص مسطحه - تثنيات مسطحه - فرش مسطح - (JRC) = ٥

شكل رقم (٢٢) تعريف معامل خشونة المفصلة(JRC)

س – ٨– ٣ معاملات

**القص بدلالة خصائص الكتلة الصخرية :**

فى حالة غياب معلومات وافية ونتائج اختبارات حقلية أو معملية فإنه يمكن الاسترشـــاد بـــالقيم الـــواردة بالجدول رقم (١٦).

**جدول رقم (١٦) قيم استرشادية لمعاملات القص بدلالة معامل جودة الصخر RQD**

| معامل جودة الصخر RQD | زاوية الإحتكاك $\phi$ | التماسك C | إجهاد الكسر |
|---|---|---|---|
| صفر – ٧٠ % | ٣٠ درجة | $q_u$ ٠,١ | $q_u$ ٠,٣٣ |
| ٧٠ % – ١٠٠ % | ٣٠ – ٦٠ درجة | $q_u$ ٠,١ | $q_u$ (٠,٣٣ – ٠,٨٠) |

حيث $q_u$ = إجهاد الكسر للعينة

كما يمكن الحصول على قيم أكثر دقة لمعاملات القص بطريقة هوك وبراون التى تأخذ فى الاعتبار عدم خطية غلاف الانهيار . وتتطلب هذه الطريقة توفر المعلومات اللازمة لتحديد معاملات تصنيف الكتلة الصخرية RMR وبالتالى تحديد المعاملات الوصفية m , s من الجدول رقم (١٧) وذلك باستخدام المعاملات التالية :

$$\phi_i = \tan^{-1}\left\{\frac{1}{4h\cos^2\theta - 1^{1/2}}\right\} \qquad (س-٢٣)$$

$$h = 1 + \left\{\frac{16 + (m\sigma' + sq_u}{3m^2 q_u}\right\} \qquad (س-٢٤)$$

$$\theta = 1/3\left\{90 + \tan^{1}\frac{1}{(h^3 - 1)^{1/2}}\right\} \qquad (س-٢٥)$$

$$c' = \tau - \sigma' \tan \phi'_i$$ (س-٢٦)

حيث :

$$\tau = (\cot \phi'_i - \cos \phi'_i)\, m\, q_u/8$$

ومن ذلك ويمكن استخدام $\phi'$ و $c'$ فى الحسابات المختلفة مثل قدرة التحمل أو ثبات الميول أو غيرها.

جدول رقم (١٧)

| Empirical failure Criterion عن طريقة وضعية لتقدير ظاهرة الإنهيار $i = \bar{\sigma}3 + \sqrt{mq_u \bar{\sigma}3 + sq_u^2}$ الإجهاد الفعال الرئيسى الأكبر = i الإجهاد الفعال الرئيسى الأصغر = i الضغط غير المحاط للصخر السليم = $q_u$ ثوابت وضعية = m ، s | | صخور كروبناتية ذات بللورات واضحة وإنقصامات (دولوميت حجر جيرى رخام) | صخر طينى متحجر به انقصامات عادية (صخر طينى صخر طميى صخر اردواز) | صخور رملية بها بللورات قوية، وضعيفة الانقصامات (حجر رملى كوارتزيت) | صخور نارية دقيقة الحبيبات ومتعددة المعادن (أنديزيت دلووريت ديابيز ديوليت) | صخور نارية الحبيبات ومتعدد المعادن (أمفيبوليت، جابرو نايس، جرانيت نوريت كوارتزديور ي) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عينات صخر سليم | m | ٧,٠ | ١٠,٠ | ١٥,٠ | ١٧,٠ | ٥,٠ |
| عينة معملية خالية من مستويات عدم الإتصال<br>CSIR rating:RMR=100<br>NGI rating:Q=500 | s | ١,٠ | ١,٠ | ١,٠ | ١,٠ | ١,٠ |
| كتل صخرية عالية الجودة | m | ٢,٤٠ | ٣,٤٣ | ٥,١٤ | ٥,٨٢ | ٠,٥٦ |
| صخر متماسك وبه فواصل غير مجواة ذات مسافات بينية من ١,٠ إلى ٣,٠ م<br>CSIR rating:RMR=85<br>NGI rating:Q=100 | s | ٠,٠٨٢ | ٠,٠٨٢ | ٠,٠٨٢ | ٠,٠٨٢ | ٠,٠٨٢ |
| كتل صخرية جيدة | m | ٠,٥٧٥ | ٠,٨٢١ | ١,٢٣١ | ١,٣٩٥ | ٠,٠٥٢ |
| صخر عديم أو قليل التجوية متأثر بفواصل ذات مسافات بينية من ١,٠ إلى ٣,٠ م<br>CSIR rating:RMR=65<br>NGI rating:Q=10 | s | ٠,٠٠٢٩٣ | ٠,٠٠٢٩٣ | ٠,٠٠٢٩٣ | ٠,٠٠٢٩٣ | ٠,٠٠٢٩٣ |
| كتل صخرية متوسطة | m | ٠,١٢٨ | ٠,١٨٣ | ٠,٢٧٥ | ٠,٣١١ | ٠,٤٥٨ |
| العديد من مستويات الفواصل متوسطة التجوية وذات مسافات بينية من ٠,٣ إلى ١,٠ م<br>CSIR rating:RMR=44<br>NGI rating:Q=1 | s | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ |

تابع جدول رقم (١٧)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| كتل صخرية منخفضة الجودة | m | ٠,٠٢٩ | ٠,٠٤١ | ٠,٠٦١ | ٠,٠٦٩ | ٠,١٠٢ |
| العديد من مستويات الفواصل المجواتة وذات مفاسات بينية من ٣ إلى ٥ م<br>CSIR rating:RMR=23<br>NGI rating:Q=0.1 | s | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ |
| كتل صخرية منخفضة الجودة جداً | m | ٠,٠٠٧ | ٠,٠١٠ | ٠,٠١٥ | ٠,٠١٧ | ٠,٠٢٥ |
| العديد من مستويات الفواصل المجواة وذات مفاسات بينية أقل من ٥,٠ سم وممتلئة ركام صخرى ومواد ناعمة<br>CSIR rating:RMR=3<br>NGI rating:Q=0.01 | s | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>١ | ٠,٠٠٠٠٠٠<br>١ |

* CSIR Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
* NGI Norway Geotechnical Institute

**س – ٩ معاملات الانضغاط للصخور :**

توجد عدة علاقات يتم استنباطها لتقدير قيم معامل التشكل (Deformation Modulus) للكتل الصخرية من الاختبارات البسيطة وطرق التصنيف الهندسى الشائعة للصخور . ومن هذه العلاقات ما يلى :

س – ٩– ١ بدلالة معامل جودة الصخر RQD

$$E_d = \{ 0.0231\ RQD - 0.32 \}\ E_{t50}\ ;\ GPa \qquad (س-٢٧)$$

حيث :

$E_{t50}$ = المعامل المماس المحدد معملياً عند ٥٠ % من قيمة مقاومة الضغط غير المحصور وهذه المعادلة غير صالحة فى حالة ما تكون RQD أقل من ٦٠ %

تابع جدول رقم (١٧)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| كتل صخرية منخفضة الجودة | m | ٠,٠٢٩ | ٠,٠٤١ | ٠,٠٦١ | ٠,٠٦٩ | ٠,١٠٢ |
| العديد من مستويات الفواصل المجواتة وذات مفاسات بينية من ٣ إلى ٥ م<br>CSIR rating:RMR=23<br>NGI rating:Q=0.1 | s | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ | ٠,٠٠٠٠٩ |
| كتل صخرية منخفضة الجودة جداً | m | ٠,٠٠٧ | ٠,٠١٠ | ٠,٠١٥ | ٠,٠١٧ | ٠,٠٢٥ |
| العديد من مستويات الفواصل المجواة وذات مفاسات بينية أقل من ٥,٠ سم وممتلئة ركام صخرى ومواد ناعمة<br>CSIR rating:RMR=3<br>NGI rating:Q=0.01 | s | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>٠١ | ٠,٠٠٠٠٠<br>١ | ٠,٠٠٠٠٠٠<br>١ |

* CSIR Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
* NGI Norway Geotechnical Institute

**س – ٩ معاملات الانضغاط للصخور :**

توجد عدة علاقات يتم استنباطها لتقدير قيم معامل التشكل (Deformation Modulus) للكتل الصخرية من الاختبارات البسيطة وطرق التصنيف الهندسى الشائعة للصخور . ومن هذه العلاقات ما يلى :

س – ٩– ١ بدلالة معامل جودة الصخر RQD

$$E_d = \{ 0.0231\ RQD - 0.32 \}\ E_{t50}\ ;\ GPa \qquad (س-٢٧)$$

حيث :

$E_{t50}$ = المعامل المماس المحدد معملياً عند ٥٠ % من قيمة مقاومة الضغط غير المحصور وهذه المعادلة غير صالحة فى حالة ما تكون RQD أقل من ٦٠ %

$$E_d = 10\,(RMR - 10) / 40 \quad ; \quad GPa \qquad (س-٢٨)$$

وهذه العلاقة مبنية أساساً على قيم لمعامل التشكل تم قياسها فى الموقع بواسطة اختبار لوح التحميل Plate Loading Test وتم ربطها بقيم RMR تراوحت بين ٢٥ و ٨٥ .

**س-٩-٣ بدلالة معامل المرونة للصخر السليم وخصائص المواد المالئة للفواصل :**

$$1 / E_m = 1 / E_r + 1 / K_n S \qquad (س-٢٩)$$

حيث :

$E_m$ = معامل المرونة للكتلة الصخرية

$E_r$ = معامل المرونة للصخر السليم

$k_n$ = الجساءة العمودية Normal Stiffness للمواد المالئة

$S$ = المسافة بين الفواصل

**س - ١٠ الخواص الديناميكية لبعض أنواع التربة والصخور**

**س-١٠-١ الذبذبة الطبيعية Natural Frequency**

يمكن تحديد الذبذبة الطبيعية لبعض أنواع التربة من الجدول رقم (١٨).

**جدول رقم (١٨) قيم تقريبية للذبذبة الطبيعية لبعض أنواع التربة**

| نوع التربة | الذبذبة الطبيعية (Hz) |
|---|---|
| طين ضعيف جداً | ١٠ |
| طين لين أو ضعيف | ١٢ |
| طين متوسط | ١٥ |
| طين صلب | ١٩ |
| مواد عضوية | ١١ |
| رمل مشبع بالماء | ١٥ |
| طبقات متبادلة من الرمل والمواد العضوية | ١٧ |
| حجر جيرى | ٣٠ |

من الجدول رقم (١٩) التالى يمكن تحديد القيم التقريبية لمعامل الاضمحلال لبعض أنواع التربة .

**جدول رقم (١٩) قيم تقريبية لمعامل الاضمحلال لبعض أنواع التربة**

| نوع التربة | الذبذبة الطبيعية (Hz) |
|---|---|
| رمل ناعم مشبع | ٠,١٠ |
| رمل مشبع مع تداخلات من الطمى والمواد العضوية | ٠,٠٤ |
| رمل طينى فوق منسوب المياه الأرضية | ٠,٠٤ |
| طين جامد مع بعض الرمل والطمى | ٠,٠٤ – ٠,٠٢ |
| مارل | ٠,١٠ |
| تربة انهيارية | ٠,١٠ |

## س-١٠-٣ حساب القيمة القصوى لمعاير القص ($G_{max.}$)

يمكن حساب القيمة لمعاير القص ($G_{max.}$) للتربة تحت الأساسات كما يلى :

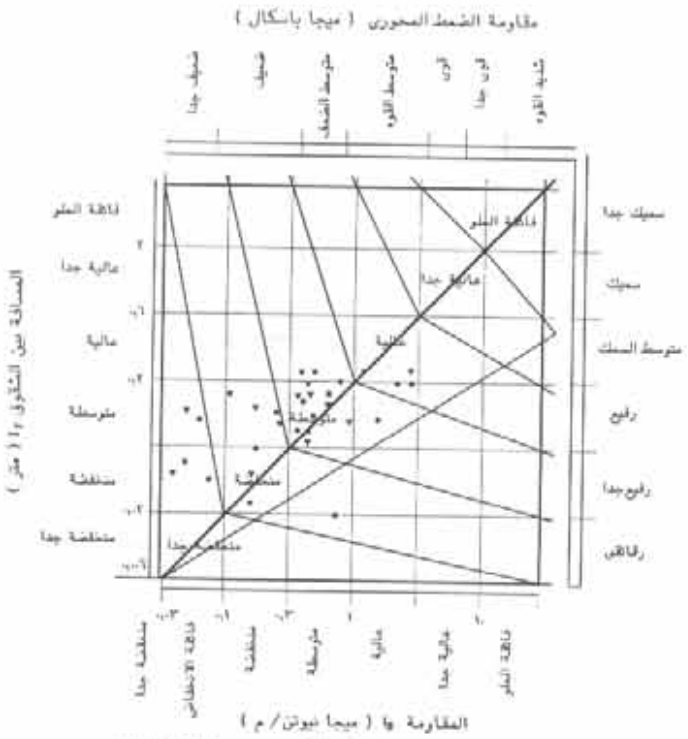
$$G_{max.} = 625 \frac{OCR^{\mu}}{0.3 + 0.7e^2} \sqrt{P_a \sigma'_o} \qquad (س-٣٠)$$

حيث :

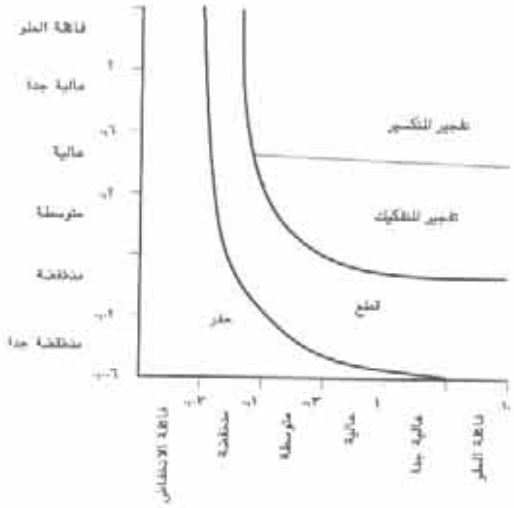
Pa = الضغط الجوى بنفس وحدات عبء التربة الفعال

$\sigma'_o$ = عبء التربة الفعال

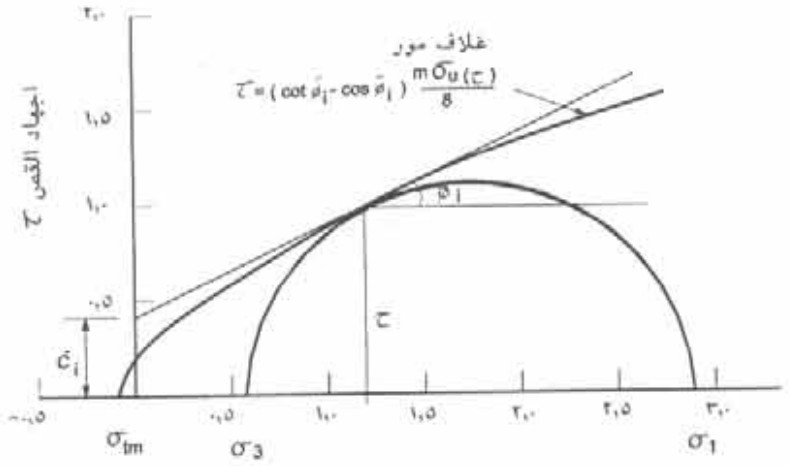
$\mu$ = دالة فى معاير اللدونة ($I_p$) كما يلى




شكل رقم (٢٣- أ) ـ تصنيف عام للصخور وقابليتها للحفر




شكل رقم ( ٢٣- ب ) - تصنيف مرادف للصخور




الاجهاد العمودى الفعال $\sigma'$

كل رقم (٢٤) - غلاف مور غير الخطى لمقاومة القص الخاصة بكتل الصخر المهشمة

جدول رقم (٢٠) العلاقة بين المعامل μ ومعاير اللدونة (IP)

| μ | IP |
|---|---|
| ٠,١٠ | ١٠ |
| ٠,٢٥ | ٣٠ |
| ٠,٣٧ | ٥٠ |
| ٠,٤٤ | ٧٠ |
| ٠,٤٩ | ٩٠ |
| ٠,٥٠ | ١٠٠ |

## ملحق رقم (٢)
## احتياطات خاصة بالتصميم والتنفيذ

**مقدمة :**

فى الأجزاء المختلفة من الكود توضيح شامل ومفصل للاحتياطات الخاصة بالتصميم والتنفيذ. وفى هذا الجزء كملحق للدليل الاسترشادى تم تسليط الضوء بإيجاز على بعض هذه الاحتياطات التى يُرى أن الرجوع اليها ضرورى فى مرحلتى التصميم والتنفيذ. كما يحتوى هذا الملحق أيضاً على مزيد من الاحتياطات المكتسبة من الخبرة العملية التى تفيد العاملين فى مجال التصميم والتنفيذ.

**أولاً : احتياطات عامة**

١ - يجب التأكد من أن دراسة وأستكشاف الموقع قد تمت طبقاً للكود المصرى من حيث عدد الجسات وأعماقها والتجارب الحقلية والمعملية.

٢ - للمبانى العامة والمنشآت المختلفة وكذا المبانى التى يشترك فى إنشائها جهات مختلفة فإنه يجب عمل محضر استلام للموقع يدون به اليوم والتاريخ والساعة والسادة الحاضرون والجهات التى يمثلونها.

٣ - يجب تعيين حدود الموقع جيدا وربط هذه الحدود بنقاط ثابته يسهل إعادة تحديدها، كما يجب تحديد نقطتين بالموقع معلومتي الإحداثيات أو تحديد محورين متعامدين من محاور المبنى والتأكد أن قطعة الأرض المسلمة تستوعب المبانى التى ستقام داخل حدودها.

٤ - يجب تحديد منسوب الصفر ( أو أى منسوب آخر ) والذى سيرجع إليه لربط مناسيب المبنى وتثبيته جيدا وعمل نقط مناسيب مساعدة للرجوع إليها فى حالة تلف النقطة الأساسية.

٥ - يجب تحديد منسوب المياه الأرضية بالموقع وعلاقتها بمنسوب أساسات المشروع.

٦ - يجب الإتفاق على الدورة المستندية التى ستتبع طوال مدة المشروع لجميع مراحل أعمال التنفيذ وتحديد السادة المهندسين المخول لهم سلطات التوقيع سواء قبل الشروع فى تنفيذ مختلف المراحل أو عند إستلام الأعمال بعد التنفيذ.

٧ - يجب تحديد بداية ونهاية ساعات العمل اليومية بالمشروع وما يتبع فى حالة الإضطرار لإستمرار العمل بعد مواعيد العمل المحددة.

٨ - يجب توقيع حدود أى منشآت مجاورة وبعدها عن حدود المبنى المزمع إنشاؤه وتوضيحها على كروكى الموقع.

٩ - يجب توضيح نوعية المنشآت المجاورة وعدد أدوارها وحالتها بناء على معاينة على الطبيعة مدعمة بصور فوتوغرافية إذا دعت الحاجة.

١٠ - يجب تحديد منسوب الأساسات لأى منشآت مجاورة ونوعها.

١١ - يلزم تجميع كل البيانات الممكنة أثناء إستكشاف الموقع وتشتمل على الدراسات الجيولوجية والبيئية والخرائط والصور الجوية وسجل إستخدام الموقع.

١٢ - يلزم اتخاذ الاحتياطات التى تؤمن سلامة الأشخاص والمنشآت فى الموقع مثل سند جوانب الحفر بالطرق الآمنة السليمة وكذلك الاحتياطات ضد الحوادث الناتجة من نقل المواد فى الموقع بطرق غير سليمة أو إمكانية حدوث حرائق أو انفجارات.

١٣ - يلزم اتخاذ الاحتياطات عند تصميم الأعمال المؤقتة وتنفيذها الجيد مثل الشدادات وخلافه، وإتباع قواعد وتعليمات الدفاع المدنى

**ثانياً : احتياطات خاصة:**

**١ دراسة الموقع**

**١/١ إستطلاع الموقع**

١ - يجب تحديد السمات الجيولوجية العامة للموقع وأنواع الصخور والترسيبات السطحية من الخرائط الجيولوجية أو البيانات السابقة لتحديد طريقة استكشاف التربة .

٢ - يلزم أن يتم جمع المعلومات المتاحة من المقيمين بمنطقة الدراسة أو من أعمال الحفر أو الجسات أو الدراسات التى سبق تنفيذها بالموقع أو المناطق المجاورة .

٣ - يجب تحديد المشاكل التى قد تواجه أعمال تنفيذ المشروع .

٤ - يجب أن يتم إستلام الموقع بمحضر قبل البدء فى أعمال الجسات .

٥ - يجب استيفاء النماذج المرفقة : نموذج (أ) يرشد الى البيانات المطلوب إستيفاؤها من قبل مهندس الموقع المسئول عن الأعمال الحقلية ، نموذج (ب) يرشد الى البيانات المطلوب إستيفاؤها من قبل الفنى المشرف على أعمال تنفيذ الجسات .

**٢/١ إستكشاف التربة**

١ - بالنسبة للجسات والحفر المكشوفة يجب تصنيف التربة والصخور أثناء عمل الجسات بالموقع وتسجيل البيانات الخاصة بتكوينات التربة وطبقاتها ونوع العينات ونتائج الإختبارات الحقلية . واذا تبين أن إستخراج عينات التربة والصخور لا يتم بكفاءة مناسبة يجب إخطار المهندس المسئول لمراجعة طريقة عمل الجسات او استخراج العينات .

٢ - بالنسبة لاستخلاص العينات غير المقلقلة من الجسات أو الحفر المكشوفة يجب التأكد من إستيفاء أطوال العينات ومقاسات أجهزة أخذ العينات للاشتراطات الواردة بالكود .

## نموذج (أ) : قائمة للإسترشاد الى البيانات

## المطلوب إستيفائها من مهندس الموقع المسئول عن أعمال الجسات

(١) محضر استلام الموقع:

(١-أ) اسم المشروع - الجهة المالكة - الشركة المنفذة للأعمال الحقلية

(١-ب) وصف مكان المشروع شاملا أسماء الشوارع أو العلامات المميزة القريبة منه (مجاري مائية- أنفاق- سكة حديد ...)

(١-ج) وصف عام لطبوغرافية الموقع وتحديد موقعه على الخريطة المساحية ومنسوب الأرض الطبيعية بالنسبة للطرق المحيطة به

(١-د) هل الموقع حديث أم تم استخدامه سابقا (مبنى قديم - تشوينات- ورش ....)

(١-هـ) خريطة توضح كيفية الوصول للموقع

(٢) كروكي الموقع العام:

(٢-أ) مسقط أفقي للموقع العام موضحا عليه اتجاه الشمال

(٢-ب) تحديد حدود الأرض المقام عليها المشروع وقياس أبعادها

(٢-ج) توقيع أماكن الجسات وجميع النقاط المطلوب عمل اختبارات حقلية عندها بقياس أبعادها بالنسبة لحدود الموقع .

(٢-د) استطلاع الموقع العام و ملاحظة المباني المحيطة بالموقع وتسجيل نوعيتها وعدد أدوارها وحالتها العامة

(٣) أعمال الرفع المساحي:

(٣-أ) الإحداثيات المساحية للموقع واختلاف مناسيب الأرض الطبيعية بالموقع

(٣-ب) قياس أي أبعاد مطلوبة بالموقع

(٣-ج) أعمال رفع مناسيب الأرض الطبيعية وتسجيل فرق المناسيب لمواقع الجسات (إذا لزم الأمر)

(٤) الأعمال المطلوب تنفيذها بالموقع:

(٤-أ) الجسات (ميكانيكي- يدوي)

(٤-ب) الاختبارات الحقلية

(٤-ج) الحفر الاستكشافية

(٤-د) الكشف على الأساسات

(٤-هـ) أى أعمال أخرى

## نموذج (ب) : قائمة للإسترشاد الى البيانات

## المطلوب إستيفائها من الفني المشرف على مقاول الجسات

(١) كروكي الموقع العام شامل الأعمال المنفذة فعليا :

(١-أ) الأماكن الفعلية للجسات وأعماقها (محددة بالأبعاد)

(١-ب) أماكن تنفيذ الاختبارات الحقلية وتوصيفها (محددة بالأبعاد)

(١-ج) أماكن الحفر الاستكشافية أو الترانشات و عددها و أعماقها (محددة بالأبعاد)

(٢) قطاعات الجسات :

(٢-أ) تاريخ بداية ونهاية الجسة – اسم المشرف- نوع المعدة المستخدمة- قطر الجسة- نوع سائل الحفر- نوع القاطع المستخدم في حالة الصخر – نوع أداة أخذ العينات (Shelby - Mazier)

(٢-ب) منسوب المياه الجوفية فور ظهورها أثناء تنفيذ الجسات وبعد ٢٤ ساعة من رفع المواسير

(٢-جـ) توصيف طبقات التربة: تحديد عمق بداية ونهاية الطبقات المختلفة

(٢-د) أرقام العينات و عمقها-وضع إشارة توضح اتجاه السطح العلوي للعينات المشمعة- نوعية أخذة العينات- نتائج اختبار SPT – نتائج اختبار الغز الجيبي

(٣) نتائج الاختبارات الحقلية ونقاط الكشف:

(٣-أ) جداول توضح أماكن ونتائج الاختبارات المنفذة

(٣-ب) توصيف نتائج نقط الكشف حول الأساسات ورسم مسقط أفقي موضح عليه الأبعاد والعمق

(٣-ج) توصيف نتائج الحفر الاستكشافية أو الترنشات ورسم مسقط أفقي موضح عليه الأبعاد والعمق

(٤) ملاحظات أثناء التنفيذ:

(٤-أ) الإشراف على تشميع العينات بطريقة سليمة والتأكد من أن أحجامها مناسبة

(٤-ب) التأكد من إضافة الماء بالمواسير للمنسوب الذي يمنع حدوث فوران أثناء إجراء الاختبارات

(٤-ج) في حالة حدوث فوران للتربة يتم تسجيل المنسوب وارتفاع الفوارة

(٤-د) حدوث مناعة في الاختراق

(٤-هـ) ارتفاع منسوب المياه الأرضية

(٤-و) حدوث تهريب في سائل الحفر

(٤-ز) سرعة ماكينة اختراق الصخر وتسجيل زمن الاختراق

(٤-ح) زمن توقف العمل أثناء التنفيذ وسببه

(٤-ط) أي ملاحظات أخرى

٣ - يجب متابعة عملية تنفيذ الجسات بصفة مستمرة للتأكد من عدم تهبيل التربة، كما يجب ملاحظة تغير القوة الدافعة لمواسير الحفر بما قد يؤثر على طريقة أخذ العينات .

٤ - يجب تشميع العينات غير المقلقلة جيداً فور إستخراجها سواء من الجسات أو الحفر المكشوفة وتدون جميع البيانات على العينات بمجرد إستخراجها .

٥ - يجب عمل الترتيبات اللازمة لحفظ العينات بالموقع ونقلها بحيث تصل الى المعمل بحالة جيدة .

٦ - يجب ردم الحفر بمجرد الإنتهاء من الأعمال الحقلية وقبل مغادرة الموقع .

### ٣/١ إختبارات الموقع

١ - فى حالة ملاحظة عدم ملاءمة الإختبار الحقلى لنوع التربة التى يجرى عليها الإختبار يجب اخطار المهندس المسئول فورا .

٢ - يجب التأكد من أن أجهزة القياس معايرة قبل إجراء الإختبار أو بعده مباشرة .

٣ - عند إجراء إختبار الإختراق القياسى يجب ألا تتعدى أدوات الحفر بالجسة المنسوب الذى سيبدأ عنده إجراء الاختبار .

٤ - يجب قبل إجراء إختبار الإختراق بالمخروط الديناميكى إزالة الردم فى حالة وجود ردم سطحى بالموقع .

٥ - فى حالة ملاحظة عدم ملاءمة إختبار الإختراق بالمخروط الديناميكى لنوع التربة المختبرة يخطر المهندس المسئول لتعديل نوع الإختبار من الخفيف الى المتوسط الى الثقيل .

٦ - عند إجراء إختبار المخروط الإستاتيكى (المخروط الهولندى) يجب إهمال القراءات الأولى المسجلة من منسوب بداية الإختبار وحتى عمق يساوى ٣ مرات قطر الجسة .

٧ - يجب إيقاف إختبار المخروط الكهربائى فورا عند حدوث أى عرقلة ميكانيكية أثناء الإستخدام المستمر للمقدمة التلسكوبية .

٨ - يجب ملاحظة أن عمل الحفرة جزء أساسى ومهم من إختبار مقياس الضغط (Pressure Meter) وتؤثر جودة عمل الحفرة تأثيراً كبيراً على دقة النتائج وصحتها . ويجب مراجعة كافة الإشتراطات الواردة بالكود لضمان سلامة إجراء الإختبار.

٩ - فى إختبار الديلاتومتر تتم معايرة الجهاز فى الهواء قبل إجراء الإختبار وتحديد قيمة الضغط اللازم للمحافظة على الغشاء الدائرى وهو حر فى الهواء ملامساً للجزء المسطح بالشفرة.

١٠ - فى اختبار التحميل باللوح يجب قبل وضع اللوح وإجراء الإختبار فى الموقع إزالة ٠ر٣٠ م من التربة فى مكان التجربة باتساع لا يقل عن خمسة أمثال قطر أو ضلع اللوح . ويجب إستعمال عدد كافى من مقاييس الإنفعال (لا تقل عن ثلاثة) لقياس قيمة الهبوط . واذا تعرض اللوح اثناء الإختبار للإنحراف أو الإنحناء عند تحميله يلغى الإختبار ويعاد بمكان آخر حسب تعليمات المهندس المسئول.

١١ - يجب ألا ينقضى زمن طويل بين الحفر وبين إجراء إختبار التحميل باللوح مع حماية الحفرة من الأمطار ومن تغير المحتوى المائى للتربة .

١٢ - في إختبار نفاذية التربة فى الموقع يلزم مراقبة ثبات قاع الجسة والتأكد من عدم تكون أى ترسيبات أو فوران فى قاع الحفر أثناء فترة الإختبار . ويجب ملاحظة أن الطبقة الأكثر نعومة فى حالة التربة ذات الطبقات المتبادلة قد تعمل على سد الفتحات عند الطبقة الأكثر خشونة مما قد يؤثر على النتائج .

١٣ - فى حالة عدم تلامس القضبان مع الماسورة فى إختبار المروحة بالموقع يجب عمل إختبار إحتكاك مرة واحدة على الأقل لتعيين قيمة إحتكاك الكراسى . وفى حالة تلامس قضبان الإلتواء مع التربة يجب تحديد قيم الإحتكاك بينهما .

١٤ - يجب أن تكون قضبان المروحة ذات جساءة كافية حتى لا تلتوى فى حالة التحميل الكامل ، فإذا حدث ذلك يسجل لعمل التصحيح اللازم عند توقيع العلاقة بين الألتواء والدوران . ويجب سند القضبان رأسياً بحيث لاتسقط المروحة فجأة الى أسفل أثناء الإختبار ، وفى نفس الوقت يسمح للقضبان بالدوران بحرية تامة . ويجب وضع ماسورة مناسبة فى الجزء العلوى للحفرة فى حالة عدم إستخدام مواسير حفر وذلك لسند جميع أجزاء الجهاز .

١٥ - يجب عدم هز الرمل المستخدم فى تجربة الكثافة بالموقع، ويجب ألا يكون هناك فاصل زمنى كبير بين حساب كثافة الرمل فى المعمل ووقت إستخدامه فى الموقع .

### ٤/١ أجهزة القياس الحقلية

١ - بالنسبة للطرق الجيوفيزيقية يجب متابعة طريقة الفحص الجيوفيزيقى بالموقع للتأكد من ملاءمتها لطبيعة الموقع والظروف المحيطة وتكوين التربة .

٢ - بالنسبة لقياس مناسيب المياه الجوفية يجب التأكد من ملاءمة نوع البيزومتر لطبيعة التربة .

٣ - بالنسبة للدراسات الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات يجب تحديد الأماكن المستخرج منها عينات المياه الأرضية أو التربة فى تقرير حقلى يتم فيه تسجيل الفحص الظاهرى للون ورائحة المواد المستخرجة . ويجب ملاحظة ضرورة أخذ عينات من التربة عند نفس مستوى منسوب عينة المياه الأرضية لإجراء التحليل الكيميائى على كل من عينة التربة والمياه .

### ٥/١ المتطلبات التى يلزم تحقيقها فى تقرير دراسة التربة والأساسات لأعمال المنشآت الأرضية

١ - يراعى ملء النموذج (ج) الذى يرشد الى البيانات المطلوب إستيفاؤها فى تقرير دراسة التربة والأساسات .

## ٢ الإختبارات المعملية

### ١/٢ فيما يختص بالعاملين

١ - يجب أن يكون عدد الأفراد المكلفين بإجراء الإختبارات كافياً ولديهم درجة مناسبة من التعليم والتدريب والمعرفة الفنية والخبرة الضرورية لأداء المهام المسندة إليهم .

٢ - يجب أن يتم تحديث تدريب العاملين بالمعمل بصفة مستمرة .

### ٢/٢ فيما يختص بمبنى المعمل والبيئة المحيطة

١ – يجب ألا تكون البيئة المحيطة بنشاطات العمل ذات تأثير سلبي على دقة القياسات المطلوبة .

٢ – يجب أخذ الاعتبارات الكافية لتحقيق متطلبات الأمان اللازمة للأفراد .

٣ – يجب أخذ الاعتبارات الكافية لضمان تأمين التجهيزات وتدبير الخدمات للمعمل، والمحافظة على ثبات درجة الحرارة والرطوبة ويفضل أن يكون المعمل مكيفاً .

٤ – يجب أن يكون هناك فصل تام بين أجزاء المعمل ذات الأنشطة المختلفة جوهرياً. ويجب أن يكون المعمل ذو أرضية ثابتة وغير معرض للاهتزازات أو تراكم الأتربة .

٥ – يجب توفير مخزن رطب بدرجة مناسبة لحفظ العينات .

٦ – يجب عدم التعرض للأبخرة الضارة المتصاعدة من الاختبارات بصفة عامة .

٧ – يجب عدم التعرض للغبار الناتج عن تسوية أو تجليخ العينة أثناء تحضير عينات التربة الصخرية .

### ٣/٢ فيما يختص بالأجهزة

١ – جب أن تكون الأدوات والأجهزة المستخدمة فى الاختبارات أو تجهيز العينات نظيفة بصفة مستمرة وفى حالة جيدة .

٢ – جب أن تتم المعايرة الدورية لأجهزة القياس وماكينات الاختبار وتدوين تاريخ ومكان المعايرة والقائم بالمعايرة .

٣ – معايرة الموازين المستخدمة دورياً .

٤ – يجب التأكد الدوري من سلامة وكفاءة الأفران .

## نموذج (ج) : قائمة للإسترشاد الى البيانات المطلوب إستيفائها في تقرير دراسة التربة والأساسات أعمال المنشآت الأرضية

| | |
|---|---|
| (١) بيانات عامة عن المشروع : | |
| (١-أ) اسم المشروع | |
| (١-ب) اسم الجهة المالكة للمشروع | |
| (١-ج) بيانات الشركة المنفذة (المقاول) للأعمال الحقلية | |
| (١-د) بيانات المعمل أو الجهة المنفذة للتجارب الجيوفيزيقية و التجارب المعملية | |
| (١-هـ) بيانات الاستشاري المعد للتقرير الفني | |
| (١-و) تاريخ تنفيذ دراسة أبحاث التربة و إعداد التقرير الفني | |
| | |
| (٢) وصف المشروع : | |
| (٢-أ) وصف مكان المشروع شاملا أسماء الشوارع أو العلامات المميزة القريبة منه | |
| (٢-ب) خريطة توضح كيفية الوصول للموقع | |
| (٢-ج) الإحداثيات المساحية للموقع - منسوب و موقع أقرب روبير | |
| (٢-د) مسقط أفقي للموقع العام | |
| (٢-هـ) نوعية المنشئات التي سوف يتم بناءها بالمشروع | |
| (٢-و) الأحمال المتوقعة من هذه المنشئات | |
| (٢-ز) نوعية الطرق الداخلية بالمشروع | |
| (٢-ح) أعماق الحفر أو الردم المتوقع تنفيذها بالمشروع | |
| | |
| (٣) أعمال المساحة : | |
| (٣-أ) تحديد مساحة الأرض المقام عليها المشروع | |
| (٣-ب) عمل ميزانية شبكية للمشروع لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية باستخدام أقرب روبير | |
| (٣-ج) توقيع أماكن الجسات و جميع النقاط المطلوب عمل اختبارات حقلية عندها | |
| | |
| (٤) دراسة أبحاث التربة بالموقع: | |
| (٤-أ) استطلاع الموقع العام و ملاحظة المباني المحيطة بالموقع | |
| (٤-ب) تحديد أي مشاكل جيولوجية معروفة حدثت من قبل و مناقشة الناحية الجيولوجية للمنطقة المحيطة بالمشروع بما يتضمنه من أي ملاحظات عن وجود فوالق أرضية أو فجوات بالأرض و تحديد درجة تعرض منطقة المشروع للزلازل | |
| (٤-ج) وصف الاختبارات الجيوفيزيقية و نتائجها و تاريخ تنفيذها | |
| (٤-د) وصف الاختبارات الحقلية و نتائجها و تاريخ تنفيذها | |

| | |
|---|---|
| (٤-هـ) وصف للجسات أو الحفر الاستكشافية أو الترانشات و عددها و أعماقها | |
| (٤-و) كروكي يوضح أماكن الجسات و جميع النقاط التي تم عمل اختبارات عندها | |
| (٤-ز) قطاعات الجسات أو الترانشات موضح عليها: تاريخ عمل الجسة- اسم المهندس المشرف- المعدة المستخدمة- قطر الجسة- منسوب المياه الجوفية - توصيف طبقات التربة- تحديد أعماق الطبقات المختلفة و مكان تغيير الطبقات مع ذكر المنسوب العلوي و السفلي لكل طبقة- أرقام العينات و عمقها- نوعية أخذة العينات- نتائج اختبار SPT - نتائج اختبار الغز الجيبي للتربة الطينية | |
| (٥) الاختبارات المعملية : | |
| (٥-أ) تحديد جميع الاختبارات المعملية التي تم عملها مع ذكر أي مواصفات تم استخدامها و أي تحفظات حدثت أثناء إجراء التجارب. | |
| (٥-ب) عرض نتائج الاختبارات المعملية في جداول و منحنيات و يجب فصل نتائج الاختبارات لعينات كل جسة عن الأخرى | |
| | |
| (٦) أعمال تسوية الموقع : | |
| (٦-أ) تطهير سطح الموقع و إزالة عمق التربة المفككة أو تربة الردم المقرر إزالتها | |
| (٦-ب) عمق الحفر أو الردم المطلوب في منطقة المباني و منطقة الطرق الداخلية و كذلك في منطقة الحدائق أو المناطق التي لن يتم البناء بها | |
| (٦-ج) أبعاد المناطق المطلوب حفرها أو ردمها حول المباني | |
| (٦-د) تحديد مواصفات تربة الردم أو الإحلال مع ذكر مواصفات الدمك من نوعية التربة و مكوناتها و المعدة المستخدمة و سمك الطبقات و الكثافة المطلوبة و محتوى الماء | |
| (٦-هـ) الاختبارات المطلوب إجراءها كمراقبة للجودة أثناء تنفيذ أعمال تسوية الموقع | |
| | |
| (٧) الأساسات أو الحوائط الساندة : | |
| (٧-أ) منسوب التأسيس و إجهاد التربة الصافي الأمن | |
| (٧-ب) أقل سمك و عرض مسموح به في القواعد المنفصلة | |
| (٧-ج) معامل احتكاك التربة | |
| (٧-د) ضغط التربة الجانبي في حالة الحوائط الساندة | |
| (٧-هـ) الردم و احتياطات صرف المياه خلف الحوائط الساندة | |
| (٧-و) نوعية الأسمنت المستخدم و كميته | |
| (٧-ز) مقاومة الخرسانة المميزة المطلوبة | |
| (٧-ح) نوعية حديد التسليح المطلوب | |
| (٧-ط) طريقة عزل الأساسات | |
| (٧-ى) تحديد سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح | |
| (٧-ك) أي احتياطات أخرى مطلوبة للاساسات طبقا لنوعية المنشأ | |

| | |
|---|---|
| (٧-ل) في حالة الأساسات العميقة يضاف عمق و قطر و تسليح الخازوق و الحمل التصميمي | |
| | |
| (٨) أعمال نزح المياه : | |
| (٨-أ) الطريقة المتبعة في أعمال نزح المياه و عدد الآبار المستخدمة و نوعيتها و قدرة الطلمبات المطلوبة | |
| (٨-ب) الاحتياطات اللازم اتباعها لحماية المنشئات المجاورة | |
| | |
| (٩) أعمال حفر ترانشات المرافق : | |
| (٩-أ) الاحتياطات اللازم اتباعها أثناء تنفيذ ترانشات المرافق من سند جوانب و نوعية و مواصفات تربة الردم تحت و فوق المرافق | |
| | |
| (١٠) أعمال تجميل الموقع : | |
| (١٠-أ) الاحتياطات اللازم اتباعها لتجنب تأثير مياه صرف الحدائق على الأساسات | |
| (١٠-ب) التوصيات الخاصة بالميول المستخدمة في تجميل الموقع | |

٤/٢ فيما يختص بالعينات والقياسات

١ - يراعى أن يكون وزن العينة مناسباً لمقاس حبيباتها والاختبار المطلوب إجراؤه .

٢ - يراعى تسجيل كافة بيانات عناصر وصف التربة شاملاً جميع الخواص الموضحة بالكود ، والتنويه عن أى مؤشرات تدل على قلقلة العينة .

٣ - يجب أن يتم اختيار العينات للإختبارات بواسطة مهندس متخصص بحيث تمثل العينة طبيعة التربة فى الموقع تمثيلاً كاملاً قدر الإمكان .

٤ - يجب الإلتزام بنماذج تسجيل النتائج الموضحة بالكود والمبينة فى نهاية كل اختبار وملء جميع البيانات المنصوص عليها .

٥ - يجب مراعاة الدقة التامة فى كافة القياسات حيث تؤدى البيانات غير الدقيقة إلى اخطاء قد تكون مؤثرة فى القراءات أو تصميم الأساسات.

٣ الأساسات الضحلة

١ - بعد وصول الحفر إلى منسوب التأسيس التصميمى يتم التأكد من مطابقة نوع وطبيعة (خواص) التربة لما هو وارد فى تقرير أبحاث التربة للمشروع وذلك عن طريق متخصصين، وفى حالة وجود إختلاف يرجع إلى استشارى أبحاث التربة للمشروع.

٢ - يجب مراعاة التغير فى خواص التربة ومناسيب المياه الجوفية عند العمل بالموقع سواء فى أعمال الحفر أو الردم أو تنفيذ الأساسات.

٣ - يجب التأكد من إجراء التحليل الكيمائى للتربة أو المياه الجوفية أو كليهما وتحديد نوع الأسمنت المستخدم فى الخرسانة تحت سطح الأرض الطبيعية.

٤ - عدم الحفر لعمق يزيد عن أعماق أساسات المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة لتأمينها، مثل سند جوانب الحفر.

٥ - عند تخفيض منسوب المياه فى أى موقع، يجب التأكد من اختيار الطريقة المناسبة (نزح سطحى – آبار ابرية – آبار عميقة) ودراسة تأثير هذا التخفيض على أساسات المنشآت المجاورة والأطمئنان على أن الهبوط أو الهبوط المتفاوت الناشىء من التخفيض لا يؤثر على سلامة المنشآت المجاورة.

٦ - يجب التأكد من أخذ أيه مصادر للأهتزازات الزائدة فى الأعتبار عند تصميم الأساسات.

٧ - يجب التأكد من اتزان القوى الأفقية المعرض لها المنشأ، وعلى سبيل المثال عند اختلاف مناسيب سطح الأرض المحيطة بالمنشأ الواحد.

٨ - يجب الحرص على عدم زيادة ضغط التحميل على التربة عن الضغط التصميمى، وذلك على الأخص عند تعلية المنشآت القائمة.

٩ - يلزم أخذ الهبوط المتفاوت للأساسات فى الاعتبار عند تصميم المنشأ الواحد والتأكد من عدم زيادته عن المسموح به وذلك برصد هبوط المنشآت إذا لزم الأمر.

### ٤/٢ فيما يختص بالعينات والقياسات

١ - يراعى أن يكون وزن العينة مناسباً لمقاس حبيباتها والاختبار المطلوب إجراؤه .

٢ - يراعى تسجيل كافة بيانات عناصر وصف التربة شاملاً جميع الخواص الموضحة بالكود ، والتنويه عن أى مؤشرات تدل على قلقلة العينة .

٣ - يجب أن يتم اختيار العينات للإختبارات بواسطة مهندس متخصص بحيث تمثل العينة طبيعة التربة فى الموقع تمثيلاً كاملاً قدر الإمكان .

٤ - يجب الإلتزام بنماذج تسجيل النتائج الموضحة بالكود والمبينة فى نهاية كل اختبار وملء جميع البيانات المنصوص عليها .

٥ - يجب مراعاة الدقة التامة فى كافة القياسات حيث تؤدى البيانات غير الدقيقة إلى اخطاء قد تكون مؤثرة فى القراءات أو تصميم ألأساسات.

### ٣ الأساسات الضحلة

١ - بعد وصول الحفر إلى منسوب التأسيس التصميمى يتم التأكد من مطابقة نوع وطبيعة (خواص) التربة لما هو وارد فى تقرير أبحاث التربة للمشروع وذلك عن طريق متخصصين، وفى حالة وجود إختلاف يرجع إلى استشارى أبحاث التربة للمشروع.

٢ - يجب مراعاة التغير فى خواص التربة ومناسيب المياه الجوفية عند العمل بالموقع سواء فى أعمال الحفر أو الردم أو تنفيذ الأساسات.

٣ - يجب التأكد من إجراء التحليل الكيمائى للتربة أو المياه الجوفية أو كليهما وتحديد نوع الأسمنت المستخدم فى الخرسانة تحت سطح الأرض الطبيعية.

٤ - عدم الحفر لعمق يزيد عن أعماق أساسات المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة لتأمينها، مثل سند جوانب الحفر.

٥ - عند تخفيض منسوب المياه فى أى موقع، يجب التأكد من اختيار الطريقة المناسبة (نزح سطحى – آبار ابرية – آبار عميقة) ودراسة تأثير هذا التخفيض على أساسات المنشآت المجاورة والأطمئنان على أن الهبوط أو الهبوط المتفاوت الناشىء من التخفيض لا يؤثر على سلامة المنشآت المجاورة.

٦ - يجب التأكد من أخذ أيه مصادر للأهتزازات الزائدة فى الأعتبار عند تصميم الأساسات.

٧ - يجب التأكد من اتزان القوى الأفقية المعرض لها المنشأ، وعلى سبيل المثال عند اختلاف مناسيب سطح الأرض المحيطة بالمنشأ الواحد.

٨ - يجب الحرص على عدم زيادة ضغط التحميل على التربة عن الضغط التصميمى، وذلك على الأخص عند تعلية المنشآت القائمة.

٩ - يلزم أخذ الهبوط المتفاوت للأساسات فى الاعتبار عند تصميم المنشأ الواحد والتأكد من عدم زيادته عن المسموح به وذلك برصد هبوط المنشآت إذا لزم الأمر.

١٠ - يجب إشتراك متخصصين فى ميكانيكا التربة والأساسات فى المشاريع الهامة والأعمال متعددة الأغراض لإختيار نوع الأساسات المناسب لكل منشأ من منشآت المشروع.

١١ - يجب أخذ تغير قطاع التربة فى موقع المنشأ الواحد فى الأعتبار سواء كان ذلك رأسياً أو أفقياً وبخاصة عن اختيار نوع الأساسات وعند تصميمها.

١٢ - يجب التأكد من الأعماق الدنيا للأساسات وعدم تعرضها للنحر مع مرور الزمن.

١٣ - فى حالة وجود جذور نباتات أو أشجار بالقرب من الأساسات، يجب التأكد من عدم تأثيرها على الأساسات.

١٤ - يجب العناية الفائقة فى اختيار وتصميم الأساسات فى حالة التربة ذات المشاكل (التربة الإنهيارية أو الإنتفاشية أو الرخوة الضعيفة ).

١٥ - يجب حماية وعزل الأساسات الضحلة من تأثير الكيماويات التى قد تكون موجودة بالتربة أو المياه الجوفية.

**٤ الأساسات العميقة**

بالإضافة إلى الإحتياطات الواردة بالبند ٣/٨/٢/٤ - الأساسات العميقة - الجزء الرابع من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات فإنه يجب مراعاة الإحتياطات التالية:-

**١/٤ فى حالة الخوازيق المنفذة بالإزاحة بالدق**

١ - يجب التأكد من أن الحشو الموجود بخوذة رأس الخازوق أو أعلى الماسورة فى حالة جيدة حتى تكون المعاملات المأخوذة فى معادلة الدق مطابقة لحالة التنفيذ، وأن تكون الخوذة أفقية تماما وأن يكون محورها متطابق مع محور الخازوق أو الماسورة كما يجب أن يكون مسارالشاكوش متمركزا مع المحور الرأسى للخازوق أو الماسورة.

٢ - فى حالة الخوازيق الخرسانية سابقة الصب فإنه يجب العناية بنقل الخوازيق لموقع العمل ومراعاة نقط تحميل الخازوق كما يجب مراعاة نقله وتثبيته رأسيا فى مكان تنفيذه حتى لا يترتب على عدم مراعاة ذلك تعرض جسم الخازوق لشروخ قد تؤدى لتلف الخازوق.

٣ - يجب أن يكون سطح الأرض الذى تقف عليه الماكينة صلبا ومستويا وتكون الماكينة على درجة عالية من الجساءة والإستقامة وعدم تحرك قائم الماكينة أثناء التشغيل وذلك لتفادى حدوث ميل أو إنحراف للخوازيق التى يتم تنفيذها.

٤ - يجب يبدأ تنفيذ الخوازيق من منتصف المبنى فى إتجاه الحدود الخارجيه له - وفى حالة الخزانات الدائرية أو المنشآت المشابهة والتى تكون فيها الخوازيق موزعة دائريا يتم التنفيذ بداية من المركز فى إتجاه الخارج على أنصاف الأقطار ( وليس على محيط الدوائر ).

٥ - يجب تجنب شدة الدق ما أمكن حتى لا يؤدى ذلك إلى تلف رأس الخازوق أو الماسورة، وفى حالة شدة الدق يتم توقيف شاكوش الدق لمدة حوالى عشرة دقائق ثم يستأنف بعدها الدق.

٦ - فى حالة تنفيذ الخوازيق بجوار مبانى مقامة – فيجب أن يكون مشوار الشاكوش أقل ما يمكن فى بداية تنفيذ الخوازيق خاصة الخوازيق المواجهة للمبانى المجاورة وحتى إختراق الخازوق أو الماسورة مسافة كافية داخل التربة وذلك لتقليل تأثير الدق على المبانى المجاورة.

٧ - فى حالة تنفيذ الخوازيق فى تربة لا تنضغط بسهولة الأمر الذى قد يؤدى إلى حدوث ظاهرة تحرك الخوازيق المنفذة لأعلى أو حدوث فصل أو إختناق فى جسم الخازوق فإنه يجب مراعاة عمل الإحتياطات لتلافى حدوث هذه الظاهرة بزيادة المسافة بين الخوازيق أو عمل حفر مسبق لمكان الخوازيق حتى نهاية الطبقة الغير قابلة للإنضغاط بسهولة ثم ردم الحفر بتربة قابلة للإنضغاط وبحيث يتعدى كعب الخازوق المنفذ فى مكان الحفر المسبق عمق الحفر بمسافة كافية.

**٢/٤ فى حالة الخوازيق المنفذة بالتفريغ**

١ - فى حالة تنفيذ خوازيق بجوارمبانى قائمة يفضل عدم تنفيذ أكثر من خازوقين يوميا من الخوازيق المجاورة لمبنى الجار وعلى ألا تقل المسافة بينهما عن ١٢ مرة قطر الخازوق حتى لا تتأثر مبانى الجار نتيجة لتنفيذ عدد أكثر من الخوازيق.

٢ - فى خوازيق الحفر الدوار والخوازيق الشريطية والمسلحة بكامل الطول، فإنه يفضل دائما تعليق القفص الحديدى المجهز لتسليح الخازوق وعدم السماح بإرتكازه على قاع كعب الخازوق المحفور حتى لا يؤدى إرتكاز القفص الحديدى على القاع إلى إنبعاج التقفيصة وعدم تمركزها مع المحور الرأسى للخازوق وما يتبع ذلك من عدم إنتظام الغطاء الخرسانى حول التقفيصة على طول جذع الخازوق.

٣ - يجب التأكد من عدم تحرك القفص الحديدى لأعلا أثناء صب الخازوق ولتلافى حدوث ذلك فإنه يجب التأكد من درجة سيولة الخرسانة ( هبوط المخروط الخرسانى ٢٢ + ٢ سم ) ومراعاة عدم إنغماس ماسورة الصب داخل الخرسانة عن ٣,٠٠ متر، وفى حالة حدوث تحرك القفص الحديدى يوقف الصب ويتم تحريك ماسورة الصب صعودا وهبوطا داخل الخرسانة المصبوبة فى حركات متتالية سريعة لتكسير التصاق الخرسانة المصبوبة بأسياخ القفص الحديدى والتأكد من سيولة الخرسانة قبل إستئناف صب الخرسانة.

**٥ الأساسات علي التربة ذات المشاكل**

**١/٥ أحتياطات مشتركة لكل من التأسيس علي التربة القابلة للأنتفاخ والتربة القابلة للأنهيار**

١ - حيث أن كلا من التربة القابلة للأنتفاخ والتربة القابلة للأنهيار تتأثر تأثرا كبيرا بالمياه فإنه يجب مراعاة عدم تأثر العينات المستخرجة بالمياه كما يفضل عند التأسيس عليهما أتخاذ الأحتياطات الكفيلة بمنع أو تقليل وصول المياه الي تربة التاسيس وذلك بالاضافة الي أي من طرق المعالجة المتبعة لكل من النوعين علي حدة.

٢ - في حالة أستخراج عينات من التربة القابلة للأنتفاخ أو التربة القابلة للأنهيار الموجودة فوق منسوب المياه الأرضية فإنه يفضل أستخدام طريقة الحفر المفتوح حتي يمكن استخراج عينات كتلية بحالتها الطبيعية ٠ مع ضرورة تحديد الأتجاه الرأسي وأعلي وأسفل العينة.

٣ - يجب أن تخترق الجسات كل الطبقات التي يحتمل أن تحتوي علي التربة القابلة للأنتفاخ أو التربة القابلة للإنهيار وأن يتم التثقيب حتي عمق أكبر من عمق المنطقة المؤثرة علي سلامة وأتزان المبني.

٤ - في حالة أستخدام معدات الحفر الميكانيكية يفضل أستخدام جهاز أخذ العينات الدوار Rotary Sampler المزود بماسورتين (داخلية وخارجية) مع أستخدام الهواء المضغوط بدلا من المياه للحصول علي عينات بحالتها الطبيعية.

٥ - يفضل أجراء بعض التجارب الحقلية لقياس الأنتفاخ أو الأنهيار بالموقع لمقارنته بالقياسات المعملية.

٦ - يجب تنفيذ أرصفة حول المبني بعرض كاف وتشكيل سطح الأرض وتلك الأرصفة بميول تتسبب في صرف المياه السطحية بعيدا عن حدود المبني ٠

٧ - يلزم أن تكون غرف التفتيش بعيدة قدر الأمكان عن حدود المبني ٠

٨ - يجب العناية الفائقة بجودة تنفيذ وصلات المواسير الخاصة بشبكات التغذية بالمياه والصرف الصحي وصيانتها والتأكد من عدم تسرب المياه منها وعمل الأحتياطات الخاصة بعدم تحميلها بأجهادات إضافية سواء نتيجة أنتفاخ أو أنهيار التربة المرتكز عليها هذه المواسير وذلك بوضعها في مجاري خرسانية أو استبدال التربة أسفل وحول المواسير ٠

### ٢/٥ التربة القابلة للأنتفاخ

١ - في حالة أستخدام تربة أحلال أسفل الأساسات يجب عدم الردم بين القواعد وأسفل السملات وحولها بالتربة الطبيعية القابلة للانتفاخ وأنما توضع تربة أحلال من نفس النوع المستخدم أسفل الأساسات ٠

٢ - في حالة التربة القابلة للأنتفاخ يجب تجنب غمر قاع الحفر مع تقنين أستخدام الماء الخاص بأعمال الدمك حيث أن هذه التربة غالبا ما تكون طينية قليلة النفاذية ووجود الماء بكثرة يعوق أتمام أعمال الدمك بنجاح ٠

٣ - في حالة أستخدام آبار اسكندراني خلال طبقة من التربة القابلة للأنتفاخ يراعي توسيع قطر الحفر عن قطر البئر (والذي يمكن صبه داخل شدة) ويتم دهان السطح الخارجي للبئر بالبيتومين لتقليل الأحتكاك مع ملأ الفراغ بين البئر وحدود الحفر برمل نظيف وذلك لمنع تأثير انتفاخ هذه الطبقة علي البئر بأحداث حركة رأسية له ٠

### ٣/٥ التربة القابلة للأنهيار

١ - يجب غمر قاع الحفر لمدة كافية ثم دمكه وذلك قبل وضع تربة الأحلال ٠

٢ - في حالة أستخدام تربة أحلال يفضل منع حركتها الجانبية عن طريق تنفيذ حائط قصير من المباني علي سبيل المثال يحيط بطبقة الأحلال ٠

٣ - في حالة عدم أحتواء التربة القابلة للأنهيار علي نسبة عالية من المواد الناعمة يمكن أستعمال نفس التربة في الأحلال (طريقة الأزالة والدمك) ولكن في هذه الحالة يجب التأكد من صلاحيتها كيميائيا كتربة تأسيس ٠

**٤/٥ التربة الطينية اللينة**

١ - حيث أن الطين هو أكثر أنواع التربة تأثرا بالقلقلة سواء أثناء استخراج العينات أو نقلها أو تخزينها أو تجهيزها للأختبار أو أثناء اجراء الأختبارات ، فيجب أن تعطي عناية خاصة لعينات هذا النوع من التربة اثناء كل العمليات السابق ذكرها حتي لاتحدث بها قلقلة خاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية ٠ ويرجع الي الكود لتفاصيل الأجراءات الخاصة بذلك والتي من أهمها استخدام الجهاز المناسب لأستخراج العينات (أنظر الكود بند ٣/٢/٤/٥) ٠

٢ - نظرا لصعوبة الحصول علي عينات غير مقلقلة من التربة اللينة يمكن الأعتماد علي نتائج أختباراتها المعملية فإن برنامج الأختبارات الحقلية يشكل جزءا أساسيا في أعمال أستكشاف الموقع ولذا يجب أن تشتمل أعمال أستكشاف الموقع علي عدد كاف من الأختبارات الحقلية والتي يتم أختيار نوعها طبقا لكل من طبيعة التربة والمنشأ والخواص المطلوب تحديدها ٠

٣ - في حالة أستخدام المصارف الرأسية سواء من الرمل Vertical Sand Drains أو Wick Drains أو من المصنعات الجيوتقنية Geotextiles المملوءة بالرمل يراعي عند حفر الثقوب الخاصة بهذه المصارف أن تتم عملية الحفر بدون حدوث أحتكاك معدات الحفر بجوانب الثقب مما يسبب تليس Smearing لجوانب الثقب حيث أن ذلك يؤدي الي تقليل النفاذية علي جدار الثقب مما يقلل من كفاءة المصارف الرأسية٠

٤ - في حالة أستخدام خوازيق مصبوبة في الموقع فيوصي أن تنفذ باستخدام ماسورة خارجية دائمة Permanent Casing لتفادي حدوث أختناق في قطاع الخازوق أثناء الصب والذي يسهل حدوثه في هذا النوع من التربة اللينة أو تأثر قطاع الخازوق أثناء دق الخوازيق المجاورة ٠ ويتم أخذ تاثير التآكل Corrosion في الأعتبار عند تحديد سمك الماسورة حيث أن معظم هذه التربة تقع في المناطق الساحلية ذات نسب الملوحة العالية ٠

٥ - يراعي في حساب قدرة تحمل الخوازيق المنفذة في طبقات من الطين اللين أن يتم أخذ تأثير الأحتكاك السالب في الأعتبار ٠

**٦ الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية**

**١/٦ تأثير الزلازل على الأساسات**

١ - يجب وضع الميد الرابطة بين القواعد المنفصلة فى منسوب القواعد المسلحة.

٢ - يجب أن يمتد حديد تسليح الميد الرابطة إلى نهاية الأعمدة.

٣ - يجب دمك التربة الحاملة للأساسات المعرضة لأحمال متكررة دمكاً جيداً باستخدام إحدى الطرق الهندسية وذلك لزيادة كثافتها النسبية.

٣ - في حالة عدم أحتواء التربة القابلة للأنهيار علي نسبة عالية من المواد الناعمة يمكن أستعمال نفس التربة في الأحلال (طريقة الأزالة والدمك) ولكن في هذه الحالة يجب التأكد من صلاحيتها كيميائيا كتربة تأسيس ٠

### ٤/٥ التربة الطينية اللينة

١ - حيث أن الطين هو أكثر أنواع التربة تأثرا بالقلقلة سواء أثناء استخراج العينات أو نقلها أو تخزينها أو تجهيزها للأختبار أو أثناء اجراء الأختبارات ، فيجب أن تعطي عناية خاصة لعينات هذا النوع من التربة اثناء كل العمليات السابق ذكرها حتي لاتحدث بها قلقلة خاصة عينات الطين ذو الحساسية العالية ٠ ويرجع الي الكود لتفاصيل الأجراءات الخاصة بذلك والتي من أهمها استخدام الجهاز المناسب لأستخراج العينات (أنظر الكود بند ٣/٢/٤/٥) ٠

٢ - نظرا لصعوبة الحصول علي عينات غير مقلقلة من التربة اللينة يمكن الأعتماد علي نتائج أختباراتها المعملية فإن برنامج الأختبارات الحقلية يشكل جزءا أساسيا في أعمال أستكشاف الموقع ولذا يجب أن تشتمل أعمال أستكشاف الموقع علي عدد كاف من الأختبارات الحقلية والتي يتم أختيار نوعها طبقا لكل من طبيعة التربة والمنشأ والخواص المطلوب تحديدها ٠

٣ - في حالة أستخدام المصارف الرأسية سواء من الرمل Vertical Sand Drains أو Wick Drains أو من المصنعات الجيوتقنية Geotextiles المملوءة بالرمل يراعي عند حفر الثقوب الخاصة بهذه المصارف أن تتم عملية الحفر بدون حدوث أحتكاك معدات الحفر بجوانب الثقب مما يسبب تليس Smearing لجوانب الثقب حيث أن ذلك يؤدي الي تقليل النفاذية علي جدار الثقب مما يقلل من كفاءة المصارف الرأسية٠

٤ - في حالة أستخدام خوازيق مصبوبة في الموقع فيوصي أن تنفذ باستخدام ماسورة خارجية دائمة Permanent Casing لتفادي حدوث أختناق في قطاع الخازوق أثناء الصب والذي يسهل حدوثه في هذا النوع من التربة اللينة أو تأثر قطاع الخازوق أثناء دق الخوازيق المجاورة ٠ ويتم أخذ تاثير التآكل Corrosion في الأعتبار عند تحديد سمك الماسورة حيث أن معظم هذه التربة تقع في المناطق الساحلية ذات نسب الملوحة العالية ٠

٥ - يراعي في حساب قدرة تحمل الخوازيق المنفذة في طبقات من الطين اللين أن يتم أخذ تأثير الأحتكاك السالب في الأعتبار ٠

## ٦ الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية

### ١/٦ تأثير الزلازل على الأساسات

١ - يجب وضع الميد الرابطة بين القواعد المنفصلة فى منسوب القواعد المسلحة.

٢ - يجب أن يمتد حديد تسليح الميد الرابطة إلى نهاية الأعمدة.

٣ - يجب دمك التربة الحاملة للأساسات المعرضة لأحمال متكررة دمكاً جيداً باستخدام إحدى الطرق الهندسية وذلك لزيادة كثافتها النسبية.

### ٢/٦ التأسيس على تربة قابلة للتسيل

١ - يجب دمك التربة القابلة للتسيل باستخدام إحدى الطرق الهندسية وذلك لزيادة كثافتها النسبية.

٢ - يجب تقليل ضغط المياه البينية الإضافية للتربة القابلة للتسيل وذلك بخفض منسوب المياه الأرضية.

### ٣/٦ تأرجح الأساسات

٣ - يجب دمك التربة السائبة غير اللدنة قبل إنشاء قواعد الماكينات التى تسبب تأرجح القواعد عليها.

### ٤/٦ أساسات الماكينات

١ - يجب أن ألا تقل المدة بين تنفيذ الأساسات الخرسانية و بدء تركيب الماكينات عن شهر.

٢ - يلزم تحديد الأماكن التى لا يفضل عمل فواصل الصب عندها وكيفية التعامل مع الحالات الاضطرارية لفواصل الصب.

٣ - يلزم التأكيد على استلام كل مرحلة من مراحل التنفيذ المختلفة قبل البدء فى المرحلة التالية.

٤ - يجب توافر الأجزاء التى يلزم دفنها داخل الأساسات بالمواصفات المطلوبة فى الأوقات المناسبة وفقاً لبرنامج التنفيذ.

٥ - يجب تحديد الأماكن التى تحتاج إلى خرسانة جافة (مفلفلة) أو إلى حقن بالمونة الأسمنتية أو بالمواد الإيبوكسية مع التوصيف الدقيق لمكونات كل منها.

٦ - يجب قياس التردد الطبيعى natural frequency والقيم القصوى للسعة الاهتزازية amplitude لقواعد الماكينات وذلك قبل التشغيل الفعلي للماكينات .

٧ - يلزم وضع هزاز هيدروليكى أو كهرومغناطيسى على بلوك الأساس ليحدث نفس شكل الاهتزاز المتوقع من الماكينة عند تشغيلها .

٨ - يجب قياس الاهتزازات الناتجة عن الحركة فى جميع الاتجاهات فى نفس الوقت باستخدام المعدات المناسبة.

### ٥/٦ استخدام التفجير فى أعمال الحفر

قبل القيام بأعمال تفجير الصخر، يجب إجراء تفتيش بعناية لكل المنشآت الموجودة داخل دائرة نصف قطرها ١٥٠متر من موقع التفجير ورصد جميع العيوب الموجودة بها واتخاذ اللازم لتلافى التأثير السلبى للاهتزازات على زيادتها.

### ٦/٦ عزل الأساسات

يراعى عدم وجود مياه أرضية عند استخدام طريقة الخندق المحفور فى عزل الأساسات، حيث يقل وجود المياه من كفاءة هذه الطريقة.

## ٧ المنشآت الساندة

### ١/٧ الحوائط التثاقلية

١ - يراعى تثبيت المنشأ الساند بكافة عناصره الإنشائية جيدا قبل وضع الردم.

٢ - يراعي دمك التربة دمكا جيدا خلف المنشأ الساند.

٣ - يراعى ألا يزيد فرق منسوب الردم بين الخلايا المجاورة لحوائط التحجيز عن ١,٠٠ متر.

٤ - يراعى استخدام دعامات أو قضبان لتقوية خطوط الالتقاء الرأسية والجانبية للجابيونات أو خلايا المراتب الجابيونية، وذلك إذا زاد ارتفاع الجابيونة أو المرتبة عن ٠,٥٠ متر.

٥ - يراعى عند ملء خلايا مراتب الجابيونات بالركام أو الحجارة أن يتم ملء الخلية لمنتصف ارتفاعها، ثم يستكمل ارتفاعها بعد أن تكون الخلايا المحيطة بها مليئة تماما أو إلى نصف الارتفاع على الأقل.

### ٢/٧ الخوازيق اللوحية (الستائر اللوحية)

١ - في حالة استخدام الخوازيق اللوحية الخشبية في الأعمال الدائمة تحت الماء يجب أن تكون قمة هذه الستائر في موضع رطب باستمرار حتى لا يحدث تسوس للخشب.

٢ - يراعي ألا يقل سمك الغطاء الخرساني للخوازيق الخرسانية عن ٤سم في المياه العذبة و ٥سم في المياه المالحة. ويجب ألا يقل سمك الخازوق اللوحي عن ١٥سم وألا يزيد عن ٤٠سم.

٣ - الستائر المعدنية في المياه المالحة تستلزم علاجا خاصا للصلب المستخدم في حين يمكن استخدامه بدون علاج في المياه العذبة

٤ - يجب أن يكون الدق في مجال محور الستارة مع عمل الاحتياطات اللازمة لدق الستائر في مكانها التصميمي باستخدام دليل للدق عند نقطتين متباعدتين من الستارة.

٥ - في حالة دق الخوازيق اللوحية من الصلب في التربة الصخرية الضعيفة يجب تقوية أعلى ونهاية الستارة واستخدام صلب من نوع خاص في صنع الستارة مع استخدام مندالة ثقيلة ذات مشوار قصير في الدق.

### ٣/٧ حوائط الأرصفة

١ - يجب أن تنفذ الواجهة الأمامية للحوائط الخرسانية رأسيا وتكون هامتها بارزة عن الحائط بمقدار ٢٥سم ومشطوفة.

٢ - يجب أن تكون هامة حوائط الأرصفة المكونة من الستائر المعدنية من الخرسانة المسلحة وأن يبرز هذا الجزء الخرساني عن واجهة الحائط .

٣ - تتم حماية الركن الخارجي للهامة كما يلي:

- في حوائط الأرصفة التثاقلية حيث الهامة متسعة يتم ذلك بتثبيت أحجار من الجرانيت أو ما يماثله.
- في حوائط الأرصفة من الستائر ، حيث امتداد الهامة محدود، يتم ذلك بتثبيت زوايا من الصلب.

### ٤/٧ أعمال الحقن

١ - يجب التأكد من عناصر ومتغيرات الحقن مثل الضغط ، معدل الحقن ، الكمية.

### ٥/٧ السدود المحيطة الترابية

١ - إذا كان عرض وعمق قطاع السد المحيط صغيرا نسبيا، ينفذ السد من لوحين رأسين متوازيين تحفظ المسافة بينهما بألواح تثبيت ودعامات أفقية.

٢ - إذا زاد عمق قطاع السد بينما ظل عرضه صغيرا فينفذ السد على مراحل على أن تكون كل مرحلة من قطاع السد ذات اتساع مختلف عن المرحلة التى تليها وتحفظ المسافة بين جوانب السد بألواح تثبيت ودعامات أفقية.

٣ - إذا كان عرض قطاع السد متسعا وعمقه صغيرا تحفظ جوانب السد بأربطة ودعامات مائلة أو بألواح تثبيت ودعامات أفقية مزودة بدعامات رأسية.

٤ - يمكن الاستغناء عن الدعامات الأفقية والرأسية بتثبيت الحائط إلى التربة الخلفية باستخدام شدادات.

### ٦/٧ مسمرة التربة

١ - يجب وضع طبقة لتثبيت أسطح القطع قبل تنفيذ المسامير.

٢ - توضع طبقة تصريف مياه من الأنسجة الصناعية أو المواسير المثقبة بين واجهة القطع وسطح التربة مع تزويدها بثقوب خلال واجهة الحائط.

### ٧/٧ المصنعات الجيوتكنيكية

١ - يجب أن تختبر المصنعات الجيوتكنيكية لتحديد قوى الشد ، الثبات تحت تأثير الحرارة ، والأشعة تحت البنفسجية ، تأثير البلل والجفاف ، مقاومة الاشتعال ، السمك ، مقاومة التثقيب ، مقاومة التمزق والقطع معامل المرونة ، التركيب الكيماني والعضوي ، الزحف الاستاتيكى والديناميكى ، وكلال الاحتكاك.

### ٨/٧ الحوائط الغشائية

١ - يجب أن تكون المسافة بين حائطي الدليل أكبر بمقدار ١٠ ٠/٠ من اتساع أجهزة حفر الخندق .

٢ - يجب أن تجهز نهايات الوحدات بقواطع للمياه في حالة التربة الحاملة للمياه.

٣ - يجب أن تكون المواد المالئة للخندق بخصائص متجانسة وذات إجهاد كافى لمقاومة الأحمال وأن تعطى أسطح ملساء بدون تكهف وبغطاء مناسب لصلب التسليح.

٤ - يجب تسوية السطح العلوى للخرسانة للحوائط التى ينتهى سطحها العلوى أسفل حوائط الدليل باستخدام هزاز مغمور أو بالدمك السطحى لها.

٥ - عند حفر وحدة بجوار وحدة سبق صبها بالخرسانة لمنسوب أوطى من سطح الأرض ، يجب الردم فوق هذه الخرسانة بالرمال مع وضع حواجز عند نهايتها لسند الرمل ومنعها من الانهيار داخل الحفر المجاور أو استخدام خرسانة ضعيفة بدلا من الرمال .

٦ - فى حالة وجود عوائق قريبا من سطح الأرض وأعلى من منسوب المياه الأرضية أثناء الحفر لتنفيذ الحائط يجب أن يتم حفر الموقع لإزالة العائق وإعادة الردم مع الدمك ثم تستكمل الأعمال.

٨ ثبات الميول

١ - فى حالة توقع حدوث إنتفاش أو تشقق فى التربة الطينية للميول المنشأه بالحفر (القطع)، يجب إتخاذ الإحتياطات اللازمة ضد نقص مقاومة القص للتربة والوصول إلى أو وأدنى من حد الإتزان.

٢ - يلزم العناية والدراسة المتأنية لإختيار معاملات القص التصميمية للتربة والتى تستخدم فى دراسة الإتزان (أو تصميم الميول) نظراً لإنخفاض القيم المختارة لمعاملات الأمان فى دراسة الميول.

٣ - يلزم التدقيق فى إختيار الطريقة المناسبة من طرق تحليل الإتزان والتى تتناسب مع طبيعة تكوينات التربة وظروف التحميل وتواجد المياه الأرضية.

٤ - يلزم إختيار معاملات الأمان الكافية والمتناسبة مع دقة وتطور الطرق المستخدمة فى تحليل الإتزان.

٥ - يلزم تجميع كل البيانات اللازمة لدراسة التحليل والتصميم مثل طبوغرافية المنطقة - التراكيب الجيولوجية - درجات إختلاف مقاومة القص أو كثافة التربة الحبيبية - حالة المياه الأرضية من حيث العمق وثباته أو قدر التذبذب وكذلك الأحمال السطحية المتوقعة بجوار الميل المراد إنشاؤه.

٦ - يلزم تقدير الهبوط الناشىء من جسم الميل ومن تربة الأساس بواسطة الطرق الواردة بالكود والمعتمدة على نتائج معملية أو قياسات حقلية دقيقة حيث أنه فى بعض الحالات يكون الهبوط مؤثراً مثل حالات جسور السكك الحديدية.

٧ - التدقيق فى تحديد طريقة وأماكن تواجد الإنزلاقات الأرضية السابقة وذلك بتكثيف أعمال فحص التربة الدقيق وإستخلاص العينات المستمرة فى تكوينات الطين فى حالة إحتمال حدوث إنزلاقات أرضية مسبقة.

٨ - القياس المعملى لمعاملات مقاومة القص على أسطح الإنزلاقات الأرضية فى حالة تواجدها والتقرير بذلك.

٩ - الإهتمام بعمل الدراسات الجيوفيزيقية والسيزمية على طول مسار إنشاء الميل وذلك لطبقات الأساس لتحديد تجانس التكوينات من عدمه وتحديد قدر الإختلاف لإفتراض النماذج المختلفة ودراسة تحليلها للأخذ بما هو أحرج.

١٠ - يلزم حماية أسطح الميول بالطرق الفنية المناسبة التى تضمن بقاء الميول فى حالة آمنة ومستقرة.

١١ - فى حالة ضرورة نزح المياه لإنشاء ميول القطوع فإنه يلزم التأكد من مدى تأثير أعمال النزح على المنشآت المجاورة.

٩ الأعمال الترابية ونزح المياه

١ - يلزم عمل دراسات فحص التربة بالقدر المناسب واللازم لطبيعة العمل الترابى والأحمال المتوقعة وإجراء الجسات بالعدد والعمق الكافيين لغرض الوصول إلى الإختيارات الأقتصادية الآمنة.

٦ - فى حالة وجود عوائق قريبا من سطح الأرض وأعلى من منسوب المياه الأرضية أثناء الحفر لتنفيذ الحائط يجب أن يتم حفر الموقع لإزالة العائق وإعادة الردم مع الدمك ثم تستكمل الأعمال.

٨ ثبات الميول

١ - فى حالة توقع حدوث إنتفاش أو تشقق فى التربة الطينية للميول المنشأه بالحفر (القطع)، يجب إتخاذ الإحتياطات اللازمة ضد نقص مقاومة القص للتربة والوصول إلى أو وأدنى من حد الإتزان.

٢ - يلزم العناية والدراسة المتأنية لإختيار معاملات القص التصميمية للتربة والتى تستخدم فى دراسة الإتزان (أو تصميم الميول) نظراً لإنخفاض القيم المختارة لمعاملات الأمان فى دراسة الميول.

٣ - يلزم التدقيق فى إختيار الطريقة المناسبة من طرق تحليل الإتزان والتى تتناسب مع طبيعة تكوينات التربة وظروف التحميل وتواجد المياه الأرضية.

٤ - يلزم إختيار معاملات الأمان الكافية والمتناسبة مع دقة وتطور الطرق المستخدمة فى تحليل الإتزان.

٥ - يلزم تجميع كل البيانات اللازمة لدراسة التحليل والتصميم مثل طبوغرافية المنطقة - التراكيب الجيولوجية - درجات إختلاف مقاومة القص أو كثافة التربة الحبيبية - حالة المياه الأرضية من حيث العمق وثباته أو قدر التذبذب وكذلك الأحمال السطحية المتوقعة بجوار الميل المراد إنشاؤه.

٦ - يلزم تقدير الهبوط الناشىء من جسم الميل ومن تربة الأساس بواسطة الطرق الواردة بالكود والمعتمدة على نتائج معملية أو قياسات حقلية دقيقة حيث أنه فى بعض الحالات يكون الهبوط مؤثراً مثل حالات جسور السكك الحديدية.

٧ - التدقيق فى تحديد طريقة وأماكن تواجد الإنزلاقات الأرضية السابقة وذلك بتكثيف أعمال فحص التربة الدقيق وإستخلاص العينات المستمرة فى تكوينات الطين فى حالة إحتمال حدوث إنزلاقات أرضية مسبقة.

٨ - القياس المعملى لمعاملات مقاومة القص على أسطح الإنزلاقات الأرضية فى حالة تواجدها والتقرير بذلك.

٩ - الإهتمام بعمل الدراسات الجيوفيزيقية والسيزمية على طول مسار إنشاء الميل وذلك لطبقات الأساس لتحديد تجانس التكوينات من عدمه وتحديد قدر الإختلاف لإفتراض النماذج المختلفة ودراسة تحليلها للأخذ بما هو أحرج.

١٠ - يلزم حماية أسطح الميول بالطرق الفنية المناسبة التى تضمن بقاء الميول فى حالة آمنة ومستقرة.

١١ - فى حالة ضرورة نزح المياه لإنشاء ميول القطوع فإنه يلزم التأكد من مدى تأثير أعمال النزح على المنشآت المجاورة.

٩ الأعمال الترابية ونزح المياه

١ - يلزم عمل دراسات فحص التربة بالقدر المناسب واللازم لطبيعة العمل الترابى والأحمال المتوقعة وإجراء الجسات بالعدد والعمق الكافيين لغرض الوصول إلى الإختيارات الأقتصادية الآمنة.

٢ - يلزم قدر الإمكان عمل التخطيط المتلائم مع طبوغرافية الموقع العام ومحاولة تقريب كميات القطع والردم لتقليل تكلفة توريد التربة من المحاجر أو نقل ناتج الحفر إلى المقالب وبخاصة إذا كانت نواتج الحفر من النوع المناسب للإستخدام.

٣ - يلزم إتخاذ الإحتياطات الضرورية فى أعمال سند جوانب الحفر سواء لأعمال السند المؤقت أو الدائم حفاظاً على المنشآت والأرواح.

٤ - يلزم التدقيق فى إختيار ميول الحفر فى القطوع أو الردم للوصول إلى حالة التوازن الإقتصادى، حيث أن زيادة الميول عن المطلوب تتسبب فى زيادة التكلفة بشكل كبير كما أن نقصها يعرض الميول للإنهيار.

٥ - يلزم التدقيق فى اختيار معاملات وخصائص التربة عن طريق عمل الإختبارات المعملية والحقلية بالطرق الواردة بالكود والتى تؤدى إلى توفير النفقات فى إختيار الميول.

٦ - يلزم رصد تحركات المياه الأرضية وتذبذب مناسيبها لأخذ ذلك فى الأعتبار عند أختيار قيم الميل للقطوع والجسور وكذلك طرق الحماية لأسطح الميول نتيجة حركة المياه الأرضية.

٧ - يلزم إتباع الطرق الفنية فى تنفيذ طرق التحكم فى تسرب المياه السطحية وكذلك طرق تجميع المياه الأرضية بطرق الصرف المناسبة لتفادى الضغوط الجانبية من المياه ولتفادى نحر التربة نتيجة تسرب المياه.

٨ - يلزم تثبيت أجهزة مراقبة تحركات الميول بعد الإنشاء للتأكد من ثباتها وأنها فى الحدود المقدرة والمتوقعة.

٩ - يلزم التدقيق فى إستخدام مواد الردم الموردة وعمل التحاليل الكيميائية لها لضمان عدم تأثيرها على البيئة المجاورة.

١٠ - يلزم التدقيق وتكثيف الدراسات الجيوتقنية فى حالات إنشاء أعمال الردم على تكوينات تربة أساس من نوعيات غير تقليدية مثل تواجد الأرض المنحدرة كسطح تأسيس أو تكوينات الردم كتربة أساس أو تواجد مناطق التعدين والفجوات الأرضية.

١١ - يلزم معالجة وردم الفجوات الأرضية بمواد الردم المناسبة والتأكد من جودتها قبل البدء فى إنشاء الأعمال الجديدة المرتكزة على مناطق الفجوات المردومة.

١٢ - يلزم تقدير كفاءة شبكات الطرق بموقع الإنشاء الجديد ومدى ملاءمتها لأحمال وسائل النقل المقترحة وضبط هذه الوسائل مع كفاءة الشبكة.

١٣ - يجب التنسيق مع جهات الإختصاص لعمل التخطيط المناسب والموافق عليه وبخاصة ذات العلاقة مع المرافق العامة والمناطق الأثرية.

١٤ - يجب الحفاظ على البيئة أثناء نقل مخلفات الحفر إلى المقالب أو جلب الأتربة من المحاجر لأعمال الردم وعدم تطاير غبار التربة إلى البيئة المحيطة.

١٥ - فى الأعمال ذات الطبيعة الخاصة والتى تتأثر بهبوط أعمال الردم أو تغير شكلها يلزم مراقبة الأعمال بعد الإنشاء للتحقق من مدى ملاءمتها للغرض المنشأة من أجله.

١٦ - يلزم إجراء الدراسات المتأنية والإختبارات الضرورية الخاصة بأعمال الدمك والتجارب المعملية للتحديد الأمثل لإستخدام المواد المتاحة بالموقع ما أمكن وتوريد التربة فى الحالات التى يلزم فيها ذلك.

١٧ - عند أستخدام النفايات أو الفضلات كتربة ردم يلزم التحقق من كفاءتها الهندسية والكيميائية.

١٨ - يلزم عمل التقييم والدراسة المتأنية لغرض أعمال نزح المياه الأرضية وتحديد النفاذية ما أمكن حقليا حيث أن قياساتها المعملية قد تكون مضللة لحد ما.

١٩ - يلزم توجيه العناية الخاصة لإنشاء المرشحات (Filters) فى آبار النزح والتأكد من جودة تنفيذها لضمان تشغيل الآبار بكفاءة عالية.

٢٠ - فى حالة إجراء أعمال النزح لتخفيض المياه الأرضية يلزم دراسة تأثير ذلك على المنشآت المجاورة وإجراء أعمال الرصد والمراقبة التى تضمن التحقق من ذلك.

## ١٠ التأسيس على الصخر

### ١/١٠ طرق الحفر

يجب أن يتم اختيار الطريقة المناسبة للحفر بناء على المعلومات عن خصائص الكتلة الصخرية والمعلومات عن شكل الأساسات والتجاوزات المسموح بها على طول خط

### الحفر. ٢/١٠ الحفر بالتفجير

١ - يجب عدم امتداد فتحات التفجير تحت المنسوب النهائى لمستوى الأساسات وذلك لتقليل التشرخ التى يحدثه التفجير.

٢ - يجب تقليل تأثير التفجيرات على المناطق المجاورة للحد الأدنى ، وذلك بعمل اختبارات للتفجير بمعاملات التحميل المختلفة فى منطقة تبعد بمسافة كافية عن مناطق الحفر الحرجة وإجراء اختبارات التفجير لتعيين ثوابت الأضمحلال لموجات التفجير. كما يجب استمرار القيام بعملية التسجيل الدقيق لكل عملية تفجير .

٣ - يجب على المقاول القائم بعمليات التفجير تقديم خريطة تفصيلية لخطة عمل التفجيرات التى سوف تتم بالموقع قبل أى عملية تفجير يقوم بها بوقت كافي حتى يتمكن المسئولون من عمل المراجعة اللازمة.

٤ - يجب على مقاول التفجير تقديم تقرير بعد كل عملية تفجير مشتملاً على الكروكي الموضح به أماكن التفجيرات المنفذة ، وتفاصيل خطة التفجير وتصميمها والبيانات الأخرى المتعلقة بالموضوع .

٥ - يلزم تسجيل المقاول للإهتزازات وتفريغ الهواء الناتج من عملية التفجير بجوار المنشآت القريبة من الموقع والتى تمكنه من تحديد تأثير التفجيرات والحد الذى وصلت اليه وإمكانية حدوث الضرر من عدمه و العمل على عدم زيادة التفريغ الهوائي الناتج من عملية التفجيرات.

٦ - يجب أن يتم تسجيل التفجيرات على شريط فيديو للإستفادة منها فى حل أى مشكلة لعملية التفجير ، ويتم حفظ القياسات المسجلة مع خطة التفجير لكل عملية .

٧ - يجب أن يقوم المقاول بمعاينة المباني المجاورة لمنطقة العمل للوقوف على حالتهـا قبل تنفيذ عمليات التفجير .

٨ - يجب أن يلتزم المقاول بإتباع جميع قواعد الأمان عند قيامه بعمليات التفجير ، وأى ممارسات غيـر آمنة يجب الإبلاغ عنها لتجنب أى حوادث .

٩ - يجب تجنب استخدام شحنات كبيرة ، وتجنب قرب فتحات شحنات التفجير من أسطح الحفر للتحكم فى الصخر المتطاير .

١٠ - يجب استخدام حصيرة تفجير blast mat بحذر شديد إذا كانت التفجيرات قريبة جداً من المباني .

### ٣/١٠ تفكيك الصخر

١ - يجب تحديد مواصفات التراكتور المزود بالسلاح ripper من حيث حجمه وشـكله ، وكميـة حجـم الصخر بالمتر المكعب التى يتم تفكيكها فى الساعة .

٢ - يجب التخلص من الصخور المفتته قبل وضع الخرسانة أو مواد الجسور فى جميع الحالات لأنـواع الحفر المختلفة.

### ٤/١٠ التكسير الزائد

١ - يمكن تجنب التكسير الزائد للحفر بالتخطيط المناسب لعملية الحفر .

٢ - يلزم القيام بقياسات خاصة يتم فيها التحكم فى طريقة التفجير المستخدم فى الحفر أو تغيير شكل الحفر طبقاً لطبيعة جيولوجية منطقة العمل .

٣ - يجب القيام بمعالجة أسطح عدم الإتصال لتقوية الأساسات ومنع تصريف أو سريان المياه.

٤ - يجب تنظيف وردم الفواصل المفتوحة والتشققات والفجوات والصدوع والحفـر الإستكـشافية غيـر المردومة والمساحات ذات الصخور غير المقبولة أو المجواة والتى يتم أكتشافها أثناء الحفر.

٥ - يجب التخلص من أى صخور مجواة ومفتته داخل الفتحات بإستخدام أدوات يدوية أو بإستخدام دفـع المياه حتى يحدث ترابط بين الصخر والخرسانة التى توضع يدوياً لملء هذه الفتحات .

### ٥/١٠ التخفيض والتحكم فى المياه الأرضية

#### اعتبارات عند التخطيط

١ - يجب أن يؤخذ فى الإعتبار مدى الإحتياج لنزح المياه عند تصميم المنشأ .

٢ - يجب أن يكون موضحاً فى مستندات التعاقد أى مشاكل لنزح المياه قد ظهرت أثنـاء الإستكـشافات الحقلية .

٣ - يجب تحديد منسوب المياه الأرضية الذى يجب المحافظة عليه أثناء كل مرحلة من مراحل التنفيذ .

٤ - يجب ألا يتسبب نظام نزح المياه فى وضع العراقيل والصعوبات فـى اسـتخدام معـدات الحفـر أو التداخل فى عملية سند جوانب الحفر .

٥ - يجب تعيين نفاذية الكتلة الصخرية ومنسوب المياه الأرضية فى الطبيعة لتحقيق متطلبات تصميم ونظم التحكم فى المياه الأرضية .

٦ - يجب تحديد طبيعة وأماكن تواجد التشققات والمواد المالئة لها ، وصلابة ومدى تآكل الصخر لمعرفة تأثير احتمال زيادة سريان المياه وتصريفها خلال عملية النزح والناتجة عن زيادة حجم مسارات التصريف .

**الضخ المفتوح**

- يجب تنفيذ الخنادق أو المساطح على محيط الحفر الداخلي للموقع لتجميع المياه وتحويلها إلى أحواض تجميع توضع بها طلمبات الضخ .

**المصارف الأفقية**

- يجب على المصمم عند استخدام طريقة المصارف الأفقية أن يقوم بتحديد أماكنها للتأكد من عدم تداخلها مع مسامير الصخر أو الأربطة الخرسانية .

**الأنفاق**

- يجب أن تكون الأنفاق المستخدمة فى تصريف المياه كبيرة بالقدر الذى يسمح بإستخدام المعدات لتثقيب المصارف الأفقية ولأى تعديلات لازمة فى موقع الحفر .

**الآبار**

- يجب أن تنفذ الآبار خارج موقع الحفر بالقدر الذى يتيح تنفيذ جميع أعمال حفر الموقع فى الحالة الجافة وبدون تداخل فى أعمال الحفر وسند الجوانب .

**٦/١٠ التحكم فى الحفر والميول**

**الاتزان خلال التخطيط للحفر**

١ - يجب تعيين أماكن تواجد واتجاه وخصائص أسطح عدم الإتصال أثناء الإستكشاف .

٢ - يجب أن يكون الجهد المبذول فى تعيين اتزان ميول الحفر بقدر متناسب مع حجم المشروع والنتائج المترتبة عند حدوث أى انهيار .

**التصريف**

١- يجب العمل على عدم تمكين المياه من دخول الشروخ أو الكسور الموجودة فى الميول عند القيام بتصريف المياه من الشروخ.

٢ - يجب عمل ميل لسطح الأرض خلف قمة الإنحدار أو الميل لمنع تكوين برك مياه وكذلك تقليل تسرب المياه .

**شكل الميل**

- يجب أن يتم نقل الكتل الصخرية التى يتوقع سقوطها .

**تسليح الصخر**

- يلزم أن يستخدم التسليح بالتثبيت الرأسى بمسامير أو شدادات خلف الحفر قبل التنفيذ لمنع انزلاق جوانب الحفر على مستويات عدم الإتصال .

**الدعم الميكانيكى وطرق الحماية للصخور**

- يجب حماية منطقة العمل من تساقط قطع الصخر الصغيرة المفككة داخل الموقع عن طريق تدبيس شبكات من السلك بواسطة أوتاد قصيرة short dowels على أسطح الحفر.

**حماية مادة الصخر الحساسة**

١ - يجب خلال مرحلة الإستكشاف تحديد سرعة تعرض مادة الصخر للتدهور ويجب فحص الصخور المنكشفة وحالتها وطول مدة تعرضها للعوامل الجوية .

٢ - يجب العمل على حماية الصخور التى قد يحدث لها تجويه أو تدهور سريع عند كشف سطحها نتيجة عمليات الحفر .

**٧/١٠ طرق الحماية لمادة الصخر**

**الخرسانة المرشوشة بالقذف**

- يجب عمل ثقوب كالفتحات الدمعية weep holes فى الخرسانة المرشوشة حتى لاتحدث الزيادة فى ضغط المياه الموجود بين الصخر وطبقة الحماية ، وحتى لا تتساقط الخرسانة المرشوشة .

**الخرسانة الضعيفة أو الحقن الطرى**

- يحظر استخدام الخرسانة الضعيفة والحقن الطرى للحماية على أسطح الصخور الأفقية أو المائلة بأقل من ٤٥ درجة .

**خرائط الحفر والرصد**

١ - يجب أن تكون الخرائط الجيولوجية جزءاً مكملاً لفحص الحفر المنفذ فى الصخر .

٢ - يجب أن يقوم جيولوجى المشروع بإعداد الخرائط والتقرير للتأكيد على أن السطح النهائى للصخر قد تم فحصه واستكشافه وبالتالي يكون مساعداً لأي حالات جيولوجية معاكسة من الممكن توقعها أثناء التنفيذ .

**الصور الفوتوغرافية**

١ - يجب على المسئول عن إعداد تقرير التنفيذ للأساس الصخرى تصوير أسطح الحفر كلها وجميع مراحل التنفيذ، وقد يطلب من المقاول القيام بهذه المهمة .

٢ - يجب أن يوضح على كل صورة ، الموضوع ، التاريخ ، اتجاه التصوير direction of view ، النقطة التى تم التصوير فيها vantage point ، المصور وأى معلومات أخرى قد يكون لها علاقة بالموضوع .

٣ - يجب أن يتم تغطية المشروع بالتصوير الكامل.

**الرصد عند التنفيذ**

١ - يجب إجراء الرصد المنتظم لخطوات التنفيذ ، ورصد دائم وشامل للحفر على قدر الإمكان للتأكد أن المعلومات التى يتم الحصول عليها كاملة وطبقاً لحالة الصخر المرفوعة من الطبيعة As built condition of the rock foundation .

٢ - يجب استخدام قائمة معدة مسبقاً check list لتمكين المفتشين على الموقع من إعطاء وصف مختصر للملامح المختلفة للصخر والأساسات والأنشطة المختلفة للتنفيذ .