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

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

الجزء الأول : ١/٢٠٢
دراسة الموقع

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات

طبعة ٢٠٠٧

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

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

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

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

قـــــرر

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

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

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

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

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

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

١/ دراسة الموقع

١/١ مقدمة عامة

١/١/١ المجال

يهدف هذا الجزء من الكود إلى توصيف وتحديد كافة الجوانب الجيوتقنية والهندسية للتربة والصخور التي تتعلق بمختلف الجوانب لأي مشروع هندسي سواء من ناحية صلاحية الموقع والمشكلات المتوقعة ، أو جوانب التخطيط والاساسات ، أو من ناحية الحفر أو المياه الأرضية ، وعلاقة ذلك بتنفيذ المشروع وسلامة منشآته مستقبلا . وتمتد هذه الدراسة بطبيعة الحال إلى تحديد الخواص الهندسية لتربة أي موقع إلى دراسة تأثير هذه الخواص على المنشآت المجاورة للمنشآت التى سوف تبنى مستقبلا وذلك فى حالات التعمير أو المشاريع الكبرى. كما تشمل الدراسة بحث كافة النواحى الطبوغرافية والجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية لمنطقة المشروع والأبعاد الهندسية المترتبة على كل منها وذلك فى غياب أي بيانات متاحة تخص مثل هذه الدراسات للمنطقة .

٢/١/١ عموميات

يمكن تقسيم المشروعات طبقاً للفحص المطلوب كما يلي :-

(أ) مشروعات التصنيع والإسكان الكبرى فى مناطق الامتداد العمراني.

(ب) مشروعات الري والقناطر الكبرى والموانى ومشروعات البنية الأساسية والتجمعات العمرانية.

(ج) مشروعات المنشآت تحت سطح الأرض (الأنفاق – المخابئ).

(د) مشروعات الإنشاء داخل المدن .

(هـ) مشروعات مقامة فعلا وتحتاج لدراسة نظراً لحدوث ظواهر جديدة نتيجة لتحركات التربة أو خلافه.

وتتحدد مدى صلاحية الموقع أو التنبؤ بالمشكلات المستقبلية وكذلك بسلوك المنشآت التى سوف تقام مستقبلا على نتائج دراسة فحص الموقع سواء فى ذلك دراسات بالموقع مثل الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيقية والجيومورفولوجية وعمل الجسات واستخراج العينات أو الدراسات المعملية لتحديد الخواص الهندسية للتربة والصخور وعلى أن يتوافر لهذه الدراسات العدد الكافي من الفنيين والمهندسين والأجهزة اللازمة سواء بالموقع أو بمعامل الاختبارات .

ومن المعلوم أن التربة والمواد الصخرية عموما كمادة هندسية ليست لها معاملات نابعة من مواصفات محددة (كما هو الحال فى تصميم العناصر الخرسانية وغيرها) بل يلزم لذلك تحديد هذه المعاملات عن طريق القياسات المعملية أو الحقلية على عينات من هذه الطبقات كما سيأتي ذكره بالتفصيل ، ويعتبر هذا اختلافاً جوهرياً بين التربة والصخور وبقية المواد الهندسية المستخدمة إنشائيا .

وجدير بالذكر أنه لنجاح أى تجارب معملية فلابد من أن يتم استخراج عينات التربة والصخور بطريقة سليمة وأن تصل هذه العينات إلى المعامل بحالة جيدة وأن يتم تجهيز العينات للتجارب المعملية بطريقة سليمة تضمن تمثيل العينات تمثيلا تاما لأعماق التربة التى أخذت منها. وبدون هذه الاحتياطات فسوف تبعد النتائج المعملية عن الغرض الذى أعدت من اجله . ومن المعلوم أن استخراج العينات الطبيعية وغير المقلقلة من بعض أنواع التربة مثل الطين اللين أو شديد الليونة أو الرمل (خاصة الرمل اسفل مستوى المياه الأرضية) يحتاج إلى أجهزة خاصة يكون من الصعب توفيرها فى أحوال كثيرة ، وربما تتدخل فى ذلك أيضا عوامل خارجة عن ارادة المهندسين الباحثين مثل زيادة التكاليف أو قلة الأجهزة أو قلة الفنيين المدربين ، وفى هذه الحالة يمكن اللجوء إلى أجراء التجارب الحقلية الخاصة . أما العينات المقلقلة المستخرجة من الجسات فتستخدم فى التصنيف وتحديد الخواص الطبيعية . ويتوقف المدى الذى يصل إليه عدد وعمق نقاط الفحص بالموقع وكميات التجارب المعملية والحقلية وعمق الفحص داخل طبقات التربة وعلى عدد من العوامل الطبيعية والإنشائية الخاصة بكل مشروع .

وفى هذا المقام فأنه من الملائم أن يصير تقسيم الدراسة المطلوبة لكل موقع طبقاً للسمات الرئيسية للمشروع فعلى سبيل المثال لا الحصر فلدراسة المشاريع العمرانية ولتحديد مواقع المدن الجديدة فلابد وأن يستلزم هذا العديد من الدراسات العمرانية والتخطيطية والاقتصادية . ويلزم لأي موقع لمدينة جديدة ألا تتعارض السمات الطبوغرافية أو الموروفولوجية بصورة جوهرية مع النواحى التخطيطية وذلك بغية الوصول إلى اقل التكاليف بالنسبة للأعمال الإنشائية كالأساسات أو غيرها من مشروعات البنية الأساسية ، وكذلك لتحقيق اكبر قدر من الأمان بالنسبة لعناصر المشروع .

وإذا اعتبرنا الأعمال التى تجرى بالموقع أو بالمعمل لتحديد الخواص الهندسية للتربة وللصخور من الأعمال الهامة هندسيا فان الدقة المستوفاة فيها لايمكن الحصول عليها ألا بالإشراف الدقيق بدءاً من أولى عمليات الفحص كالدراسات الحقلية ثم الجسات والتجارب ونهاية بالتحليل لكافة هذه

البيانات والتى لابد وأن يتضمنها تقرير عام يوضح مدى صلاحية الموقع ومشكلاته الهندسية والعناصر الهامة للتصميم والتخطيط .

ولتحقيق هذا تبين لنا ضرورة تواجد مهندس مختص للإشراف على الاختبارات الحقلية وتنفيذها ينتهي عمله بتقرير مفصل متضمنا كافة المشاهدات التى صادفت تنفيذ الجسات أو الأعمال الحقلية، مثل تغير مستوى المياه الأرضية أثناء الجسات وحالة الموقع بصفة عامه وأية ملاحظات مطلوبة لاعداد التقرير الفني المتكامل بكافة الجوانب الجيوتقنية للمشروع كما يساعد رأى المهندس المشرف على تحديد عدد التجارب المعملية ونوعها سواء تجارب الخواص الطبيعية أو الخواص الميكانيكية أو الكيميائية (للتربة والصخور أو للمياه الأرضية) . ويجدر الإشارة إلى أن من الضروري وقبل تنفيذ الجسات والإعداد لدراسة الموقع أن يكون أخصائى التربة والمهندس المشرف ملمين بكافة متطلبات التصميم التى يحددها مهندس المشروع (والتى على ضوئها تتقرر نوعية الدراسة المطلوبة وعدد الجسات وأعماقها وأعداد ونوعيات العينات) كما يلزم أن يكون أخصائي التربة المكلف بدراسة الموقع ملما بكافة المعلومات المتاحة عن الموقع قبل البدء فى أعمال أبحاث التربة كلما أمكن ذلك ، وتسمى هذه المرحلة بعملية استطلاع الموقع وتعتمد على الآتي :-

(أ) نوع المنشأ أو المنشآت أو المشروع المراد إنشاؤه والهدف من استخدامه وخواصه الهندسية والمعلومات المبدئية عن طريقة التنفيذ .

(ب) نوع وخواص التربة أو الصخور المحتمل تواجدها بالموقع . ويمكن أن يتم ذلك عن طريق فحص الخرائط الجيولوجية والجيوتقنية الموجودة أو التى يمكن الحصول عليها من المعاهد المتخصصة أو مراكز الاستشعار عن بعد (وهذه المعلومات لا تغنى عن أجراء الجسات بل ربما تقلل من عددها) .

(ج) المعلومات المتاحة من المقيمين بمنطقة البحث أو ما يجاورها عن طبيعة التربة ونوع الأساس المستخدم والغالب فى المنطقة والمشاكل التى قد تواجه المشروع من وجهة نظرهم.

٢/١ استطلاع الموقع

يعتبر استطلاع الموقع أو المواقع المقترحة لإقامة المشروعات المرحلة الأولية لدراسة واختبار الموقع حيث تشمل هذه المرحلة البحث ودراسة المعلومات المتاحة حول الموقع أو المواقع. وقد تكون هذه المعلومات من الشمول بحيث يمكن معرفة جدوى كل موقع اقتصاديا وفنيا لتحقيق الهدف. وأهم ما تشمله هذه المعلومات مايلى:-

(أ) السمات الطبوغرافية المميزة لكل موقع مقترح ويتم معرفة هذة المعلومات من الخرائط المساحية أو الصور الجوية التى تقوم الدولة وهيئاتها بإصدارها .

(ب) السمات الجيولوجية العامة للموقع وأنواع الصخور والترسيبات السطحية والإمكانيات المتاحة لمصادر مواد الإنشاء . وتتوافر هذه المعلومات بالهيئات المختصة كهيئة المساحة وهيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية والمساحة العسكرية وشركات التنقيب عن البترول والجامعات.

(ج) نتائج أعمال الحفر أو الجسات أو الأعمـــال التى تكون قد تمت بالموقع أو المناطق المجاورة .

(د) البنية الأساسية واحتمالات امتدادها (الطرق – المواصلات الأخرى – المياه والصرف والكهرباء .....إلخ) وذلك بالنسبة للموقع أو المواقع المقترحة .

١/٢/١ الدراسات الاستكشافية للموقع

١/١/٢/١ المساحة الطبوغرافية

تمثل الخرائط الطبوغرافية للموقع الأساس للدراسات المبدئية ويفي بأغراض هذه المرحلة إنتاج خرائط طبوغرافية بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ وبفترة كنتورية كل ١,٥ متر ويجب أن توضح هذه الخرائط السمات الطبوغرافية التالية :

(أ) حدود الموقع والطرق المؤدية إليه .

(ب) الأعمال الإنشائية المجاورة والمنشآت القديمة والآثار والمناجم والمحاجر .

(ج) المعالم الطبيعية كالعيون والترع ومخرات السيول والوديان والملاحات والأراضي ذات الطبيعة الخاصة ومواقع الإنهيارات الأرضية . وعند البدء فى الأعمال التفصيلية يتم إنتاج خرائط طبوغرافية بمقياس ١ : ١٠٠٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ وفترة كنتورية تتراوح بين ٢٥ : ١,٠٠ متر أو حسب ما يتطلبه المشروع .

وأنواع الخرائط الطبوغرافية هى:

(أ) ما يتم الحصول عليها من المساحة الطبوغرافية التى تقوم الهيئة العامة للمساحة ببيعها .

(ب) ما يتم إنتاجها بأساليب المساحة الأرضية .

(ج) ما يتم إنتاجها بأساليب مساحية أخرى كالمساحة الجوية .

٢/١/٢/١ المعلومات الجيولوجية

تشمل المعلومات الجيولوجية لموقع المشروع على :

(أ) وصف الوحدات الصخرية للترسيبات التى تغطى سطح الموقع (الجيولوجيا السطحية) .
(ب) وصف الوحدات الصخرية للترسيبات وتتابعها حتى عمق مناسب تحت سطح الموقع .
(ج) تحديد العوامل التى أثرت فى الوحدات الصخرية والعكاساتها الهندسية .
(د) تحديد العوامل الجيولوجية ذات التأثير على تخطيط المشروع وتصميمه وتنفيذه .

ومصادر المعلومات الجيولوجية العامة هى:

(أ) الجيولوجيا السطحية :

(أ-١) يتم تحديد أنواع الصخور والترسيبات التى تغطى سطح الموقع وتوقيعها على الخرائط الطبوغرافية من واقع الخرائط والتقارير الجيولوجية التى تصدرها الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية والجامعات وشركات البترول والتعدين والهيئات العلمية والجيولوجية .

(أ-٢) يتم أخذ عينات من الوحدات الصخرية الموجودة على سطح الموقع بأسلوب الحفر المكشوف (إن أمكن) ودراستها وتحديد نوع الصخر والمعادن المكونة له ، وذلك لتأكيد المعلومات المتاحة بالخرائط الجيولوجية السطحية ، أو لعمل هذه الخرائط إذا لم تكن متاحة . ويتم الاستعانة بالبحوث الجيولوجية المتاحة بالتفصيل لبعض المناطق الهامة .

(ب) الجيولوجيا تحت السطحية أو تتابع طبقات التربة :

(ب-١) يتم تحديد التتابع الصخري والليثولوجى تحت سطح الموقع وبعمق ملائم لعمل القطاعات الجيولوجية تحت السطحية وذلك من واقع الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والتقارير الجيولوجية الصادرة من الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية والجامعات وشركات البترول والتعدين أو من واقع أعمال الحفر التى تمت بالموقع .

(ب-٢) يستخدم أسلوب التنقيب فى الحصول على العينات الممثلة للقطاع الجيولوجي تحت السطحي ، ثم يتم دراسة هذه العينات لتحديد التركيب المعدني للصخور والترسيبات الصخرية وخواصها الطبيعية والميكانيكية وكذلك يتم توقيع أماكن التنقيب وأعماقها على الخريطة الطبوغرافية أو الجيولوجية السطحية المتاحة لعمل القطاعات الجيولوجية تحت السطحية للموقع .

(ج) الخرائط التركيبية :

(ج-١) تصدر هذه الخرائط الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية وشركات البترول والتعدين وكذلك تتواجد فى التقارير العلمية للجامعات والمعاهد ، وتبين هذه الخرائط التراكيب الجيولوجية بالموقع وانعكاساتها السطحية .

(ج-٢) يتم الاستفادة من هذه الخرائط فى تحديد الأثر الهندسي للتراكيب الجيولوجية الموجودة بالموقع ، مثل الفوالق والطيات والتشقق .

٣/١/٢/١ المعلومات الجيومورفولوجية

يمكن الحصول على هذه المعلومات من الخرائط الجغرافية المتاحة ومن تقارير الجامعات والمعاهد والوزارات المهتمة بالسيول والوديان وتكمل هذه المعلومات ما سبق من الدراسات الطبوغرافية والجيولوجية والصور الجوية حيث أنها تركز على توضيح :

(أ) المعالم الطبوغرافية ونشأتها وخاصة الوديان ومخرات السيول ومجارى المياه .

(ب) خواص الترسيبات السطحية التى تغطي أرض الموقع .

(ج) أماكن الانهيارات الأرضية أو احتمالات حدوثها والمنحدرات الصخرية وإتزانها .

٤/١/٢/١ المعلومات الهيدرولوجية

تتاح هذه المعلومات من خلال التقارير والدراسات وأعمال الحفر التى تجريها الهيئات والجامعات والمعاهد المهتمة بأعمال الري والمياه الجوفية . وتشمل هذه المعلومات على :

(أ) دراسة خزانات المياه الجوفية .

(ب) دراسة حركة المياه الجوفية خلال ومن وإلى هذه الخزانات الجوفية .

(ج) دراسة تغير نفاذية الوحدات الصخرية الحاملة للمياه ، أو المكونة للخزان الجوفي .

(د) تحليل المياه الجوفية (التركيب الكيميائي ، الملوحة ، التحاليل البكتريولوجية) .

(هـ) دراسة حول الآبار والسيول وعلاقتها بالخزان الجوفي .

(و) الدراسات والبيانات المناخية .

٥/١/٢/١ المسح الجيوفيزيقى

تستخدم المساحة الجيوفيزيقية بأساليبها المختلفة لتأكيد أو تفصيل أو لعمل الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والخرائط التركيبية وكذلك العديد من المعلومات الهندسية كما سيأتي ذكره . كذلك تعتبر المساحة الجيوفيزيقية أحد الوسائل المتاحة لانتاج الخرائط الهيدرولوجية .

ويمكن استخدام الوسائل الجيوفيزيقية بالمواقع الساحلية ، وكذلك استكشاف مواقع السدود والخزانات والأنفاق والآثار المدفونة والطرق السريعة والمنشآت ذات الاتساع الأفقي .

٣/١ تصنيف الصخور

تعرف الصخور بأنها تكوين طبيعي متماسك من المعادن لا يمكن كسره باليد ولا يتفتت عند تعرضه للبلل والجفاف لأول مرة . وتحتوى الصخور فى الطبيعة على بعض التراكيب الجيولوجية مثل التكهفات والفواصل والفوالق والتشققات ومستويات التطبق والتفلق التى تعتبر أسطح ضعف تؤثر على سلوك الكتل الصخرية تحت تأثير الأحمال . لذا تم التركيز على طرق الوصف والتصنيف والتى تهتم بتأثير هذه السمات .

١/٣/١ التصنيف الجيولوجي

التصنيف الجيولوجي للصخور يهتم بالدرجة الأولى بالمعادن وهو ضروري لمعرفة التراكيب الجيولوجية بالمنطقة ومن ثم إيجاد علاقة مع نتائج الجسات المنفذة والتمييز بين الركام والقاع الصخري . كما تظهر أهمية هذا التصنيف فى حالة استخدام الصخور كمادة إنشاء .

١/١/٣/١ الصخور النارية

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية igneous rocks (حوالى ٩٥% بالحجم) التى يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة molten أو الماجما magma داخل القشرة الأرضية أو قريبا من سطح الأرض. وتبعا للأعماق التى توجد عندها الصخور النارية فأنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هى:

(أ) صخور جوفية plutonic أو متداخلة intrusive: وتوجد عند أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها صخور الجرانيت granite والديوريت diorite، وجابرو gabbro ويرجع ظهورها على السطح إلى الحركات التكتونية التى ربما تعرضت لها هذه الصخور .

(ب) صخور سطح جوفية exrrusive : وتوجد عند أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها بورفير الكوارتز quartz والبورفيريت والدوليريت.

(ج) صخور بركانية أو مقذوفة : وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت basalt والاندسيت والدوليرت dolerites.

ويمكن استخدام الوسائل الجيوفيزيقية بالمواقع الساحلية ، وكذلك استكشاف مواقع السدود والخزانات والأنفاق والآثار المدفونة والطرق السريعة والمنشآت ذات الاتساع الأفقي .

٣/١ تصنيف الصخور

تعرف الصخور بأنها تكوين طبيعي متماسك من المعادن لا يمكن كسره باليد ولا يتفتت عند تعرضه للبلل والجفاف لأول مرة . وتحتوى الصخور فى الطبيعة على بعض التراكيب الجيولوجية مثل التكهفات والفواصل والفوالق والتشققات ومستويات التطبق والتفلق التى تعتبر أسطح ضعف تؤثر على سلوك الكتل الصخرية تحت تأثير الأحمال . لذا تم التركيز على طرق الوصف والتصنيف والتى تهتم بتأثير هذه السمات .

١/٣/١ التصنيف الجيولوجي

التصنيف الجيولوجي للصخور يهتم بالدرجة الأولى بالمعادن وهو ضروري لمعرفة التراكيب الجيولوجية بالمنطقة ومن ثم إيجاد علاقة مع نتائج الجسات المنفذة والتمييز بين الركام والقاع الصخري . كما تظهر أهمية هذا التصنيف فى حالة استخدام الصخور كمادة إنشاء .

١/١/٣/١ الصخور النارية

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية igneous rocks (حوالى ٩٥% بالحجم) التى يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة molten أو الماجما magma داخل القشرة الأرضية أو قريبا من سطح الأرض. وتبعا للأعماق التى توجد عندها الصخور النارية فأنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هى:

(أ) صخور جوفية plutonic أو متداخلة intrusive: وتوجد عند أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها صخور الجرانيت granite والديوريت diorite، وجابرو gabbro ويرجع ظهورها على السطح إلى الحركات التكتونية التى ربما تعرضت لها هذه الصخور .

(ب) صخور سطح جوفية exrrusive : وتوجد عند أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها بورفير الكوارتز quartz والبورفيريت والدوليريت.

(ج) صخور بركانية أو مقذوفة : وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت basalt والاندسيت والدوليرت dolerites.

٢/١/٣/١ الصخور الرسوبية

تصنف الصخور الرسوبية sedimentary rocks على أساس نشأة الرواسب إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

(أ) **الرواسب الميكانيكية** : تتكون الرواسب الميكانيكية من حبيبات المعادن الناتجة من التفتيت الميكانيكي لجميع أنواع الصخور، وتنقل المواد المفتتة بفعل المياه أو الهواء أو الجاذبية إلى أماكنها الحالية التى ترسبت فيها .

(ب) **الرواسب العضوية** : تتكون هذه الرواسب من تراكم بقايا المواد العضوية التى خلفتها الحيوانات أو النباتات التى تعيش فى البحار أو اليابس ، وتحتوى غالباً على حفريات تدل على نشأتها ، وتنقسم الرواسب العضوية إلى رواسب جيرية وسيليسية وكربونية وحديدية وفوسفاتية .

(ج) **الرواسب الكيميائية** : تنشأ الرواسب الكيميائية من عملية التبخر أو التفاعل الكيميائي بين المحاليل التى كانت هذه المواد مذابة فيها ، ومن أمثلتها بعض الرواسب الجيرية والرواسب الملحية أو التبخيرية .

٣/١/٣/١ الصخور المتحولة

الصخور المتحولة metamorphoic rocks هى الصخور الرسوبية أو النارية التى تأثرت بالضغط أو الحرارة أوكليهما من مصادرها التكوينية مما ادى إلى تغير فى خواصها البنائية والميكانيكية مثل الكوارتزيت والشيست schist والنيس gneiss. وقد يصاحب هذا التحول تغير فى التركيب إذا توفرت العوامل المؤثرة لذلك . ويوضح الجدول رقم (١-١) التصنيف الجيولوجي للصخور .

٢/٣/١ التصنيف الهندسي للصخور

تقدر صلاحية الصخور من الناحية الهندسية بمقاومة وقيم الضغط لمادة الصخر والسمات الجيولوجية التى تؤدى إلى انفصال الكتل الصخرية عن بعضها . فيما يلي أساليب التصنيف لمادة الصخر والكتل الصخرية من واقع مكاشف الطبقات أو الجسات أو أعمال الحفر .

جدول (١-١) التصنيف الجيولوجي للصخور

Igneous نارية			Metamorphic متحولة		Sedimentary رسوبية								المجموعة الوراثية
Massive jointed				تركيب صخري	صخور ذات مستويات ترسيب (Bedded)								التكوين
صخور ذات تركيب متبلور أو زجاجي (Cryptocrystalline)						(detrital grains)							
كوارتز ، فلسبار ، ميكا و معادن فلسبارتيه			يعتمد على صخور الأصل	كوارتز - فلسبار ميكا معادن معتمة	صخور كيميائية عضوية	٥٠% من الحبيبات الدقيقة من أصل ناري		>٥٠ % من الحبيبات جيرية		حبيبات الصخر من الكوارتز والفلسبار و معادن الطين		النسيج	حجم الحبيبات مم
أساسي	متوسط	حمضي											
		Pegmatite بجماتيت	كوارتزيت Quartzite رخام Marble هورنفلس Hornfels أمفيبوليت Amphibolite	(نيس) Gneiss	صخور ملحية: Saline rocks هاليت ، انهيدريت، جبس gypsum حجر جيري Limestone دولوميت Dolomite خث Peat لجنيت Lignite فحم Coal	حبيبات مستديرة agglomerate أجلومرات حبيبات غير مدببة بريشيا نارية	رماد بركاني	كلك روديت Calci Rudite	حجر جيري Limestone	حبيبات مستديرة كونجلومرات حبيبات غير مدببة بريشيا	Rudaceous	حبيبات خشنة جداً	٦٠
جابرو Gabbro	ديوريت Diorite	جرانيت Granite										حبيبات خشنة	
Dolerite دولريت	Microdiorite ميكرو ديوريت	Microgranite ميكرو جرانيت				تف Tuff.		كلك رنيت Calci Arenite		حجر رملي Quartz كوارتز Arkos اركوز جريواك Grauwac	Arenaceous	رملي الحبيبات	٢
ريوليت Rhyolite	انديسيت Andesite	بازلت Basalt						طباشير Calci Lutite (chalk)		حجر طيني رطبي Shale طفل حجر طمي Siltstone حجر طيني Claystone	Arigllaceous	طفلي الحبيبات / طيني الحبيبات	٠,٠٦ / ٠,٠٠٢
Volcanic Glasses زجاج بركاني					Chert شرت flint ظران							Glassy زجاجي	

١/٢/٣/١ التصنيف طبقاً للصلابة

تتراوح صلابة strength مادة الصخر ما بين صلب للغاية إلى ضعيف جدا وذلك تبعا لمقاومتها للضغط المحوري uniaxial compressive strength والجدول رقم (١-٢) يوضح هذا التصنيف . ويمكن التمييز بين التربة وبعض أنواع الصخور بتحديد مقاومة الضغط المحوري للعينات بعد الغمر بالمياه . كما توجد بعض التكوينات الطبيعية التي تعامل هندسيا على أنها تربة على الرغم من تصنيفها جيولوجيا كصخور، ومثال ذلك الصخور الضعيفة ذات مقاومة للضغط أقل من ١,٢٥ ميجانيوتن/م^{٢}(١٢,٥ كجم/سم^{٢}) والتكوينات التي يمكن حفرها يدويا أو باستخدام الحفار الميكانيكي والرمل المتماسك أو الزلط المتماسك المحتوى على رمال وزلط غير متماسك.

جدول (١-٢)التصنيف طبقا لدرجة الصلابة

درجة الصلابة	إختبار الموقع	الضغط المحوري ميجانيوتن/م٢ (كجم/سم٢)
صلب للغاية	يمكن كسر عينة من الصخر السليم بالدق عدة مرات عليها بالشاكوش الجيولوجي	٢٠٠ (٢٠٠٠)
صلب جداً	يمكن كسر عينة من الصخر السليم بالدق عليها عدة مرات بالنهاية الطرفية المدببة للشاكوش الجيولوجي	١٠٠-٢٠٠ (١٠٠٠-٢٠٠٠)
صلب	يمكن كسر عينة من الصخر السليم بالدق عليها بالنهاية الطرفية بالشاكوش أكثر من مرة	٥٠-١٠٠ (٥٠٠ - ١٠٠٠)
متوسط الصلابة	لا يمكن خدشه أو كشط شريحة منه بالسكين. يمكن كسر العينة بطرف المطرقة المدببة بضربة متوسطة القوة	١٢,٥-٥٠ (١٢٥ - ٥٠٠)
متوسط الضعف	يمكن خدشه أو كشط سطحه بالسكين يمكن أحداث فجوات عرضها من ١مم إلى ٣مم على سطح العينة بالنهاية الطرفية للمطرقة المدببة	٥,٠٠-١٢,٥ (٥٠ - ١٢٥)
ضعيف	ينهار بمجرد طرقه بالنهاية الطرفية للمطرقة . يمكن كشط شريحة منه بالسكين	١,٢٥-٥,٠٠ (١٢,٥ - ٥٠)
ضعيف جداً	يمكن خدشه بالأظافر	أقل من ١,٢٥ أقل من(١٢,٥)

١/٣/٢/١ التصنيف طبقاً لدرجة التجوية

تتأثر الصخور السطحية بعوامل التجوية weathering ويقل تأثير هذه العوامل مع العمق . وحيث أن معظم الأعمال الإنشائية تقع بالقرب من سطح الأرض ، أى داخل المنطقة المتأثرة بعوامل التجوية ، لذا يعتبر هذا التصنيف له أهمية خاصة والجدول رقم (١-٣) يوضح تصنيف الصخور طبقاً لدرجة التجوية .

جدول (١-٣) التصنيف طبقا لدرجة التجوية

درجة التجوية	الصفة التشخيصية لدرجة التجوية
أصلية التكوين	ليس هناك علامات تحلل أو تغير فى اللون- ينتج عنها رنين عند الطرق عليها
غير مجوى	تغير طفيف فى اللون تجاه الداخل بالنسبة للأجزاء المكشوفة- خلاف ذلك ينتج عنه رنين عند الطرق عليه
متوسط التجوية	تغير فى اللون من مكان لأخر- تحلل المعادن الضعيفة مثل الفلسبار- المقاومة فى أى موضع أقل بالمقارنة بالصخر الأصلى- العينات المستخرجة منها لا يمكن كسرها باليد أو خدشها بالسكين
عالى التجوية	كل المعادن تم تحللها- يمكن كسرها باليد بمجهود أو خدشها بالسكين- التكوين الحجرى يتكون من كتل صخرية- النسيج البنائى للصخر موجود
تام التجوية	كل المعادن تم تحللها إلى تربة والعينات يمكن تفتيتها بسهولة - جزء من النسيج لازال موجوداً
التربة المتبقية	حالة متقدمة من التحلل تنتج تربة لدنة- التركيب النسيجى والبنائى للصخر تهدم تماماً- تغير كبير فى الحجم

٢/٣/٢/١ التصنيف طبقاً للحجم الحبيبي للتكوين الصخري

تتوقف صلابة مادة الصخر على الحبيبات المكونة للتكوين الصخري texture من حيث الحجم والشكل والترتيب . ويتم تحديد حجم الحبيبات المكونة للنسيج بالعين المجردة أو باستخدام عدسة يدوية . والجدول رقم (١-٤) يوضح التصنيف وتسمية الصخر طبقاً للحجم الحبيبي للتكوين الصخري .

جدول (١-٤) التصنيف طبقاً للنسيج الصخري

(أ) صخور رسوبية

التكوين الصخري	القطر المكافئ للحبيبات (مم)	وصف الحبيبات	اسم الصخر
كبير الحبيبات	٢ <	زلط وركام	كونجلوميريت(*) - بريشيا- تيللت
متوسط الحبيبات	٢ -٠,٠٦	رمل	الصخور الرملية بأنواعها السيلسية والجيرية
دقيق الحبيبات	٠,٠٦ -٠,٠٠٢	طين وطمى	الحجر الطينى- الحجر الطميى- الشيل
حبيبات دقيقة جداً (غير متبلور)	٠,٠٠٢ >	----	الفحم- اللجنيت

* تصنف المادة اللاحمة للكونجلوميريت (مثلا طين - رمل ..... الخ)

(ب) صخور نارية ومتحولة

التكوين الصخرى	القطر المكافئ للحبيبات(مم)
كبير الحبيبات	٥ <
متوسط الحبيبات	١-٥
دقيق الحبيبات	١ >
فانيت	حجم الحبيبات صغير جداً بحيث لايمكن تحديده بالعين المجردة
زجاجي	التكوين غير حبيبى

٤/٢/٣/١ التصنيف طبقا للسمات التركيبية

غالبا ما تحتوى الصخور على أسطح انفصال discontinuities (فواصل أو تشققات أو أسطح ترسيب) تفصل الكتل الصخرية عن بعضها البعض . هذه الأسطح تؤثر على سلوك الصخور ، لذا يتم تصنيف الصخور تبعا للمسافات بين أسطح الانفصال و/ أو أسطح الترسيب . والجدول رقم (١-٥) يوضح هذا التصنيف .

جدول (١-٥) التصنيف طبقا للمسافات بين أسطح الانفصال

وصف الصخر	المسافة بين أسطح الإنفصال (متر)
سميك جداً (كتلى)	أكبر من٢
كتل سميكة	٠,٦ - ٢
كتل متوسطة السمك	٠,٢ - ٠,٦
كتل رقيقة	أقل من ٠,١
صفائحي	٠,٠٠٦ - ٠,٠٢
قشري	أقل من ٠,٠٠٦

٥/٢/٣/١ التصنيف طبقاً لحالة التشققات

يعتبر معامل جودة الصخر (RQD) مقياس لحالة التشققات fracture state فى الصخر ويحسب من العينات اللبية المستخرجة من الجسات، والجدول رقم (١-٦) يوضح هذا التصنيف طبقاً لحالة التشـــققات . ويلاحظ أنه يمكن تعيين دليل يوضح حالة التشققات بالموقع وذلك بتحديد النسبة بين سرعة الموجات السيزمية فى الموقع ونظائرها بالمعمل .

٣/٣/١ أسلوب وصف الصخور

يتم توصيف الصخور بالترتيب التالي :-

الاسم- الصلابة - درجة التجوية- أسطح الانفصال- حجم الحبيبات- اللون . وفيما يلي أمثلة لذلك :-

(أ) وصف صخر متحول :

نيس- صلب للغاية - أصلي التكوين - صفحي - متوسط الحبيبات - رمادي غامق .

(ب) وصف صخر رسوبي :

حجر رملي وميكا- متوسط الصلابة – متوسط التجوية – كبير الحبيبات- بنى مصفر.

(ج) وصف صخر ناري :

دولوريت وكوارتز – صلب- تغير جزئ فى اللون – متوسط الحبيبات- رمادي غامق مخضر

جدول (١-٦) التصنيف طبقا لحالة التشققات

معامل جودة الصخر(*) RQD -%	معايير السرعة (**)	(الجودة) التصنيف
١٠٠ -٩٠	١,٠٠ -٠,٨	(ممتاز) عالي الجودة
٩٠ -٧٥	٠,٨ -٠,٦	(جيد) قليل التكسير
٧٥ -٥٠	٠,٦ -٠,٤	(مقبول) متوسط التكسير
٥٠ -٢٥	٠,٤ -٠,٢	(ضعيف) ضعيف الجودة
صفر- ٢٥	٠,٢ -٠,٠	(ضعيف جدا) عالي التكسير

(*) معامل جودة الصخر = مجموع اطوال أجزاء العينة اللبية ذات أطوال اكبر من ١٠سم / الطول الكلى المخترق بجهاز أخذ العينات

(**) معايير السرعة = [سرعة موجات الضغط مقاسة فى الموقع / سرعة موجات الضغط مقاسة فى المعمل]^{٢}

٤/٣/١ الاختبارات الحقلية والمعملية لتحديد الخواص التبويبية

يتم إجراء بعض الاختبارات التبويبية index tests على العينات اللبية الممثلة للتكوينات الصخرية مثل نسبة الرطوبة ووزن وحدة الحجوم ونسبة الفراغات . والجدول رقم (١-٧) يوضح نتائج نموذجية لبعض هذه التجارب على أنواع مختلفة من الصخور .

قد تتطلب بعض المشروعات إجراء اختبارات أخري مثل تحديد معامل النفاذية – مقاومة الضغط المحوري point load strength- نسبة الامتصاص- تسلخ الصخر slaking durability- سرعة الموجات السيزمية وذلك تبعاً لنوع الصخر .

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

الصخر	وزن وحدة الحجوم كيلونيوتن/م^3 (جم/سم^3)	نسبة الفراغات (%)
جرانيت	٢٦ – ٢٨ (٢,٦ – ٢,٨)	١,٥ – ٠,٥
دوليريت	٣٠ – ٣٠,٥ (٣,٠٠ – ٣,٠٥)	٩,٥ – ٠,١
ريوليت	٢٤ – ٢٦ (٢,٤ – ٢,٦)	٦ – ٤
اندسيت	٢٢ – ٢٣ (٢,٢ – ٢,٣)	١٥ – ١٠
جابرو	٣٠ – ٣١ (٣,٠٠ – ٣,١)	٠,٢ – ٠,١
بازلت	٢٨ – ٢٩ (٢,٨ – ٢,٩)	١ – ٠,١
حجر رملى	٢٠ – ٢٦ (٢,٠٠ – ٢,٦)	٢٥ – ٥
حجر طينى	٢٠ – ٢٤ (٢,٠٠ – ٢,٤)	٣٠ – ١٠
حجر جيرى	٢٢ – ٢٦ (٢,٢ – ٢,٦)	٢٠ – ٥
دولوميت	٢٥ – ٢٦ (٢,٥ – ٢,٦)	٥ – ١
نيس	٢٩ – ٣٠ (٢,٩ – ٣,٠٠)	١,٥ – ٠,٥
رخام	٢٦ – ٢٧ (٢,٦ – ٢,٧)	٢ – ٠,٥
كوارتزيت	٢٦,٥ (٢,٦٥)	٠,٥ – ٠,١
اردواز	٢٦ – ٢٧ (٢,٦ – ٢,٧)	٠,٥ – ٠,١

٤/١ تصنيف التربة

يطلق لفظ التربة على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية الناتجة عن تفتيت الصخور بعوامل التعرية والتجوية . وهى تعتبر بالنسبة للمهندسين تجمع طبيعى لمعادن ومركبات فى طبقات متغيرة السمك تختلف فى شكلها وطبيعة تركيبها وخواصها عن صخور الأساس (الصخور الأصلية). وتصنف التربة حسب مكوناتها ومدى تدرج حبيبتها وسمك طبقاتها .

١/٤/١ تصنيف التربة حسب مكوناتها بالنسبة لصخور الأساس

تصنف التربة تبعاً للعلاقة بين مكوناتها وصخور الأساس إلى نوعين هما :

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

الصخر	وزن وحدة الحجوم كيلونيوتن/م^3 (جم/سم^3)	نسبة الفراغات (%)
جرانيت	٢٦ – ٢٨ (٢,٦ – ٢,٨)	١,٥ – ٠,٥
دوليريت	٣٠ – ٣٠,٥ (٣,٠٠ – ٣,٠٥)	٩,٥ – ٠,١
ريوليت	٢٤ – ٢٦ (٢,٤ – ٢,٦)	٦ – ٤
اندسيت	٢٢ – ٢٣ (٢,٢ – ٢,٣)	١٥ – ١٠
جابرو	٣٠ – ٣١ (٣,٠٠ – ٣,١)	٠,٢ – ٠,١
بازلت	٢٨ – ٢٩ (٢,٨ – ٢,٩)	١ – ٠,١
حجر رملى	٢٠ – ٢٦ (٢,٠٠ – ٢,٦)	٢٥ – ٥
حجر طينى	٢٠ – ٢٤ (٢,٠٠ – ٢,٤)	٣٠ – ١٠
حجر جيرى	٢٢ – ٢٦ (٢,٢ – ٢,٦)	٢٠ – ٥
دولوميت	٢٥ – ٢٦ (٢,٥ – ٢,٦)	٥ – ١
نيس	٢٩ – ٣٠ (٢,٩ – ٣,٠٠)	١,٥ – ٠,٥
رخام	٢٦ – ٢٧ (٢,٦ – ٢,٧)	٢ – ٠,٥
كوارتزيت	٢٦,٥ (٢,٦٥)	٠,٥ – ٠,١
اردواز	٢٦ – ٢٧ (٢,٦ – ٢,٧)	٠,٥ – ٠,١

٤/١ تصنيف التربة

يطلق لفظ التربة على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية الناتجة عن تفتيت الصخور بعوامل التعرية والتجوية . وهى تعتبر بالنسبة للمهندسين تجمع طبيعى لمعادن ومركبات فى طبقات متغيرة السمك تختلف فى شكلها وطبيعة تركيبها وخواصها عن صخور الأساس (الصخور الأصلية). وتصنف التربة حسب مكوناتها ومدى تدرج حبيبتها وسمك طبقاتها .

١/٤/١ تصنيف التربة حسب مكوناتها بالنسبة لصخور الأساس

تصنف التربة تبعاً للعلاقة بين مكوناتها وصخور الأساس إلى نوعين هما :

١/١/٤/١ تربة متبقية

التربة المتبقية residual هى التربة التى تظل فى موضع تكوينها الأصلى فوق صخور الأساس التى نتجت عنها بفعل عوامل التجوية . وفى هذه الحالة تحتوى التربة على نفس المعادن الأولية الموجودة بصخور الأساس.

٢/١/٤/١ تربة منقولة

التربة المنقولة transported هى التى نقلت من موضع تكوينها وترسبت فى مكان أخر وبذلك قد تختلف معادنها الأولية الثابتة عن تلك الموجودة بصخور الأساس . وعوامل النقل قد تكون بفعل الرياح أو المياه أو الجاذبية الأرضية أو الإنسان عن طريق أعمال الحفر والردم .

٢/٤/١ تصنيف التربة طبقاً لعامل النقل

١/٢/٤/١ التربة الهوائية

أهم أنواع التربة الرملية هى الكثبان الرملية sand dunes وتربة اللويس loess . وفيما يلي وصف لكل من النوعين :

(أ) الكثبان الرملية : تنشأ فى المناطق الصحراوية الجافة أو منعدمة الأمطار حيث تنتقل الرمال الدقيقة الحبيبات الناتجة عن الفتات الصخري بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها عائق توقفت وترسبت على شكل كثبان .

(ب) تربة اللويس : هى تربة هوائية aeolian تنشأ فى الظروف القارية الصحراوية أو الجليدية وتتميز بأنها خليط من المعادن الناعمة من الرمال والطين والطمي وقد تحتوى أحيانا على معادن المونتموريلنيت ذا الشراهة العالية لامتصاص الماء . وتكون تربة اللويس ذات أصل أولى أو ثانوي إذا كانت ناتجة مباشرة من صخور الأساس فى الحالة الأولى ، ومنقولة بواسطة الرياح أو الأنهار الثلجية فى الحالة الثانية ، كما تتميز بأنها فى الحالة الجافة يمكن القطع بها رأسيا ، وعند تعرضها للمياه ينهار القطع الرأسي . وتختلف مساميتها فى الاتجاه الراسي عنه فى الاتجاه الأفقي وهى تعتبر تربة إنهيارية بالنسبة للتأسيس .

٢/٢/٤/١ التربة التثاقلية

تتكون التربة التثاقلية colluvial فى المناطق الصحراوية الجافة المعقدة فى تضاريسها وأصلها الجيولوجي والمتباينة فى ارتفاعاتها حيث تنشط عوامل التعرية الميكانيكية القادرة على تفتيت قمم الجبال والمرتفعات ليتدحرج الفتات الصخري تحت تأثير قوى الجاذبية إلى الوديان والمنخفضات .

١/٢/٤/٣ التربة النهرية

تتدرج الرواسب المنقولة بواسطة مياه الأنهار فى مقاساتها من المنبع إلى المصب حيث تترسب المواد الخشنة مثل الحصى والزلط قريبة من المنبع، بينما تترسب المواد الأكثر نعومة مثل الرمال على بعد كيلومترات وهكذا حتى تصل المياه المحملة بالرواسب دقيقة الحبيبات مثل الطين والطمى إلى المصب . وتترسب التربة النهرية alluvial فى الوديان وعلى ضفاف الأنهار مكونة طبقات يختلف سمكها تبعا لكثرة أو قلة الفتات الصخري ونوع صخور الأساس .

١/٢/٤/٤ التربة البحرية

التربة البحرية marine هى رواسب نقلت بفعل مياه البحار أو المحيطات وترسبت بفعل الأمواج أو التيارات المائية على الشواطىء أو داخل البحار وتختلف فى مقاساتها من رمل منتظم أو زلط ترسب على الشواطىء إلى طين marine clay عضوى وغير عضوى يتميز بإنضغاطه الشديد وحساسيته.

١/٤/٣ التصنيف الهندسي للتربة

١/٣/٤/١ تصنيف التربة ذات الحبيبات الكبيرة

تصنف التربة الحبيبية الخشنة بأنها التربة التى تحتوى على أكثر من ٥٠% من وزنها حبيبات بقطرمكافئ أقل من ٧٦ مم وأكبر من ٠,٠٦ مم ، ويمكن تمييز حبيباتها بالعين المجردة أو بالعدسة اليدوية. ولذلك يمكن وصفها بسهولة بالموقع . ويشمل هذا الوصف تحديد مقاس الحبيبات وشكلها ولونها ، كما يمكن تصنيف التربة الحبيبية حسب تكوينها الطبقي stratification وكثافتها النسبية .

(أ) مقاس الحبيبات:

يتم وصف التربة الحبيبية طبقا لمقاس الحبيبات باستخدام جدول رقم (١-٨) .

وإذا كانت التربة تتكون من خليط من حبيبات ينطبق على كل منها أحد الأوصاف المذكورة بالجدول رقم (١-٨) فيتم وصف التربة بالمكون الأعلى نسبة ثم الأقل (الثانوي) وهكذا مع استخدام كلمات الربط الآتية :

آثـــار : إذا كانت نسبة المكون الثانوي بالوزن: ١ – ٥ % من الوزن الكلى للتربة

بعض : إذا كانت نسبة المكون الثانوي بالوزن : ٥ – ١٥ % من الوزن الكلى للتربة

صفة : إذا كانت نسبة المكون الثانوي بالوزن : ١٥ – ٣٥ % من الوزن الكلى للتربة

و : إذا كانت نسبة المكون الثانوي بالوزن : ٣٥ – ٥٠ % من الوزن الكلى للتربة

جدول (١-٨) تصنيف التربة طبقاً لمقاس الحبيبات

نوع التربة	التصنيف الحجمى للحبيبات	القطر المكافئ للحبيبات (مم)
رجام (كتل صخرية)	ـــــــ	> ٢٠٠
ركام (كتل صخرية)	ـــــــ	٦٠ - ٢٠٠
زلط	كبير	٦٠ - ٢٠
	متوسط	٢٠ - ٦
	رفيع	٦ - ٢
رمل	كبير	٢ - ٠,٦
	متوسط	٠,٦ - ٠,٢
	ناعم	٠,٢ - ٠,٠٦
التربة دقيقة الحبيبات	ـــــــ	< ٠,٠٦

(ب) شكل الحبيبات :

يتم وصف شكل الحبيبات حيث تتراوح ما بين مستديرة وزاوية ولوحية .

(ج) الكثافة النسبية (حالة الدمك) :

يتم تحديد حالة دمك التربة الحبيبية بإجراء اختبار الاختراق القياسي standard penetration test (SPT) ومنه يمكن تحديد قيم (N) كما هو مبين بالجدول رقم (١-٩) . تتراوح حالة الدمك للرمل ما بين سائب جدا إلى كثيف جدا .

جدول (١-٩) الكثافة النسبية وحالة الدمك

عدد الدقات (N) لكل ٣٠سم	وصف حالة الدمك	الكثافة النسبية (%)
< ٤	سائبة جداً	< ١٥
من ٤ إلى ١٠	سائبة	من ١٥إلى ٣٥
من ١٠ إلى ٣٠	متوسطة	من ٣٥ إلى ٦٥
من ٣٠إلى ٥٠	كثيفة	من ٦٥ إلى ٨٥
< ٥٠	كثيفة جداً	< ٨٥

(د) التدرج الحبيبى :

يمكن وصف توزيع حجم الحبيبات بالتربة بواسطة منحنى التدرج الحبيبي . يتراوح الوصف ما بين جيد التدرج فى حالة احتواء التربة على أقطار مختلفة ومنتظم التدرج فى حالة احتواء التربة على أقطار محدودة . وضعيف التدرج فى حالة عدم احتواء التربة على حبيبات ذات أقطار فى مدى معين .

(هـ) اللون :

يتم وصف لون العينة ، ويمكن استخدام أكثر من لون لوصف التربة .

(و) التكوين الطبقي :

يتم تصنيف التربة حسب تكوينها الطبقي بإستخدام الجدول رقم (١-١٠) .

جدول (١-١٠) تصنيف التربة طبقاً للتكوين الطبقى

التصنيف	السمك (مم)
مرتب	٣ >
عرق	٣- ١٣
طبقة	١٣- ٣٠٠
طبقة سميكة	٣٠٠ <
تتابع طبقي	عروق أو طبقات من الرمل والطين والطمي
جيب	ترسيب صغير بسمك أقل من ٣٠٠ مم
عدسة	ترسيب بشكل عدسى بسمك أقل من ٣٠٠ مم

١/٤/٣/٢ تصنيف التربة دقيقة الحبيبات

تعرف التربة دقيقة الحبيبات بأنها التربة التى ٥٠ % من حبيباتها بالوزن ذات قطر مكافئ أقل من ٠,٠٦مم . ونظرا لصغر حجم الحبيبات لا يمكن تصنيفها بالعين المجردة ولكن يمكن إستخدام طرق معملية لتحديد ذلك (راجع الجزء الثانى) . و يمكن فى الموقع التمييز بين أنواع التربة المختلفة بالاختبارات الحقلية البسيطة . كما يمكن بالفحص البصري وصف وتمييز التربة

بالموقع من واقع العينات المقلقلة وغير المقلقلة المستخرجة من الجسات أو الحفر المكشوف وفيما يلي طرق تصنيف التربة دقيقة الحبيبات :

(أ) التصنيف طبقاً للقوام :

يمكن تحديد قوام التربة وبالتالي تصنيفها وذلك بإستخدام الجدول رقم (١-١١) ومنه يمكن بالتقريب تحديد متانتها . ويستخدم كذلك جهاز الغز الجيبى pocket penetrometer أو أى جهاز قص shear للتأكد من درجة القوام .

جدول (١-١١) تصنيف التربة طبقا للقوام

عدد الدقات (N) لكل ٣٠سم	القوام النسبي (الوصف)	الضغط غير المحاط* كيلونيوتن/م٢ (كجم/سم٢)	اختبار الموقع
٢ >	ضعيف جداً very soft	٢٥ (٠,٢٥)	يمكن إختراق التربة بسهولة عدة سنتيمترات بالسبابة
٤-٢	ضعيف التماسك soft	٥٠-٢٥ (٠,٥ -٠,٢٥)	يمكن إختراق التربة بسهولة عدة سنتيمترات بالابهام
٨-٤	متوسط التماسك medium	١٠٠-٥٠ (١,٠٠ -٠,٥)	يمكن إختراق التربة بمجهود متوسط عدة سنتيمترات بالإبهام
١٥-٨	متماسك stiff	٢٠٠-١٠٠ (٢,٠٠ -١)	يمكن ضغط التربة موضعياً بالإبهام وإختراقها بصعوبة
٣٠-١٥	شديد التماسك very stiff	٤٠٠-٢٠٠ (٤,٠٠ -٢,٠٠)	يمكن ترك علامة على سطح التربة بظفر الإبهام
٣٠ <	صلب - جامد hard	٤٠٠ < (٤ <)	يمكن ترك علامة على سطح التربة بصعوبه بظفر الإبهام

* الضغط غير المحاط

*unconfined compressive strength

(ب) التصنيف طبقا للتكوين الطبقى :

يحدد التكوين الطبقي من واقع سمك الطبقات وتصنف التربة طبقاً لذلك حسب المبين بالجدول رقم (١-١٠) .

(ج) وصف التربة طبقا للمظهر والتركيب :

يتم ملاحظة اللون وحالة الرطوبة فى التربة (جافة - مبتلة) مع ملاحظة تواجد مواد عضوية (تميز بالرائحة) ووجود أى تشققات أو أسطح قص مصقولة slikensides أو رقائق .

(د) وصف التربة طبقا لتصرفها :

يمكن التمييز بين التربة الطينية والطمية من خلال تصرفها فى الحالة الجافة والمبتلة بإختبارات حقلية بسيطة كالآتى :

(د-١) الطين : تتميز التربة الطينية بمقاومة عالية للكسر عند الجفاف . كما يلاحظ عدم ظهور ماء على سطحها عند هز عينة مشبعه بالماء حتى قرب حد السيولة على راحة اليد .

(د-٢) الطمى : مقاومة الكسر أقل من الطين فى حالة الجفاف . كما يلاحظ ظهور ماء بسرعة عند هز عينة مشبعة بالماء حتى قرب حد السيولة على راحة اليد .

(د-٣) التربة العضوية : تتميز باللون الأسود والرائحة المميزة وتصرفها الاسفنجى أو وجود ألياف أو مخلفات نباتية بها .

١/٤/٤ التصنيف المعملى

يتم وصف وتصنيف التربة بناء على نتائج بعض التجارب المعملية مثل التدرج الحبيبى وحدود القوام consistancy limits والحساسية sensitivity .

١/٤/٥ أسلوب التوصيف

يتم توصيف التربة الحبيبية الخشنة بالترتيب التالى :

النوع- حجم الحبيبات - حالة دمك التربة- الإضافة - اللون .

ويطلق على النوع رجام - ركام - زلط -رمل حسب مقاس الحبيبات . وتكون الإضافة أى من الأنواع المذكورة وكذلك طمي وطين .

أمثلة :

(أ) رمل كبير إلى دقيق الحبيبات- كثيف- آثار من الزلط الدقيق- بنى .

(ب) رمل كبير إلى دقيق الحبيبات- كثيف- بعض الطمى- بنى فاتح .

يتم توصيف التربة دقيقة الحبيبات بالترتيب التالي :

النوع- التكوين الطبقي أو المظهر- القوام - اللون .

ويطلق على النوع طين أو طمي .

أمثلة :

(أ) طين رقائقى - جامد - بنى مصفر .

(ب) طين رملى- متشقق- شديد التماسك- بنى إلى رمادي .

١/٥ أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية

تتكون التربة فى المناطق الحضرية من نوعين أساسيين :

(أ) الرواسب النيلية فى المناطق الساحلية أو على مصاطب النهر .

(ب) التربة الصحراوية ، وتشمل كذلك تربة الساحل الشمالي الغربى .

١/٥/١ الرواسب النيلية

تتكون الرواسب النيلية فى أغلب المناطق فى مصر من :

(أ) رواسب النهر فى سهله الفيضى :

تتكون هذه الرواسب بالترتيب التالي بدءاً من السطح :

(أ-١) تربة طينية طمية متوسطة التماسك أو متماسكة فى أغلبها وقد توجد بعض التربة اللينة السوداء عند السطح أو قريبة منه .

(أ-٢) تربة طمية أو تربة رملية طينية تمثل طبقة انتقالية .

(أ-٣) تربة رملية نيلية وتتكون أساساً من الرمل الناعم إلى المتوسط وقد تحتوى على بعض الزلط الرقيع .

(أ-٤) تربة طوفانية وهى تربة رملية تكونت أصلا على مصاطب النهر وتتكون من الرمال الصفراء فى الغالب وتوجد بها فى بعض الأحيان كميات من كربونات الكالسيوم أو الدولومايت فى بعض المناطق مما يؤدى إلى تواجد بعض الكتل متوسطة التلاحم داخل هذه الرمال . وسمك هذه الطبقة مختلف وقد تنقسم إلى قسمين متتابعين فى بعض المناطق ، القسم العلوى منها يتكون من الرمال متوسطة إلى حرشة وتحتوى على بعض الزلط وذات

(ب) رمل كبير إلى دقيق الحبيبات- كثيف- بعض الطمى- بنى فاتح .

يتم توصيف التربة دقيقة الحبيبات بالترتيب التالي :

النوع- التكوين الطبقي أو المظهر- القوام - اللون .

ويطلق على النوع طين أو طمي .

أمثلة :

(أ) طين رقائقى - جامد - بنى مصفر .

(ب) طين رملى- متشقق- شديد التماسك- بنى إلى رمادي .

١/٥ أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية

تتكون التربة فى المناطق الحضرية من نوعين أساسيين :

(أ) الرواسب النيلية فى المناطق الساحلية أو على مصاطب النهر .

(ب) التربة الصحراوية ، وتشمل كذلك تربة الساحل الشمالي الغربى .

١/٥/١ الرواسب النيلية

تتكون الرواسب النيلية فى أغلب المناطق فى مصر من :

(أ) رواسب النهر فى سهله الفيضى :

تتكون هذه الرواسب بالترتيب التالي بدءاً من السطح :

(أ-١) تربة طينية طمية متوسطة التماسك أو متماسكة فى أغلبها وقد توجد بعض التربة اللينة السوداء عند السطح أو قريبة منه .

(أ-٢) تربة طمية أو تربة رملية طينية تمثل طبقة انتقالية .

(أ-٣) تربة رملية نيلية وتتكون أساساً من الرمل الناعم إلى المتوسط وقد تحتوى على بعض الزلط الرقيع .

(أ-٤) تربة طوفانية وهى تربة رملية تكونت أصلا على مصاطب النهر وتتكون من الرمال الصفراء فى الغالب وتوجد بها فى بعض الأحيان كميات من كربونات الكالسيوم أو الدولومايت فى بعض المناطق مما يؤدى إلى تواجد بعض الكتل متوسطة التلاحم داخل هذه الرمال . وسمك هذه الطبقة مختلف وقد تنقسم إلى قسمين متتابعين فى بعض المناطق ، القسم العلوى منها يتكون من الرمال متوسطة إلى حرشة وتحتوى على بعض الزلط وذات

كثافة عالية . أما الطبقة التى تليها فتكون غالبا من الرمال المتدرجة ولاتحتوى على الزلط بصفة عامة .

(أ-٥) توجد بعض الترسيبات الطينية على مستوى أعلى من ترسيبات السهل الفيضى فى محافظة أسوان وتمتد لتصل شمالاً حيث يقل سمكها وتختفى ثم تظهر تحت السطح فى بعض المناطق شرق القاهرة على سبيل المثال . وهذه التربة انتفاشية حيث يزيد حجمها كثيراً عند ملامسه المياه لها، وقد تقل نسبة الطين بها إلا أنه غالبا من النوع النشيط الذى يسبب مشاكل عديدة فى عمليات التأسيس .

(ب) الترسيبات النيلية الساحلية :

هى تربة طينية رسبها النهر فى المياه المالحة وهى فى الغالب تتكون من الطين فى بعض الأماكن حول مدينة الإسكندرية ، أو من الطين اللين إلى متوسط فى مناطق متعددة شمال الدلتا حتى منطقة بور سعيد .

(ج) التربة العضوية :

وتعتبر ترسيب نيلى بحرى مشترك وهى التربة التى تحتوى عادة على خليط من الرواسب العضوية مع تربة طمية أو طينية أو رملية . وتوجد فى جمهورية مصر العربية حول فرعى نهر النيل بصفة أساسية بدءاً من حوالى ٨٠ كم شمال القاهرة ومن مناطق المنصورة وحتى دمياط وكذلك حول فرع رشيد فى مناطق دمنهور حتى بعض مناطق الإسكندرية الشرقية .

٢/٥/١ التربة الصحراوية

تحتضن المناطق الصحراوية كل المناطق الحضرية من الجنوب حتى القاهرة وتوجد هذه التربة فى بعض المدن الموجودة على حافة الدلتا وكذلك فى مدينة السويس والإسماعيلية على سبيل المثال . كما تظهر الرسوبيات الصحراوية مختلطة مع الرسوبيات البحرية فى مدن الساحل الشمالي بدءاً من أطراف الإسكندرية الغربية . وهذه التربة الصحراوية تكونت فى عصور أقدم كثيراً من التربة النيلية وإن كان بعضا منها مثل الرمال بصفة خاصة قد انجرفت بواسطة الأمطار إلى الوادي وما حوله من الأماكن وترسبت مكونة مصاطب النهر .

وليست الصحارى المصرية فى مجموعها مغطاة بطبقات سميكة من الرمال ولكن الرمال فى بعض الأماكن لا تتعدى أسماك قليلة أما الطبقات الغالبة فتتكون من نوعيات مختلفة من التربة كما يلى :

(أ) الرمال المتماسكة :

التربة الطباقية ذات مستويات ترسيبية beddings أو الرقائقية مكونة من تتابع الرمال والطمى والطين بأسماك مختلفة وكذلك التربة التطابقية المتعددة الألوان المتواجدة فى الصحراء الغربية الجنوبية مع تكوينات من الحجر الرملي النوبي . وتوجد الرمال المتماسكة بصفة عامة فى الأراضى الصحراوية سواء على السطح أو على أعماق منه ويكون تماسكها راجعا إلى وجود مركبات الحديد أو الطمى أو الطين أو المواد الجيرية أو الدولميت dolomite أو كلوريد الصوديوم sodium chloride . ويغلب على هذه التربة السلوك الانهيارى collapsible behaviour وإن كانت بعض أنواعها ذات سلوك انتفاشى swelling behaviour طبقاً لكميات الطين ونوعها المسببة لهذا التماسك . وعلى ذلك فإن الرمال المتماسكة لابد من دراستها من الناحية الانهيارية وكذلك من ناحية الانتفاش ، وهذه الحالة الأخيرة ربما تحدث فى التربة التى تتماسك ليس فقط بواسطة الطين المتواجد بين حبات الرمل أو المغلف لها ونسبته غالباً غير عالية ، ولكن قد يكون التماسك ناتج عن وجود غلاف طيني رقيق حول حبات الرمل ، وعلى ذلك فمن الضرورى أن يتم التقييم السليم لخواص هذه التربة معملياً سواء فى الانتفاش أو فى الانهيار باستخدام عينات غير مقلقله تستخرج بطريقة سليمة مع المحافظة عليها أثناء النقل والتخزين لعمل التحاليل الميكانيكية لتحديد قيمة الانتفاش أو الانهيار .

(ب) الطبقات الطينية :

الطبقات الطينية سواء ما يسمى بالحجر الطينى أو الحجر الطمى وهى ما يعرف جيوتقنيا أيضاً بالتربة الطينية الجامدة وهذه التربة فى الغالب تتكون من ترسيبات بحرية مثل الطين الاسوانى أو التربة الطبقية فى تكوينات إسنا أو القاهرة أو حول مدينة الإسكندرية أعلى منسوب المياه الأرضية أو فى مناطق محافظة السويس والبحر الأحمر .

(ج) المارل :

طين جيرى يحتوى على نسبة من كربونات الكالسيوم تتراوح من حوالى ٣٠ إلى ٨٠ % بالوزن ويتوقف سلوكها على خواص الطين المكون لها . قد تكون هذه الخواص إنتقاشية أو غير ذلك وتوجد غالبا داخل تكوينات الحجر الجيرى أو بين تشققاته .

وقد يختفى معدن الطين ويتبقى الطمى والرمل الجيرى كمكونين رئيسيين وهو يختلف بين المارل marl غير اللدن بدون طين والمارل عالي اللدونة ، وفى الغالب قد تكون سابقة التصلب بدرجات متفاوتة . والمارل الشديد الصلابة قد يسمى حجر المارل ولابد من العناية فى التفرقة بينه وبين الحجر الجيرى حيث أن سلوكه يشابه سلوك التربة الطينية إلى حد كبير عند تلامسها للمياه .

١/٦ استكشاف التربة

يشمل استكشاف التربة على أعمال الجسات والحفر المكشوف والخنادق وإعداد القطاعات الرأسية للتكوينات المختلفة تحت السطحية للتربة .

١/٦/١ الجسات

تعتبر الجسات borings أكثر الطرق شيوعا لاستكشاف التربة بالموقع ويخطط لأماكن الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة سليمة وملائمة للتصميم .

١/١/٦/١ طرق تنفيذ الجسات

يتم تنفيذ الجسات بالطرق اليدوية أو الميكانيكية ويوضح الجدول رقم (١-١٢) الطرق المختلفة لتنفيذ الجسات وتطبيقاتها.

٢/١/٦/١ توزيع واختيار أماكن الجسات وعددها

يخطط لأماكن الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة دقيقة وملائمة للتصميم . كما أنه فى الحالات التى تتطلب دراسات تفصيلية لهبوط المنشآت أو إتزان الميول أو دراسات رشح المياه فيتم عمل عدد كاف من الجسات للحصول على عينات كافية مقلقلة وغير مقلقلة من تكوينات التربة فى الطبقات المختلفة .

يتوقف تحديد عدد الجسات وتوزيعها والمسافات بينها عموماً على تكوينات التربة المتوقعة ونوع المنشآت والغرض من الدراسة، ويستخدم الجدول رقم (١-١٣) لتحديد عدد الجسات ، وذلك على سبيل الإسترشاد ولكن مع الإلتزام بما ورد بالجدول بقدر الإمكان.

(ج) المارل :

طين جيرى يحتوى على نسبة من كربونات الكالسيوم تتراوح من حوالى ٣٠ إلى ٨٠ % بالوزن ويتوقف سلوكها على خواص الطين المكون لها . قد تكون هذه الخواص إنتقاشية أو غير ذلك وتوجد غالبا داخل تكوينات الحجر الجيرى أو بين تشققاته .

وقد يختفى معدن الطين ويتبقى الطمى والرمل الجيرى كمكونين رئيسيين وهو يختلف بين المارل marl غير اللدن بدون طين والمارل عالي اللدونة ، وفى الغالب قد تكون سابقة التصلب بدرجات متفاوتة . والمارل الشديد الصلابة قد يسمى حجر المارل ولابد من العناية فى التفرقة بينه وبين الحجر الجيرى حيث أن سلوكه يشابه سلوك التربة الطينية إلى حد كبير عند تلامسها للمياه .

١/٦ استكشاف التربة

يشمل استكشاف التربة على أعمال الجسات والحفر المكشوف والخنادق وإعداد القطاعات الرأسية للتكوينات المختلفة تحت السطحية للتربة .

١/٦/١ الجسات

تعتبر الجسات borings أكثر الطرق شيوعا لاستكشاف التربة بالموقع ويخطط لأماكن الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة سليمة وملائمة للتصميم .

١/١/٦/١ طرق تنفيذ الجسات

يتم تنفيذ الجسات بالطرق اليدوية أو الميكانيكية ويوضح الجدول رقم (١-١٢) الطرق المختلفة لتنفيذ الجسات وتطبيقاتها.

٢/١/٦/١ توزيع واختيار أماكن الجسات وعددها

يخطط لأماكن الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة دقيقة وملائمة للتصميم . كما أنه فى الحالات التى تتطلب دراسات تفصيلية لهبوط المنشآت أو إتزان الميول أو دراسات رشح المياه فيتم عمل عدد كاف من الجسات للحصول على عينات كافية مقلقلة وغير مقلقلة من تكوينات التربة فى الطبقات المختلفة .

يتوقف تحديد عدد الجسات وتوزيعها والمسافات بينها عموماً على تكوينات التربة المتوقعة ونوع المنشآت والغرض من الدراسة، ويستخدم الجدول رقم (١-١٣) لتحديد عدد الجسات ، وذلك على سبيل الإسترشاد ولكن مع الإلتزام بما ورد بالجدول بقدر الإمكان.

٣/١/٦/٩ أعماق الجسات

تتوقف أعماق الجسات على حجم ونوع المنشأ المطلوب دراسته ، كما أن أعماق الجسات تتوقف بدرجة كبيرة على خواص وتتابع الطبقات الموجودة بكل موقـع . ويتم اسـتخدام الجدول رقم (١-١٤) فى تحديد أعماق الجسات على سبيل الإسترشاد ولكن مع الإلتزام بما ورد بالجدول بقدر الإمكان مع مراعاة أخذ الملاحظات الآتية فى الاعتبار :

(أ) لتحديد أعماق الجسات فى حالة وجود طبقات سطحية غير صالحة للتأسيس فلابد من النزول بالجسات لأعماق تزيد عن أعماق الطبقات غير الصالحة للتأسيس مثل طبقات الردم أو المواد العضوية أو المواد الضعيفة جداً ، وحتى تصل الجسات إلى الطبقات التى تتحمل الاجهادات التى سوف تتعرض لها نتيجة الإنشاء والتى لا يسبب تضاغطها أية مشكلات هندسية أو إنشائية .

(ب) لتحديد أعماق الجسات فى حالة وجود طبقات متضاغطة أسفل طبقات علوية قوية يراعى أن تعمق الجسات داخل هذه التربة المتضاغطة بالقدر الكافى أو بالوصول إلى الطبقات المناسبة للتأسيس.

(ج) لتحديد أعماق الجسات فى حالة وجود طبقات صخرية تعلوها طبقات مختلفة من التربة تتوافر عنها معلومات كافية من مشاريع سابقة، يراعى الوصول بعمق جسة أو جستين إلى مسافة لا تقل عن ٤,٠٠ متراً فى الصخر وذلك فى حالة الخبرة السابقة بالمنطقة.

(د) لتحديد أعماق الجسات الإسترشادية فى المناطق غير المعروف طبيعتها مسبقاً ، يلزم الوصول بجسة واحدة على الأقل إلى عمق كبير بحيث يتم إختراق الطبقة اللازمة للدراسة والتأكد من طبيعة التربة على أعماق كبيرة .

جدول (١-١٢) طرق تنفيذ الجسات المختلفة وتطبيقها

نوع أداه أو آلة الجس	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
(أ) جسات بالمثقاب Auger borings	- تتم بدفع المثقاب يدويا أو ميكانيكيا مع إزالة التربة المعلقة بصفة دورية. وفى بعض الاحيان يمكن إستخدام المثقاب بصفة مستمرة ورفعة مرة واحدة فقط ويمكن فحص التربة المستخرجة للتعرف على نوعها مع العمق ولا يستخدم القاسون عموماً فى هذه الطريقة ويجب الحرص عند استخدام المثقاب الميكانيكى مع ضرورة تساوى معدل دفع المثقاب الميكانيكى مع معدل الحفر. ويمكن الحصول على جسات بقطر ١٠سم فى حالة المثقاب اليدوى وتصل إلى ٣٥ سم فى حالة المثقاب الميكانيكى .	- تستخدم هذه الطريقة اساساً للفحص السطحى للتربة أعلى منسوب المياه الجوفية وفى التربة الرملية والطمية المشبعة جزئياً بالماء والتربة الطينية اللينة إلى متماسكة. - وقد تستخدم هذه الطريقة كوسيلة لتنظيف الحفر بين الأعماق التى تؤخذ عندها العينات . وتعتبر هذه الطريقة سريعة جداً اذا ما استخدمت القوة الميكانيكية فى دفع المثقاب. - يمكن فحص جدران الحفر الناتجة إذا ما استخدم المثقاب بأقطار كبيرة وقد تنهار جدران الحفر فى حالة التربة اللينة الموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية.
(ب) جسات بالمثقاب المفرغ Hollow-stem auger borings	- يستخدم المثقاب ذو الساق المفرغة مع الدفع الميكانيكى . ويمكن اعتبار المثقاب المفرغ كالقاسون المستخدم لمنع حدوث انهيارات التربة للتمكن من أخذ العينات عند الأعماق الكبيرة .	- تستخدم هذه الطريقة للوصول إلى الاعماق التى تؤخذ عندها العينات فى التربة سواء كانت عينات مقلقة أو غير مقلقة ولا تعد هذه الطريقة صالحة للعينات غير المقلقة فى التربة الرملية والطمية.

تابع جدول (١-١٢) طرق تنفيذ الجسات المختلفة وتطبيقها

نوع أداه أو آلة الجس	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
(ج) جسات بالتثقيب والازاحة للحصول على عينات مقلقلة Wash borings for obtaining disturbed samples	- يتم تفتيت التربة عن طريق دفع الهواء أو الماء أو سائل الحفر خلال قواطيع للتربة (bits) بحيث تزيح عملية الدفع مخلفات القطع من الثقب. ويمكن تحديد اختلاف طبقات التربة من طريق معدل تقدم الحفر وفحص مكونات سائل الحفر. ويمكن استخدام القاسون كلما دعت الضرورة لمنع انهيار الحفرة . وفى هذه الحالة يدفع القاسون أولا بطول ١,٥ إلى ٣ متر وبقطر ٥ سم إلى ١٠ سم وذلك عن طريق الدق ثم يفرغ القاسون بواسطة لقمة قطع متصلة بأسفل مواسير الحفر وتتدفق المياه أو سائل الحفر تحت ضغط من خلال فتحات فى لقمة القطع فتؤدى إلى تفتيت التربة وحملها إلى أعلى من خلال الفراغ بين القاسون ومواسير الحفر حيث تؤخذ منها العينات .	- تستخدم هذه الطريقة فى الرمل والزلط والطين والطمي اللين إلى صلب . وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الشائعة لفحص التربة ويمكن الوصول بمعدات الحفر إلى الأماكن الصعب الوصول إليها مثل أسطح المياه والأسطح المائلة أو داخل المباني وكذلك التى يصعب الحصول منها على عينات غير مقلقلة .
(د) التثقيب بالدوران Rotary drilling	- يتم الحفر عن طريق دفع ودوران قواطيع التربة ميكانيكيا بسرعة عالية مع ضخ سوائل الحفر لتقطع أو طحن التربة إلى أجزاء صغيرة وإزالة مخلفات الحفر. ويدل معدل تقدم الحفر وفحص المخلفات على التغير فى طبقات التربة ولا يستخدم القاسون عموماً إلا عند السطح فى بعض الاحيان. ويمكن الحصول على عينات مقلقلة وغير مقلقلة من التربة على الأعماق المختلفة باستخدام أسطوانات أخذ العينات. وتتراوح أقطار الجسات غالبا مابين ٥ سم إلى ١٥ سم . وقد تصل فى بعض الاحيان إلى أكثر من متر .	- تستخدم فى جميع أنواع التربة إلا فى حالة المقاسات الكبيرة من الزلط ومن عيوب هذه الطريقة صعوبة تحديد التغير فى طبقات التربة بدقة عالية ولا تعتبر هذه الطريقة عملية فى الأماكن الصعب الوصول أليها نظرا لثقل معدات الحفر. وتعتبر من أسرع طرق عمل الجسات ويمكن استخراج عينات من التربة واسطوانات الصخر حتى قطر ١٥ سم.

تابع جدول (١-١٢) طرق تنفيذ الجسات المختلفة وتطبيقها

نوع أداه أو آلة الجس	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
(هـ) التثقيب بالدق Percussion drilling	- يتم تفتيت التربة بواسطة تكرار رفع وإسقاط لقمة حفر ثقيلة مع استخدام كمية محدودة جداً من الماء لتكوين خليط خفيف القوام فى قاع الحفرة ثم يتم سحب خليط التربة والماء بصفة مستمرة بالبلف (bailer) أو طلمبة رمل (sand pump). وفى هذه الطريقة يستدل على تغيرات التربة عن طريق معدل تقدم الحفر ومدى صعوبة إنزال أدوات الحفر أو من فحص ناتج الحفر. ويستخدم القاسون بصفة عامة عدا فى الأراضي الصخرية .	- لاتفضل هذه الطريقة لفحص التربة عند ضرورة الحصول على عينات غير مقلقلة نظراً لصعوبة تحديد تغيرات التربة والقلقلة التى تحدث لها تحت تأثير لقم الحفر. ولكن قد تستخدم هذه الطريقة مع طريقة جس التربة بالمثقاب أو الجسات بالتثقيب و الإزاحة - أنظر الطريقة (ج) - لاختراق طبقات الزلط والكتل الصخرية (boulders) والتكوينات الصخرية . وتفضل هذه الطريقة فى حالة وجود فراغات أو مناطق ضعيفة فى الترسيبات الصخرية.
(و) التثقيب فى الصخر لاستخراج عينات لينة Rock core drilling	- يتم عن طريق دوران قوا طيع مجهزة بإسطوانه (barrel) لقطع وأخذ عينات فى الصخر حيث تندفع سوائل الحفر من خلالها أثناء القطع للتبريد ودفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ، ويستخدم القاسون عموما مع هذا النوع من الحفر. ومن الطرق الاكثر شيوعا للحفر فى الصخر هى باستخدام لقمة حفر من الماس أو الكربيد تتصل بأسفل اسطوانة أخذ العينات وأثناء الحفر تدار كل من الإسطوانة ولقمة الحفر بسرعة بينما تندفع المياه أو سائل الحفر تحت ضغط عالي داخل الأسطوانة ومنها إلى لقمة الحفر للتبريد ولدفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ومع تقدم الحفر يتم دخول عينة الصخر داخل الأسطوانة.	- تستخدم هذه الطريقة فى أعمال الجسات لحفر الصخر والتربة التماسكية ذات المقاسات الكبيرة . وللحصول على عينات فى الصخور الضعيفة أو المشققة فأنه يفضل استخدام أقطار داخلية للأسطوانات أكبر من ٥ سم .

جدول (١-١٣) متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة

مناطق البحث	تخطيط الجسات
المواقع العمرانية	تخطط الجسات الإسترشادية على شبكة من ٢٠٠×٢٠٠ متراً إلى ٤٠٠×٤٠٠ متراً وفى حالة الأبحاث التفصيلية يزداد عدد الجسات للحصول على قطاعات جيولوجية دقيقة .
مواقع البناء المعتادة	يتم إختيار الجسات بصفة عامة بواقع جسة لكل ٣٠٠ مترمربع ، ولا يقل عددها عن جستين فى حالة ما يكون المسطح من ١٠٠ متر إلى ٣٠٠ متر مربع . أما فى حالة المبانى التى يقل مسطحها عن ١٠٠ متر مربع كغرف الحراسة وغرف المولدات الكهربائية فيكتفى بعمل جسة واحدة مع الاسترشاد بالجسات المجاورة إذا أمكن ذلك ، وإلا فيتم عمل جستين على الأقل . وفى حالة المنشآت ذات المسطحات الكبيرة يتحدد عدد الجسات بواقع جسة لكل من ٣٠٠ متراً مربع إلى ٥٠٠ متراً مربعاً ، وذلك حسب المعلومات المتوفرة عن تكوينات التربة فى المنطقة . وفى حالة المنشآت الموزعة على مسطحات كبيرة مثل القرى السياحية أو ماشابه فيتوقف عدد الجسات على المسافة بين المنشآت المختلفة وحجم هذه المنشآت مع الإسترشاد بما تقدم.
السدود وخزانات المياه والترع والجسور والحوائط الساندة	يتم إختيار الجسات بحيث تكون المسافة بينها فى حدود من ٥٠ متراً إلى ٢٠٠ متراً. وتقل المسافة بين الجسات عن منطقة منتصف المنشأ لتصبح حوالى ٣٠ متراً فى حالة السدود أو المناطق الأكثر تحميلاً من الناحية الإستاتيكية . وفى جميع الأحوال يتوقف عدد الجسات على طول المنشأ ونوعية طبقات التربة المتوقعة.
خطوط المياه والصرف الصحى	يتم عمل جسة كل ٢٥٠ متراً فى الأراضى الزراعية، وجسة كل ١٥٠ متراً أو أقل فى الأراضى الصحراوية، وجسة فى كل من أماكن غرف المحابس وغرف التفتيش والمطابق.
خطوط كهرباء الضغط العالى وأبراج الاتصالات	يتم عمل جسة أو إثنين بموقع كل برج ويعتمد ذلك على مساحة الأساس المتوقع للبرج .وفى حالة الأبراج ذات الشد فتعمل جسة فى موقع الشداد إذا لزم الأمر.
أكتاف الكبارى	يتم إختيار الجسات بحيث تكون المسافة بينها فى حدود من ١٠ إلى٢٠ متراً طبقاً لتجانس طبقات التربة وبعدد لايقل عن جستين بموقع كل كتف .
الخزانات الأرضية ذات الأبعاد الكبيرة	يتم إختيار الجسات بحيث تكون المسافة بينها فى حدود من ١٠ إلى٢٠ متراً طبقاً لتجانس طبقات التربة .

جدول رقم (١-١٤) متطلبات تحديد أعماق الجسات بالمواقع المختلفة

مناطق البحث	أعماق الجسات
المواقع العمرانية	يتم عمل الجسات بعمق لايقل عن ١٠,٠٠ متراً كما يتم عمل حفر إستكشافية مفتوحة بأعماق لاتقل عن ٥,٠٠ متراً ما أمكن للحصول على عينات فى حالتها الطبيعية ، ويعمل جسات عميقة بواقع ١٠% من عدد الجسات المطلوبة .
مواقع البناء المعتادة	فى جميع الأحوال لاتقل أعماق الجسات عن ١٠,٠٠متراً. وتزاد أعماق الجسات طبقاً لطبيعة التربة بالموقع وطبيعة المنشأ وأحماله . وفى حالة الأساسات العميقة (مثل الخوازيق) يجب أن يصل عمق الجسات إلى ٥,٠٠ متراً على الأقل عن النهاية المتوقعة لإرتكاز الخوازيق.
السدود وخزانات المياه والترع والجسور والحوائط الساندة	يجب أن لاتقل أعماق الجسات عن مرتين الإرتفاع الحر للحائط مقاساً من منسوب الأرض أمام الحائط . وفى حالة الجسور لاتقل عمق الجسة عن مرة ونصف العرض الكامل لقطاع الجسر خلال الطبقات المتجانسة ، مع زيادة هذا العمق فى حالة ظهور طبقات ضعيفة . كما يجب أن تصل أعماق الجسات إلى عمق أكبر من عمق مستوى سطح الإنهيار المحتمل فى حالة دراسة الميول، أو أن تصل الجسات إلى عمق كافى للوصول للطبقات الصلبة .
خطوط المياه والصرف	لايقل عمق الجسة عن ٥ متر وبحيث يكون عمق الجسة أسفل الراسم السفلى للماسورة بقدر ٦ مرات قطر الماسورة أو ٣ متر أيهما أكبر. وفى حالة الأعمال الصناعية على الخط لايقل عمق الجسة عن ١٠ متراً.
خطوط كهرباء الضغط العالى وأبراج الاتصالات	لا يقل عمق الجسة عن ١٥ متراً. وفى حالة أبراج الشد والأبراج ذات إرتفاع أكبر من ١٠٠ متراً يكون عمق الجسة ٢٠ متراً على الأقل .
أكتاف الكبارى	لايقل عمق الجسات عن ١٠,٠٠ متراً وتزاد أعماق الجسات طبقاً لطبيعة التربة .
الخزانات الأرضية ذات الأبعاد الكبيرة	يتم عمل الجسات بأعماق كبيرة خاصة فى حالة وجود التربة اللينة أو الرخوة . وعلى كل حال فيتم عمل ٢٠% من عدد الجسات على الأقل أو جستين بعمق لايقل عن قطر الخزان أو البعد الأصغر للخزانات المستطيلة.

٢/٦/١ الحفر المكشوف

يستخدم الحفر المكشوف open pits من بيارات أو خنادق فى فحص التربة السطحية وإستخراج العينات منها وتحديد عمق المياه الأرضية. ويتم الحفر يدوياً أو بالمعدات تبعاً لعمق الحفر. ويستخدم حفر الخنادق لاستكشاف التربة غير المتجانسة فى بعض المشاريع التى تتطلب ذلك .

٣/٦/١ قطاع التربة

تتميز التربة عادة بتكويناتها الطبقية المختلفة عن بعضها البعض والتى تختلف أيضاً عن صخور الأساس فى الخواص والتركيب والنسيج واللون والوصف . ويتم عرض البيانات سواء من الحفر أو من نتائج الإختبارات المعملية على شكل قطاع للتربة طبقاً للأسلوب الموضح بالأشكال أرقام (١-١، ١-٢،١-٣) . ويعرف قطاع التربة بأنه قطاع رأسى فى الرواسب المكونة للتربة من منسوب سطح الأرض وحتى عمق كاف ، فإذا تعدى هذا العمق طبقة التربة ليصل إلى صخور الأساس عرف بالقطاع الجيولوجى .

٧/١ أنواع العينات

١/٧/١ مقدمة

تنقسم العينات إلى نوعين أساسيين ، عينات مقلقلة وعينات غير مقلقلة . وتستخدم العينات المقلقله أساساً لإجراء الفحوصات اللازمة لتوصيف التربة ، كما يتم إجراء التجارب عليها لتحديد خواص التربة التبوبية . ولهذا الغرض فلابد أن تحتوى عينات التربة المقلقلة على كافة عناصر التربة الموجودة فى الطبيعة ولا يلزم أن تحتفظ بقوام وتركيب التربة الطبيعية . اما العينات غير المقلقلة فتستخرج عادة لإجراء إختبارات مقاومة الضغط والتضاغط وتحديد كافة خواص التربة الميكانيكية فى الطبيعة ، لذا يجب أن تكون ممثلة لتكوين وتركيب التربة الطبيعية . ويتوقف عدد ونوع العينات اللازم إستخراجها من الموقع على تتابع طبقات التربة الموجودة بالموقع ونوعها .

٢/٧/١ معدلات وطرق إستخراج العينات المقلقله

تستخرج عينات مقلقلة ممثلة للتربة على مسافات رأسية لا تزيد عن ١,٥ متر أو عند كل تغير فى الطبقات . ويتم إستخراج العينات بأجهزة خاصة تتوقف على نوع التربة وطريقة الحفر سواء

٢/٦/١ الحفر المكشوف

يستخدم الحفر المكشوف open pits من بيارات أو خنادق فى فحص التربة السطحية وإستخراج العينات منها وتحديد عمق المياه الأرضية. ويتم الحفر يدوياً أو بالمعدات تبعاً لعمق الحفر. ويستخدم حفر الخنادق لاستكشاف التربة غير المتجانسة فى بعض المشاريع التى تتطلب ذلك .

٣/٦/١ قطاع التربة

تتميز التربة عادة بتكويناتها الطبقية المختلفة عن بعضها البعض والتى تختلف أيضاً عن صخور الأساس فى الخواص والتركيب والنسيج واللون والوصف . ويتم عرض البيانات سواء من الحفر أو من نتائج الإختبارات المعملية على شكل قطاع للتربة طبقاً للأسلوب الموضح بالأشكال أرقام (١-١، ١-٢،١-٣) . ويعرف قطاع التربة بأنه قطاع رأسى فى الرواسب المكونة للتربة من منسوب سطح الأرض وحتى عمق كاف ، فإذا تعدى هذا العمق طبقة التربة ليصل إلى صخور الأساس عرف بالقطاع الجيولوجى .

٧/١ أنواع العينات

١/٧/١ مقدمة

تنقسم العينات إلى نوعين أساسيين ، عينات مقلقلة وعينات غير مقلقلة . وتستخدم العينات المقلقله أساساً لإجراء الفحوصات اللازمة لتوصيف التربة ، كما يتم إجراء التجارب عليها لتحديد خواص التربة التبوبية . ولهذا الغرض فلابد أن تحتوى عينات التربة المقلقلة على كافة عناصر التربة الموجودة فى الطبيعة ولا يلزم أن تحتفظ بقوام وتركيب التربة الطبيعية . اما العينات غير المقلقلة فتستخرج عادة لإجراء إختبارات مقاومة الضغط والتضاغط وتحديد كافة خواص التربة الميكانيكية فى الطبيعة ، لذا يجب أن تكون ممثلة لتكوين وتركيب التربة الطبيعية . ويتوقف عدد ونوع العينات اللازم إستخراجها من الموقع على تتابع طبقات التربة الموجودة بالموقع ونوعها .

٢/٧/١ معدلات وطرق إستخراج العينات المقلقله

تستخرج عينات مقلقلة ممثلة للتربة على مسافات رأسية لا تزيد عن ١,٥ متر أو عند كل تغير فى الطبقات . ويتم إستخراج العينات بأجهزة خاصة تتوقف على نوع التربة وطريقة الحفر سواء

مشروع :	جسة رقم:	ملف رقم :
منسوب سطح الارض :	عمق المياه الارضية	الابتدائى : تاريخ: النهائى : تاريخ:
معندس المعمل :	معندس الموقع :	الحفار:
تاريخ :	المعدات :	لوحة رقم من

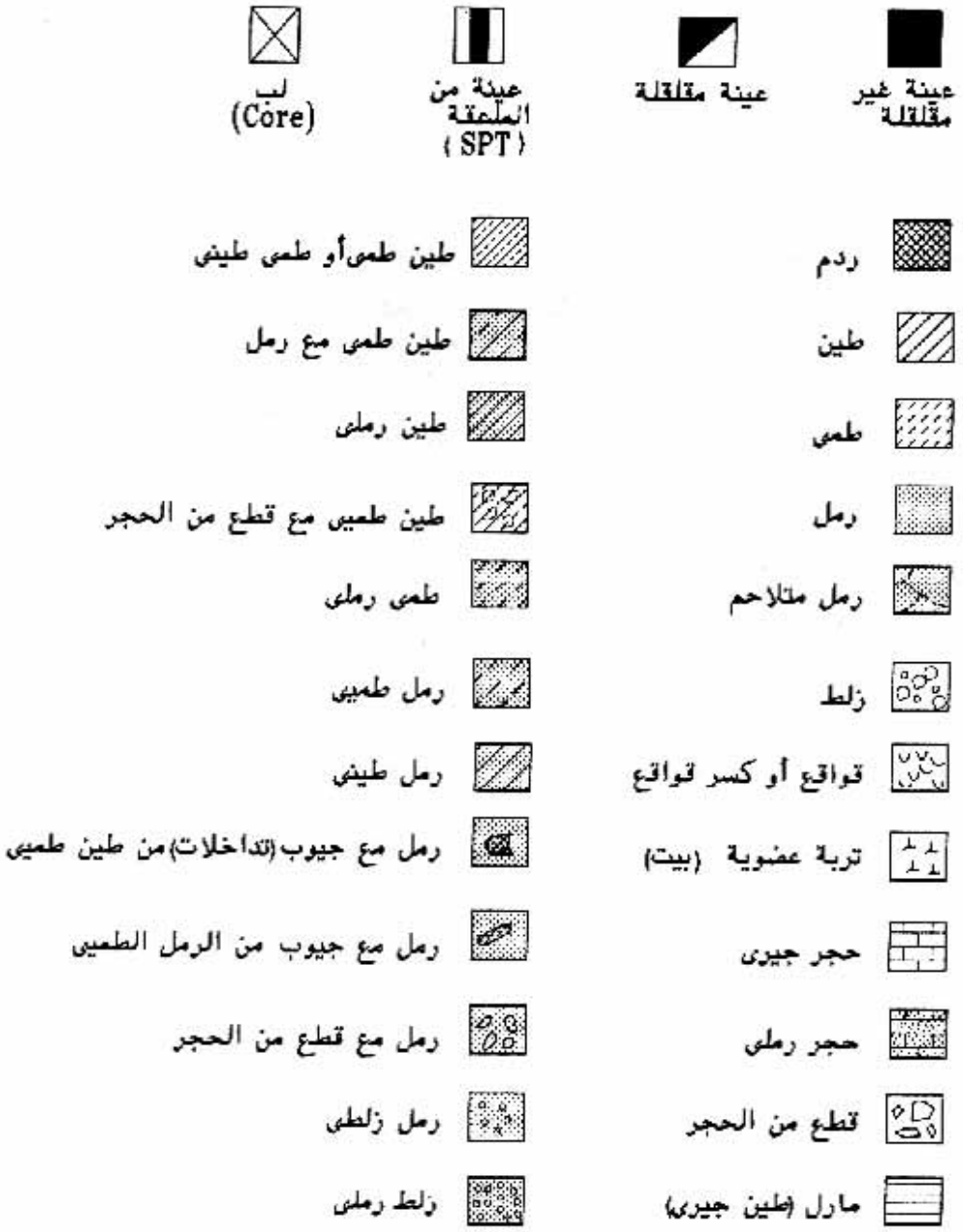
العمق (متر)	عينة رقم	عينة نوع	عدد الطلقات القياسية (ن)	الطبقة السمك بالمتر	الطبقة القطاع	التصنيف والوصف	الشد المباشر ميجانيوتن/م٢	مقاومة الضغط (RQD) المتر	نسبة الاسترجاع (Recovery) %	الكثافة الجافة كيلونيوتن/م٣
١	١		٢٠	١,٢٠		ردم مكون من رمل وطمى وزلط متدرج - بنى				
٢	٢			١,٧٠		رمل متوسط الى كبير الحبيبات متوسط الكثافة مع بعض الزلط الدقيق-أصفر				
٣	٣									
٤	٤			٣,٦٠		حجر رملى متوسط الصلابة - متوسط التجوية- كتل رقيقة- عالى التكسير متوسط الحبيبات - بنى مصفر	١٢,٥	١٠	٤٠	٢١
٥	٥							٢٥	٥٥	٢٣
٦	٦						١٤,٠	٢٠	٦٠	٢٢
٧	٧						١٦,٠	١٥	٤٥	٢٠
٨	٨			٥,٥٠		حجر جيرى متوسط الصلابة - ضعيف الجودة - متوسط التجوية - أبيض مصفر	١٣,٥	١٥	٤٠	١٦
٩	٩							٣٠	٥٥	٢٢
١٠	١٠						٢٠,٠	٣٥	٦٠	٢١
١١	١١							٤٠	٧٠	٢٢
١٢	١٢						٢٦,٠	٥٥	٨٥	٢٣
١٣	١٣							٤٠	٦٥	٢٢
						نهاية الجسة على عمق ١٢,٠٠ متر				

شكل (١-١) تسجيل المعلومات والبيانات فى قطاع نموذجى لجسة فى طبقات صخرية

مشروع:	جسة رقم:	ملف رقم :
منسوب سطح الارض:	عمق المياه الارضية الابتدائي : النهائي :	تاريخ : تاريخ :
معندس المعمل :	معندس الموقع :	الحفار:
تاريخ:	المعدات :	لوحة رقم من

العمق (متر)	عينة رقم	عينة نوع	عدد الدقات الناسبة (N)	الطبقة السطح م	الطبقة القطاع	التصنيف والتوصيف	الضغط الفعال بمعامل كيلوجرام/سم٢	الكثافة الطبيعية كيلوجرام/م٣
١	١					ردم مكون من الطين والطمى والرمل ـ رمادى داكن		
٢	٢			١.٥٠			٦٠	
٣	٣		٥				٨٠	١,٦٠
٤	٤			٥.٣٠		طين طميى متوسط التماسك ـ بنى	٧٠	
٥	٥		٦				٩٠	١,٨٠
٦	٦						٨٠	
٧	٧		٧					
٨	٨			١٨.٠		رمل دقيق الحبيبات متوسط الكثافة و آثار من الطمى ـ بنى		
٩	٩		١٨					
١٠	١٠							
١١	١١		٢٤					
١٢	١٢			٦٥.٠		رمل متدرج متوسط الكثافة و آثار من زلط دقيق -اصفر		
١٣	١٣		٢٧					
١٤	١٤							
١٥	١٥					نهاية الجسة على عمق ١٥,٠٠متر		

شكل (١-٢) تسجيل المعلومات والبيانات فى قطاع نموذجى لجسة فى طبقات ترية



شكل (١-٣) توضيح أنواع العينات وأنواع التهشير فى قطاع الجسات

كانت يدوية أو ميكانيكية . على سبيل المثال يمكن إستخدام الملعقة القياسية standard spoon لإستخراج عينات مقلقلة من الرمال والصخور الضعيفة كما يمكن إستخراج هذه العينات من جهاز البلف bailer عند إجراء الجسات اليدوية بالقاسون .

٣/٧/١ العينات غير المقلقلة

١/٣/٧/١ إستخراج العينات غير المقلقلة من الجسة

يتوقف عدد العينات غير المقلقلة والإختبارات المراد إجراؤها عليها على نـوع المنشأ ومتطلبات التصميم . ويجب أن تؤخذ هذه العينات بطريقة لا تغير من سمكها أو تضعف أو تقوى من خواص التربة المستخرجة ويجب ألا تقل نسبة الاستخلاص (هى ناتج قسمة طول العينة غير المقلقلة على مسافة اختراق جهاز أخذ العينات) عن ٩٥ % ، وأن تؤخذ هذه العينات بجهاز ذو نسـبة مسـاحة تتـراوح من ١٠ إلى ١٥ % ، حيث :

نسبة المساحة = (القطر الخارجى)^2 - (القطر الداخلى)^2) / (القطر الداخلى)^2

ويتم إستخراج العينات غير المقلقة بإستخدام مواسير الشلبى Shelby tubes فى طبقات الطين المتوسطة القوام إلى الضعيفة ، وبإستخدام المكبس الثابت فى الطين ضعيف القوام ، أو بإستخدام جهاز دنسون Denison فى طبقات الطين المتحجرة . كما يمكن أيضاً الحصول على عينات غير مقلقلة عن طريق إستخراج قالب مناسب الحجم من التربة السطحية بالطرق اليدوية . ويجدر الإشارة إلى ضرورة أخذ عينة غير مقلقلة كل ٢ متر على الأكثر فى الطبقات الطينية .

ويؤخذ فى الاعتبار عند إستخراج العينات الملاحظات الآتية :

(أ) عند تهييل التربة يستخدم سائل الحفر أو مواسير سـند للتربة بالعمق المطلوب أخذ العينات عنده .

(ب) عند إستخراج العينات أعلى منسوب المياه الجوفية يجب الحرص على عدم إستخدام المياه فى الحفر كلما أمكن ذلك .

(ج) عند إستخراج العينات أسفل منسوب المياه الجوفية يجب الحرص على ضرورة ملء الحفر بالمياه أو سائل الحفر .

(د) يجب الحفاظ على عينات التربة الضعيفة أو المفككة الموجودة أسفل التربة القوية او الكثيفة فى نفس العينة . ويمكن التنبؤ بذلك عندما تقل فجأة القوة الدافعة لمواسير الحفر ، وخبرة الحفارين هامة فى هذا المجال .

٢/٣/٧/١ العينات غير المقلقلة من الحفر المكشوفة

يمكن إستخراج عينات مقطوعة باليد فى الحفر الاستكشافية الواسعة غير العميقة نسبياً ، وتعتبر هذه العينات أقل العينات قلقلة . فى هذه الحالة يمكن نحت مكعب من التربة طول ضلعه فى حدود ٣٠٠ مم يدفع حوله قالب حديد مفتوح من وجهين متقابلين بأبعاد أقل قليلا من عمود التربة لاحتوائه داخل هذا القالب ثم قطعة وتغليفه بالشمع .

أما فى حالة الحفر اليدوى عن طريق الآبار المفتوحة فيحسن أن تؤخذ العينات من جوانب الحفـر مع ملاحظة أن يتوقف الحفر عند تواجد تربة قابلة للتهايل أثناء تعميق الآبـار أو عند ظهور المياه . كما يمكن فى حالة الآبار ذات المقاس الكبير أن تتحدد ميول الطبقات تبعاً لظهورها فى جوانب البئر .

٤/٧/١ إستخراج عينات الصخر

يتم ذلك عن طريق اسـطوانات خاصة مجهـزة بقواطع من الماس diamond أو الكربيد القوى carbide . وتتوقف جودة عينات الصخر ودقة النتائج المستخرجة منها على طريقة أخذ العينات . ويفضل أخذ عينات فى المواسير الثانية أو الثلاثية لإمكانية الحصول على نسبة استخلاص عالية فى حالة الصخور الضعيفة المفككة .

٥/٧/١ استخرج عينات التربة بالشواطئ البحرية

فى الشواطئ التى يقل عمق الماء بها عن ٢٠ متر يمكن إستخراج عينات فى البحر بإستخدام الطرق البرية السابق ذكرها وذلك بإستخدام عوامة وروافع هيدروليكية . أما فى المياه العميقة أو غير الهادئة فتستخدم مراكب الحفر المجهزة تجهيزات خاصة بأبحاث التربة . وفى هذه الحالة تستخدم مواسير مفتوحة أو المواسير ذات المكبس لإستخراج العينات .

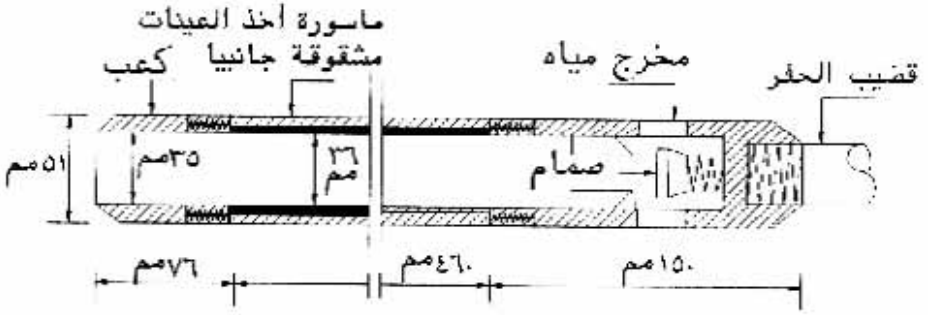
٨/١ إختبارات الموقع

تجرى الإختبارات الحقلية in-situ tests لتحديد خواص التربة الحقيقية حيث أنه في بعض الحالات يصعب الحصول على عينات غير مقلقلة مثل حالة التربة الطينية الحساسة والتربة الرملية . تختلف هذه الإختبارات تبعاً لنوع التربة وأهمية المشروع تحت الدراسة كما يمكن إجراء أكثر من إختبار بالموقع الواحد لتأكيد دقة نتائج الإختبار .

١/٨/١ إختبار الاختراق القياسي

١/١/٨/١ مقدمة

ظهر إختبار الإختراق القياسي standard penetration test حوالي سنة ١٩٢٧ وقد تم تطويره عن طريق شركة – ريموند كما تم نشر تفاصيله في كتاب ترزاكي وبك. Terzaghi and Peck, 1948 . ويستخدم هذا الإختبار منذ حوالي ٧٠ سنة في جميع أنحاء العالم وهو بذلك أكثر التجارب الحقلية إستخداماً على الإطلاق وهو في المقام الأول عبارة عن إختبار ديناميكي حيث تدق الماسورة الملعقة القياسية standard spoon ، شكل (١-٤) ، لأخذ العينات التي تخترق التربة بواسطة الدق بثقل مقداره ٠,٦٢٥ كيلونيوتن (٦٢,٥ كجم) يسقط من إرتفاع حر مقداره ٠,٧٦ متر حتى يتم إختراق التربة لمسافة ٣٠٠ مم عند العمق المراد فحصه . وتسمى عدد الدقات اللازمة لإختراق هذه المسافة بمقاومة التربة للاختراق (N) ، هذا بالإضافة إلى أن الملعقة تسمح بإستخراج عينات مقلقلة للتربة عند العمق المراد فحصه مما يتيح تصنيف التربة .



شكل (١-٤) ماسورة إختبار الإختراق القياسي وأخذ العينات

(الملعقة القياسية Standard Spoon)

٢/١/٨/١ الإعداد للإختبار

يجرى هذا الإختبار داخل الجسة وعلى ذلك يكون عمل الجسات وتجهيز الحفرة جزء من هذا الإختبار .

(أ) **الحفر** : يتم الحفر حتى العمق المراد فحصه وذلك بإستخدام طرق عمل الجسات المذكورة بالجدول رقم (١-١٢) مع مراعاة ما يأتى :

(أ-١) فى حالة الحفر بالغسيل يجب إستعمال لقمة حفر ذات فتحات جانبية للمياه ولا يسمح بإستخدام لقم الحفر ذات فتحات سفلية .

(أ-٢) عند إستخدام طريقة الماسورة والبريمة فى الحفر shell and auger يجب ألا يتعدى قطر لقمة الحفر ٩٠ % من القطر الداخلى للقاسون .

(أ-٣) يجب إستخدام مواسير أو طين حفر (بنتونيت) فى حالة التربة القابلة للإنهيار .

(أ-٤) يتراوح قطر الحفر بين ٦٠ مم إلى ٢٠٠ مم كحد أقصى وتفضل الأقطار الصغيرة أو بصفة عامة يجب أن تكون معدات الحفر مناسبة لعمل حفرة نظيفة نسبياً حتى يتم الإختبار على تربة غير مقلقلة بقدر الإمكان .

(ب) **تجهيز الحفرة** :

(ب-١) يجب تنظيف الحفرة بدقة عند منسوب الإختبار كما يجب أن تكون التربة عند هذا المنسوب غير مقلقلة .

(ب-٢) يجب المحافظة على منسوب المياه فى الحفرة بحيث يكون مساوياً لمستوى المياه الجوفية (أو أعلى قليلا لتفادى اية ضغوط بيزومترية) وذلك لتفادى فوران الرمل فى الحفرة .

(ب-٣) يجب سحب أجهزة الحفر ببطىء لتفادى إضعاف loosening التربة .

(ب-٤) فى حالة الحفر داخل القاسون فإنه يجب عدم إنزال هذه المواسير تحت منسوب الإختبار .

٣/١/٨/١ المعدات

تتكون المعدات الخاصة لهذا الإختبار من ملعقة قياسية وقضبان دق ونقل الدق .

(أ) **الملعقة القياسية**

تتكون الملعقة القياسية standard spoon من ثلاثة أجزاء متصلة ببعضها ولها الأبعاد المبينة فى شكل (١-٤) حيث القطر الخارجى ٥١ مم (± ١ مم) والحد الأدنى لطول الجزء الأوسط ٤٥٧ مم.

ويتصل بالجزء الأوسط عند طرفه الأسفل كعب (لقمة الحفر) طول ٧٦مم وعند طرفه العلوي يثبت بقلاووظ بمخرء مياه بصمام تثبيت بدورها بقلاووظ مع قضيب الحفر . والقطر الداخلى للملعقة ٣٥ (± ١) مم ويمكن زيادته إلى ٣٨,١ مم على أن يغلف من الداخل بغشاء بسمك ١,٥مم .

يجب أن تكون لقمة الحفر من الصلب المقوى ومعدة بقلاووظ بحيث يمكن إستبدالها عند اللزوم ويجب ألا يسمح لها بأي إنثناءات كما يجب أن تكون حافتها مشطوفة وليست حاده . ويمكن إستخدام مخروط (٦٠ °) من الصلب بدلا من هذه القطعة لإستخدامه فى التربة الزلطية .

يجب أن يكون الجزء الأوسط لماسورة الحفر من الصلب بحيث تسهل صيانته ومراقبته ويجب أن تحتوى الوصلة العلوية على أربعة فتحات بقطر ١٣ مم لخروج الهواء أو الماء أثناء الدق كما تحتوى على صمام صلب ٢٥ مم لغلق فتحة لا يقل قطرها عن ٢٢ مم .

(ب) قضبان الدق المتصلة بالملعقة

يجب أن تكون قضبان الدق sampler rods المستخدمة فى دق الملعقة ذات قوة stiffness تساوى أو أكبر من صلابة قضبان الحفر وذات قطر خارجي ٤٢,٧٠ مم وقطر داخلى ٣٤,١٠ مم ووزن تقريبى ٠,٠٤ كيلونيوتن/م (٤ كجم/ م) ، وفى حالات الحفر لأعماق أكبر من ١٥ متر يجب إستخدام مثبتات كل ٣ متر أو كبديل آخر تستخدم قضبان ذات صلابة أعلى من القضبان سالفة الذكر كأن تكون بقطر خارجي ٥٤ مم وقطر داخلى ٤٤,٤ مم ووزن تقريبي ٠,٠٨ كيلونيوتن/م (٨ كجم/ م) . ويلاحظ أن صلابة هذه القضبان لها تأثير على قيم (N) .

يجب أن تكون وصلات القضبان مستقيمة على قدر الإمكان بحيث لا تتجاوز قيمة عدم استقامة فى الوصلة عن ٠,٠٠١ من طولها ويجب ربط هذه الوصلات ببعضها بإحكام تام .

(ج) تركيبة ثقل الدق :

تتكون تركيبة ثقل الدق drive weight assembly مما يلي :

(ج- ١) سندان دق من الصلب يربط على رأس القضبان بإحكام و يستحسن أن يكون الوجه المعرض للدق من السندان مقعر بحوالى ٣ مم x ١٠٠ مم لاحتواء الضربات بين المطرقة والسندان drop weight & anvil .

(ج-٢) مطرقة صلب وزنها ٠,٦٢٥كيلونيوتن ±٠,٠٠٥ ك.ونيوتن (٦٢,٥ كجم ±٠,٥ كجم) ، ويجب أن تسقط هذه المطرقة سقوطاً حراً . من المستحسن إستخدام جهاز إطلاق ذاتى

للمطرقة على ألا يسبب قوى إضافية على القضبان ويجب ملاحظة أن رفع وخفض المطرقة بالحبال الملفوفة حول حلقة دواره rope and cathead يزيد من الاحتكاك ويؤثر فى النتائج كما يؤثر فيها عدد لفات الحبل على الحلقة وإختلاف إرتفاع السقوط وعمر الحبال ومحتوى الرطوبة فيها .

ونظراً إلى أن طريقة الحبال والحلقة هى أكثر الطرق المستخدمة فإنه من الضروري اتباع مواصفات قياسية لها بحيث يكون الحبل ملفوفاً مرة واحدة على الحلقة وان يكون من المانيلا وجافاً وبحالة جيدة . كما يجب وضع مواصفات عن الشغل المبذول على السندان على أساس ٤٨ ميجا نيوتن.متر (٤,٨ ميجا كجم. متر) لكل ضربة كما يجب مراعاة التمسك بهذه الطاقة عند إستخدام كافة البدائل .

(ج-٣) فى حالة إجراء الإختبار تحت سطح المياه فإنه يمكن إستخدام ثقل داخل مواسير غير منفذة للماء ويؤثر مباشرة على الملعقة .

(ج-٤) فى جميع البدائل المذكورة يجب ضمان السقوط الحر للمطرقة بمقدار ٠,٧٦ متر (± ٠,٠٢ متر) .

٤/١/٨/١ خطوات إجراء الإختبار

(أ) إنزال الملعقة : ويتم حتى نهاية الحفرة بواسطة قضبان الدق وتسجل المعلومات التالية :

(أ-١) قطر وطول القضبان المستخدمة .

(أ-٢) العمق حتى نهاية الحفرة .

(أ-٣) منسوب المياه (أو طين الحفر) فى الحفرة .

(أ-٤) نوع المخترق وهل هو ملعقة قياسية أو ماسورة تنتهى بمخروط .

(أ-٥) طراز القضبان (الوزن للمتر الطولى) .

(أ-٦) مقدار إختراق الجهاز فى التربة تحت تأثير وزنه ووزن القضبان (إذا وجد) .

(أ-٧) طراز المطرقة .

(ب) دق الملعقة : يتم على مرحلتين فى المرحلة الأولى يتم إختراق التربة لمسافة ٠,١٥ متر بما فيها الهبوط نتيجة الأوزان الذاتية وإذا لم يتحقق ذلك بعد ٥٠ دقة فيجب التوقف . وفى المرحلة الثانية يتم إختراق التربة لمسافة ٠,٣٠متر ويكون عدد الدقات اللازمة لذلك هى مقاومة الإختراق المطلوبة (N). وفى حالة زيادة (N) عن ١٠٠ (فى حالة إستخدام المخروط) أوعند ٥٠

(فى حالة إستخدام الملعقة) فيجب ايقاف التجربة . ويجب ألا يتعدى معدل الضرب بالمطرقة ٣٠ دقة فى الدقيقة ويتم تسجيل عدد الدقات لكل ١,٥٠ متر عمق .

(ج) **رفع الملعقة** : ترفع (الملعقة) وتفتح وتؤخذ منها العينات ثم توضع فى أوعية محكمة ، وتعتبر هذه العينات مقلقلة .

(د) **البيانات** : تلصق على الأوعية أغلفة بطاقات بها المعلومات الآتية على الأقل :

الموقع- رقم الجسة- رقم العينه-عمق الإختراق- الإستخلاص recovey - التاريخ .

٥/١/٨/١ طريقة عرض النتائج

تقدم المعلومات التالية بدقة : -

(أ) سجل دقيق لكافة مراحل الإختراق .

(ب) العمق الذى تم عنده الإختبار وعدد الدقات المسجلة .

(ج) منسوب المياه الجوفية ومنسوب المياه فى الجسة عند بداية كل إختبار .

(د) نوع التربة وتوصيفها طبقاً للعينة المستخرجة من الجسة .

(هـ) يجب أن يحتوى التقرير على تاريخ عمل الجسة ورقمها وطريقة الحفروالموقع المنفذ به الإختبار .

٦/١/٨/١ مزايا وعيوب الإختبار

تتلخص المزايا فيما يلي :

(أ) سهولة وبساطة المعدات .

(ب) سهولة وإمكانية التكرار لخطوات الإختبار .

(ج) إمكانية إستخراج عينات (مقلقلة) لكل من التربة أو الصخر الضعيف .

(د) إمكانية إجراؤها أعلى أو أسفل منسوب المياه الجوفية .

(هـ) يجري هذا الإختبار من داخل الجسة .

(و) هذا الإختبار ضروري فى حالة التربة الرملية لتحديد كثافتها النسبية نظراً لصعوبة الحصول على عينات غير مقلقلة منها .

(ز) نتائج هذا الإختبار تعتبر مؤشراً لاحتمال حدوث تسييل للتربة الرملية السائبة المتواجدة اسفل سطح المياه الأرضية أثناء الهزات الأرضية .

تتلخص العيوب فى أن نتائج الإختبار تتأثر بما يلي :

(أ) عدم إتباع الخطوات السليمة للحفر قبل أخذ العينات .

(ب) عدم مطابقة المعدات للمواصفات .

(ج) إطالة الوقت بين الحفر وإجراء الإختبار .

(د) الخطأ فى تسجيل عدد الدقات (N) .

(هـ) أخطاء التشغيل التى تتوقف على العامل الشخصي .

٧/١/٨/١ التصحيحات

تتأثر قيمة الإختراق القياسي (N) بعدة عوامل أهمها مايلي :

(أ) منسوب المياه الجوفية .

(ب) وزن عمود التربة الفعال أعلى منسوب الإختبار .

(ج) قطر الجســـــة .

(د) طول قضبان الدق .

(هـ) الطاقة الفعلية المؤثرة على قضبان الدق وتتوقف على نوع المطرقة وطريقة إنزالها ويتم ذلك فى حالة دراسة تأثير الزلازل على التربة .

وفيما يلي طرق تصحيح قيمة (N) لتأثرها بالعوامل السابق ذكرها :

(أ) تأثير عمل التجربة تحت منسوب المياه الجوفية

يجرى تصحيح لقيمة (N) إذا كانت أكبر من ١٥ وذلك فى حالة الرمل الرفيع والطمي بإستخدام المعادلة الآتية :

$$N_m = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \qquad (١-١)$$

حيث :

N عدد الدقات من الإختبار

N_m عدد الدقات المصححة

(ب) تأثير وزن عمود التربة الفعال أعلى منسوب الإختبار

يتم تصحيح قيمة (N) المقاسة نتيجة لوزن عمود التربة الفعال أعلى منسوب الإختبار وذلك للتربة الرملية بضرب قيمة (N) المقاسة من الإختبار فى معامل تصحيح (C_N) .وتستنتج قيمة هذا المعامل بإستخدام شكل (١-٥) ولايستخدم هذا التصحيح فى حالة الرمل السائب والذى تقل فيه الكثافة النسبية عن ٠,٥٠ .

(ج) تأثير قطر الجسة

يجرى إختبار الإختراق القياسي غالباً داخل الجسة التى يتراوح قطرها ما بين ٦٠مم إلى ٢٠٠مم . وزيادة قطر الجسة يؤدى إلى نقص عدد الدقات المقاسة بصفة خاصة فى التربة الرملية . لذلك يتم تصحيح قيم (N) بضربها فى معامل (C_B) .

ويوضح الجدول رقم (١-١٥) قيم هذا المعامل :

جدول (١-١٥) معامل تصحيح قيم (N) تبعا لقطر الجسة

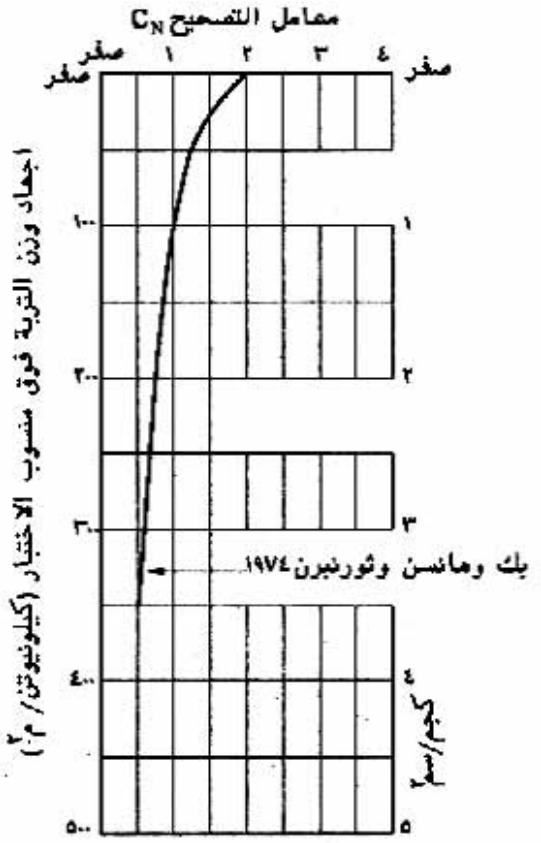
قطر الجسة (مم)	معامل التصحيح(C_B)
٦٠-١١٥	١,٠٠
١٥٠	١,٠٥
٢٠٠	١,١٥

(د) تأثير أطوال قضبان الدق

يجرى هذا التصحيح لقيم (N) المقاسة إذا نقص طول قضبان الدق عن ١٠متر بضرب قيم (N) فى معامل تصحيح (C_V) . والجدول رقم (١-١٦) يوضح قيم هذا المعامل .

٨/١/٨/١ تقدير بعض خواص ومعاملات التربة

يمكن استنتاج العديد من المعاملات المستخدمة فى ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات من نتائج إختبار الإختراق القياسي . ويمكن الاعتماد على نتائج هذا الإختبار فى تقدير معاملات قدرة التحمل للتربة الرملية غير المتماسكة ، بينما فى حالة التربة المتماسكة فإن قيمة معاملات قدرة التحمل المستنتجة لاتمثل بالضرورة المقاومة الحقيقية للتربة الطينية .



شكل (١-٥) منحنى تصحيح قيمة (N) لوزن عمود التربة الفعال أعلى منسوب الإختبار

جدول (١-١٦) : معامل تصحيح قيم (N) تبعا لطول قضبان الدق

طول القضبان اسفل السندان (متر)	معامل التصحيح (C_V)
١٠<	١,٠٠
١٠-٦	٠,٩٥
٦-٤	٠,٨٥
٤-٣	٠,٧٠

وفيما يلى كيفية إستنتاج معاملات القص shear strength parameters (ϕ) ، (C) للتربة غير المتماسكة أو المتماسكة .

(أ) تقدير قيم معاملات القص

يمكن وصف حالة دمك الرمل وتقدير كثافته النسبية وزواية الاحتكاك الداخلى (ϕ) من نتائج الإختبار بإستخدام الجدول رقم (١- ١٧) .

جدول (١- ١٧) تحديد قيم زاوية الاحتكاك الداخلى والكثافة النسبية للرمل

إختبار الاختراق القياسى	الكثافة النسبية relative density		زاوية الإحتكاك الداخلى(ϕ)
عدد الدقات N / ٣٠ سم	الوصف	$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	ϕ °
صفر - ٤	سائبة جداً very loose	صفر - ٠,١٥	٢٧ - ٣٠
٤ - ١٠	سائبة loose	٠,١٥ - ٠,٣٥	٣٠ - ٣٢
١٠ - ٣٠	متوسطة الكثافة medium	٠,٣٥ - ٠,٦٥	٣٢ - ٣٦
٣٠ - ٥٠	كثيفة dense	٠,٦٥ - ٠,٨٥	٣٦ - ٤٠
٥٠ <	كثيفة جداً very dense	٠,٨٥ <	٤٠ <

(ب) تقدير معامل التماسك (C) وقيم الضغط غير المحاط للتربة الطينية

يمكن تقديـــر قيم الضغط غير المحاط من نتـــائج الإختبارات (N) وذلك بإستخدام الجدول رقم (١- ١٨) ، وهذه القيم ضعف قيمة معامل التماسك ، حيث :

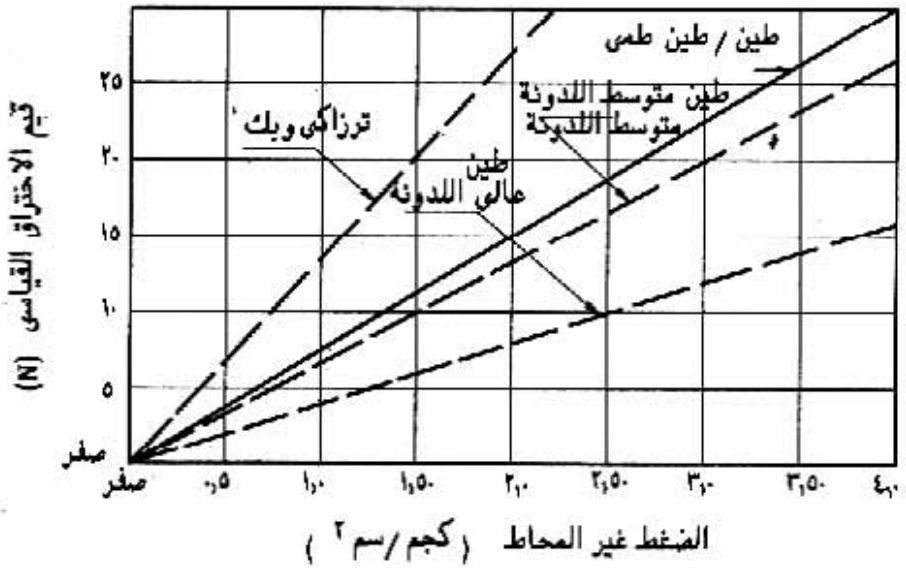
جدول (١- ١٨) تقدير قيم الضغط غير المحاط للتربة الطينية من قيم(N)

عدد الدقات (N) لكل ٣٠سم	الوصـــــف	قيم الضغط غير المحاط	
		ك.نيوتن/م٢	كجم/سم٢
< ٢	ضعيف جداً -لين جداً very soft	< ٢٥	< ٠,٢٥
من ٢إلى ٤	ضعيف – لين soft	٢٥- ٥٠	٠,٢٥- ٠,٥
من ٤إلى ١٠	متوسط medium	٥٠ - ١٠٠	٠,٥٠ - ١,٠٠
من ١٠إلى ١٥	متماسك stiff	١٠٠- ٢٠٠	١,٠٠ -٢,٠٠
من ١٥إلى٣٠	شديد التماسك very stiff	٢٠٠ - ٤٠٠	٢,٠٠ - ٤,٠٠
> ٣٠	صلد hard	> ٤٠٠	> ٤

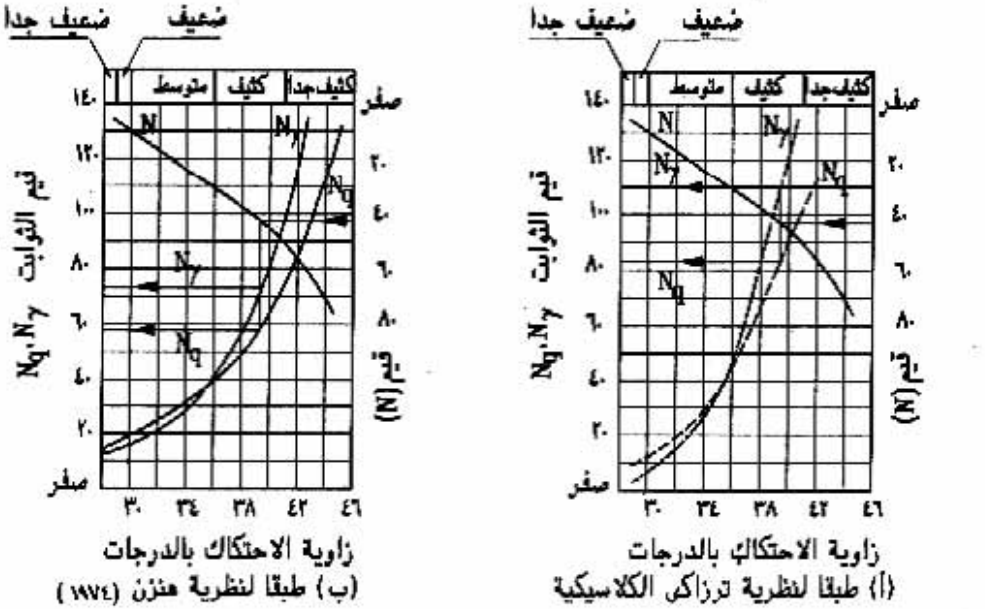
مقاومة الضغط غير المحاط = ٢ x معامل التماسك (c)

كما يبين الشكل رقم (١-٦) قيم الضغط غير المحاط للتربة المتماسكة مع بيان المدى الذى يمكن أن تتغير فيه هذه القيم .

ويوضح الشكل رقم (١-٧) كيفية تقدير كثافة التربة الرملية وزاوية الاحتكاك بالدرجات ومعاملات قدرة تحمل التربة (N_q , N_γ) طبقا لنظرية هنزن (١٩٧٤) بمعرفـــة قيمة (N) .



كل (١-٦) تحديد قيم تقريبية للضغط الحر للتربة المتماسكة من قيم (N)



شكل (١-٧) تقدير كثافة التربة الرملية وزاوية الإحتكاك
ومعاملات قدرة تحمل التربة بمعرفة قيمة (N)

٢/٨/١ إختبار الإختراق بالمخروط الديناميكى

١/٢/٨/١ المقدمة

المخروط الديناميكى dynamic cone جهاز خفيف صغير الحجم ويصلح للإستخدام بصفة خاصة فى استكشاف التربة فى المساحات الكبيرة . وقد إستخدم هذا الجهاز أصلاً لإختبار جودة دمك التربة غير المتماسكة (الرملية) ويستخدم حالياً لتحديد منسوب الطبقات ومقاومتها وكذلك خواص التربة مع العمق عند مكان الإختبار ، كما يستخدم فى تصميم الأساسات الخازوقية وحساب قوى تحمل الأساسات السطحية . وفى هذه التجربة يتم دق مخروط مثبت فى نهاية قضبان معينة وذلك بمطرقة ذات وزن وسقوط محددين .

٢/٢/٨/١ المعدات

يتكون جهاز الإختراق الديناميكى من رأس مخروطية الشكل من الصلب بزاوية رأس قدرها ٩٠° . ويوضح الشكل رقم (١-٨) أبعاد الرأس المخروطية بجهاز الإختراق الديناميكى . هناك أنواع مختلفة من أجهزة الإختراق تتراوح مابين الخفيف والمتوسط والثقيل ، وإستخدام هذه الأجهزة يتوقف على نوع التـــربة المختبرة والعمق المطلوب إختباره ويوضح الجدول رقم (١-١٩) أنواع هذه الأجهزة ووزن المطرقة وارتفاع سقوطها لكل نوع . تتصل الرأس المخروطية بمواسير إختراق يتراوح قطرها ما بين ٢٢ مم فى حالة الجس بالمخروط الخفيف إلى ٣٢ مم فى حالة الجس بالمخروط الثقيل ، كما هو مبين بالشكل رقم (١-٨) . وفى جميع الأحوال يكون قطر المواسير أقل من قطر المخروط لتقليل تأثير الاحتكاك بين المواسير والتربة . قد تستخدم مواسير حول قضبان الدفع لتقليل أو منع الاحتكاك .

جدول (١- ١٩) أنواع أجهزة الإختراق الديناميكى

طراز الجهاز	وزن المطرقة كيلونيوتن (كجم)	إرتفاع السقوط الحر مم	مساحة المخروط م٢	قطر المخروط مم	زاوية المخروط بالدرجات
خفيف	٠,١٠ (١٠)	٥٠٠	٠,٠٠١	٣٥,٦	٩٠°
متوسط	٠,٣٠ (٣٠)	٢٠٠	٠,٠٠١	٣٥,٦	٩٠°
ثقيل	٠,٥٠ (٥٠)	٥٠٠	٠,٠٠١٥	٤٣,٧	٩٠°

٣/٢/٨/١ خطوات إجراء الإختبار

يدق على المواسير والمخروط بدون توقف بمعدل يتراوح بين ١٠-٣٠ دقة فى الدقيقة . وتقدر مقاومة الاختراق بعدد الدقات اللازمة لكي يتحرك المخروط ١٠ سم داخل التربة . عدد هذه الدقات يعرف بالاختراق الديناميكى (N_{10}) يستمر الدق والقياس لكل ٥٠ سم أو عند حدوث تغير ملحوظ فى الإختراق ، علماً بأن معدل الدق فى التربة الرملية لا يؤثر على النتائج .

٤/٢/٨/١ تسجيل النتائج

يجب أن يشمل التقرير على ما يلي :-

(أ) نوع جهاز الإختراق ومقاساته .

(ب) تاريخ الإختبار ومكان واسم الموقع .

(ج) يجب أن تحدد على منحنى الإختراق حالات التوقف عن الإختراق .

(د) تسجل عدد الدقات اللازمة لاختراق ١٠ سم مع العمق .

٥/٢/٨/١ مزايا وعيوب الإختبار

(أ) مزايا الإختبار

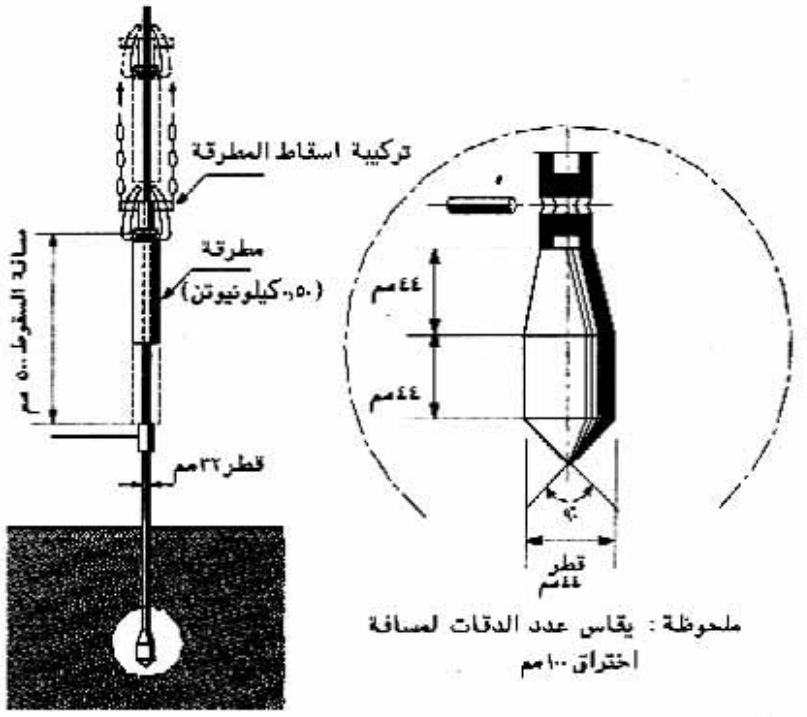
(أ-١) يجرى هذا الإختبار بدون إضافة مياه لذا يمكن إستخدامه فى الطبقات ذات الصفات الإنتفاشية (الانتفاخية) أو الانهيارية .

(أ-٢) الجهاز خفيف والإختبار سهل وسريع ورخيص .

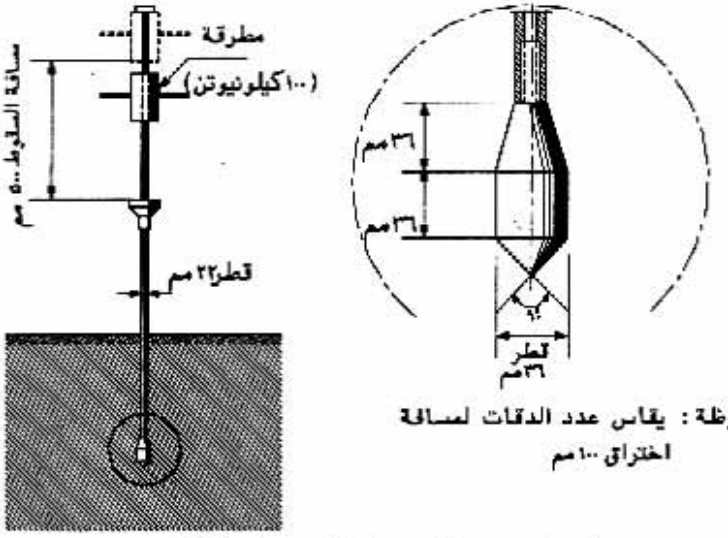
(أ-٣) نظراً لإختلاف الأجهزة فإنه يمكن إستعمال النوع المناسب مع التربة المختبرة فمثلا فى حالة التربة الزلطية (ذات الحصى) فإنه يمكن الإختراق إلى ٢٠ متر بإستخدام الجهاز الثقيل بينما إذا إستخدم الجهاز الخفيف فى جس طبقة الزلط فإنه يلاقى إمتناعاً عند أعماق أقل .

(أ-٤) فى حالة الجس للأعماق أكبر من ٢٠ متر فإنه يلزم إستخدام قاسون لمسند جوانب الحفرة .

(أ-٥) يستخدم فى حالة التربة الرملية التى يتعذر اختراقها بواسطة المخروط الاستاتيكى .



(أ) مخروط الاختراق الديناميكى الثقيل



(ب) مخروط الاختراق الديناميكى الخفيف

شكل (١-٨) أنواع أجهزة الإختراق بالمخروط الديناميكى

(ب) عيوب الإختبار

(ب-١) فى حالة إجراء الإختبار فى طبقة متماسكة فإنه محتمل أن يضيق قطاع الحفر نتيجة لإزاحة التربة بالمخروط ونتيجة لذلك فإنه يحدث التصاق بين التربة والمواسير ا لمتصلة بالمخروط .

(ب-٢) هذا الإختبار غير حساس بالنسبة للتربة السائبة أو الضعيفة .

(ب-٣) فى حالة إجراء الإختبار فى طبقات مشبعة بالماء خاصة دقيقة الحبيبات فإن جزء كبير من طاقة الدق تنتقل إلى المياه مسببة زيادة فى ضغط الماء داخل فراغات التربة وبالتالى زيادة المقاومة .

(ب-٤) درجه إنتظام التربة يؤثر على تصنيفها باستخدام نتائج الجس بالمخروط الديناميكى .

(ب-٥) فى معظم الأحيان لا يمكن الإعتماد على تحديد نوع الطبقة الجامدة التى تقع أسفل طبقة ضعيفه ولكن بالخبرة يمكن التمييز بين الصخور والتربة الجامدة .

(ب-٦) قيم N_{10} الصغيرة قد تكون بسبب فوران الرمل أو إنضغاط الطين اللين .

(ب-٧) فى حالة وجود ردم سطحى فيجب الحفر فيه لإختراقه قبل إجراء التجربة .

٦/٢/٨/١ طريقة عرض النتائج

يرسم بيانى لعدد الدقات اللازمة لاختراق ١٠ سم مع العمق وذلك عند أى تغير فى مقاومة الإختراق أو كل ٥٠ سم. ومن شكل المنحنى البيانى يمكن تحديد حدود الطبقات وارتفاعاتها . ويستخدم ذلك المنحنى فى تحديد أطوال خوازيق الإرتكاز التى تنتهي فى طبقة جامدة .

٧/٢/٨/١ تقدير بعض خواص التربة

يمكن الإستدلال على الكثافة النسبية للتربة الرملية من نتائج تجربة الإختراق بالمخروط الديناميكى باستخدام العلاقات التجريبية التالية :

(ا) فى حالة عدم وجود مياه أرضية بالتربة عند عمق الإختبار:

(أ-١) فى حالة إستخدام المخروط الثقيل

$$D_r = 0.10 + 0.435 \text{ Log } N_{10} \qquad (٢-١)$$

(أ-٢) فى حالة إستخدام المخروط الخفيف

$$D_r = 0.10 + 0.365 \text{ Log } N_{10} \qquad (٣-١)$$

حيث أن :

D_r الكثافة النسبية للتربة الرملية .

N_{10} عدد الدقات اللازمة لاختراق ١٠سم .

(ب) فى حالة وجود مياه أرضية بالتربة عند عمق الإختبار :

(ب-١) فى حالة إستخدام المخروط الثقيل

$$D_r = 0.23 + 0.38 \text{ Log } N_{10} \qquad (٤-١)$$

(ب-٢) فى حالة إستخدام المخروط الخفيف

$$D_r = 0.31 + 0.225 \text{ Log } N_{10} \qquad (٥-١)$$

(ج) فى حالة عدم وجود مياه أرضية بالتربة عند عمق الإختبار مع وجود خليط من الزلط والرمل

(ج-١) بإستخدام المخروط الثقيل فإن قيمة الكثافة النسبية للتربة تحدد من العلاقة التالية :

$$D_r = - 0.14 + 0.55 \log N_{10} \qquad (٦-١)$$

تتأثر مقاومة الاختراق بقيمة الاحتكاك وكذلك بضغط المياه لذلك لا توجد حتى الآن علاقات تجريبية تأكيديه يمكن بإستخدامها تحديد درجة قوام التربة المتماسكة .

٣/٨/١ إختبار المخروط الإستاتيكى (المخروط الهولندي)

١/٣/٨/١ مقدمة

الغرض من إجراء إختبار المخروط الإستاتيكى (CPT) Dutch cone هو تحديد مقاومة الإختراق الناشئة من الدفع الرأسى لمخروط مثبت فى نهاية قضبان داخل التربة المراد إختبارها ، ويعرف أحياناً بالمخروط الهولندي ، وتستخدم نتائجه فى تحديد مقاومة التربة وفى تصنيف التربة كما يستخدم بكثرة فى تصميم الخوازيق وحساب قدرة تحمل التربة وهبوط الأساسات .

٢/٣/٨/١ المعدات

(أ) المخروط

يتكون المخروط من الصلب بزواية رأس مقدارها ٦٠° وقطر ٣٥,٧ مم بحيث تكون مساحة قاعدته ١٠ سم ٢.

(ب) القضبان

يتصل المخروط بقضبان من الصلب بقطر ١٥ مم وهذه القضبان تنزلق داخل مواسير خارجية من الصلب ذات جدران سميكة وتسمى بقضبان الدفع بحيث يتراوح الخلوص بينهما من ٠,٥ مم إلى ١ مم ويجب أن يكون القطر الخارجي لقضبان الدفع مساوياً لقطر المخروط ٣٥,٧مم وذلك لمسافة ٠,٤٠ م ، على الأقل من أعلى قاعدة المخروط أو ٠,٢ م من أعلى أكمام الاحتكاك كما يلاحظ تساوى أطوال كل من قضبان الدفع والقضبان الداخلية .

(ج) أنواع المخروط :

يوجد أنواع مختلفة من المخروط وهى :

(ج-١) مخروط ذو مقدمة إختراق ميكانيكى أو إحتكاكى شكل (١-٩) ، (١- ١٠) .

(ج-٢) مخروط كهربائي ذو مقاييس إنفعال كهربائية مثبته فى مقدمة غير تلسكوبيه لقياس معاملات مقاومة الإختراق ، شكل (١-١١) .

(ج-٣) مخروط الاحتكاك : تم تصميم هذا المخروط لقياس قوه تحمل التربة ، والمسماة بمقاومة الإختراق (q_c) ، وقياس الاحتكاك الجانبي المعرض إليه المخروط عند منسوب الإختبار (F_s) وذلك بإضافة ما يسمى بأكمام الاحتكاك (مساحة سطحها ١٥٠ سم٢) ، شكل (١- ٩). وتقاس هذه المعاملات عند سطح الأرض بواسطة أجهزة قياس مناسبة كهربائية أو ميكانيكية .

٣/٣/٨/١ خطوات إجراء الإختبار

(أ) مخروط الإختراق الميكانيكي :

(أ-١) يتم دفع القضبان (قضبان الدفع) المتصلة بجهاز الإختراق فى التربة وحتى منسوب الإختبار .

(أ-٢) يتم دفع المخروط إستاتيكياً بمعدل ٢٠ مم/ ثانية بواسطة القضبان الداخلية لمسافة لا تقل عن ٣٠,٥ مم . ويتم قياس مقاومة الإختراق (q_c) أثناء الحركة الإستاتيكية للقضبان الداخلية بالنسبة إلى قضبان الدفع (القضبان ثابتة عند عمق الإختبار فى هذه الحالة) .

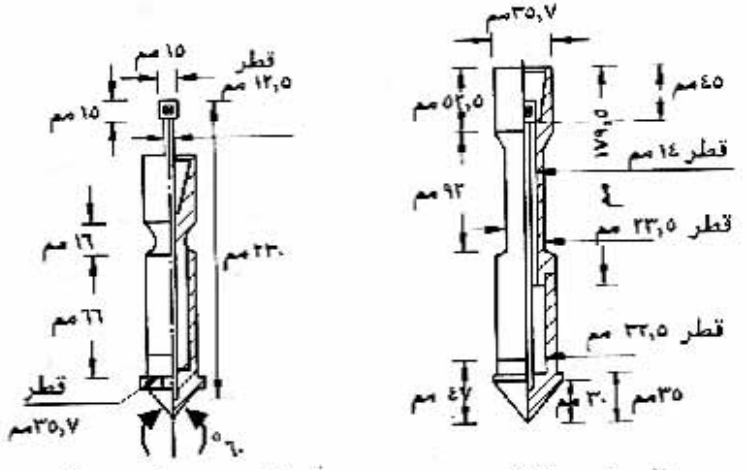
(أ-٣) يتم تحريك قضبان الدفع لأسفل حتى تتلامس مع القاعدة المخروطية ويأخذ الجهاز شكله التلسكوبي ثم تدفع المجموعة حتى منسوب إختبار جديد ثم يعاد إجراء الإختبار كما سبق على ألا تزيد المسافة بين منسوبى الإختبار عن ٢٠٠ مم وقد تقل فى بعض الحالات الخاصـــة إلى ١٠٠مم .

(ب) مخروط الإختراق الاحتكاكي :

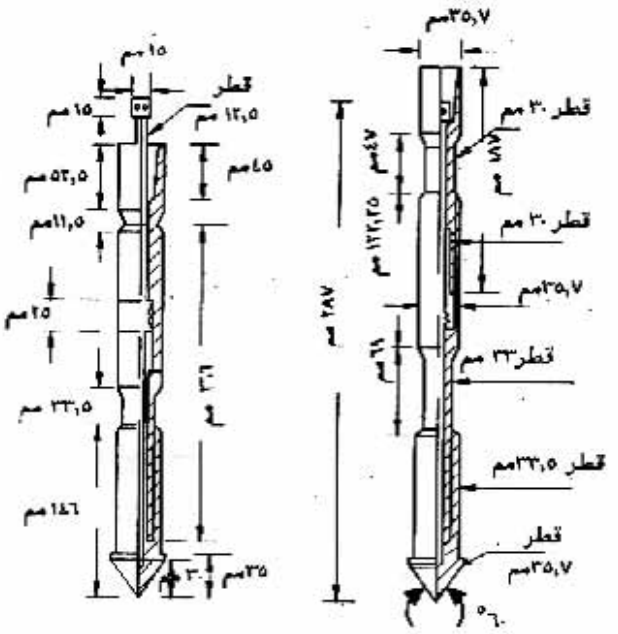
(ب-١) يماثل هذا الإختبار إختبار مخروط الإختراق غير أنه يقيس مقاومتين (بدلا من مقاومة واحدة) أثناء دفع المخروط .

(ب-٢) نحصل أولا على مقاومة الإختراق (q_c) أثناء المرحلة الأولى من الإختبار كما هو موضح بالخطوات (أ -١) ، (أ -٢) فى الطريقة السابقة .

(ب-٣) عند وصول طرف المخروط إلى أقصى عمق له يتم سحب أكمام الاحتكاك معه عند دفع القضبان الداخلية ويتم قياس المقاومة الكلية للمخروط وأكمام الاحتكاك ثم يتم حساب مقاومة إحتكاك الأكمام (F_s) وذلك بطرح قيمتي المقاومة .



شكل (١-٩) أمثلة لمقدمة المخروط الميكانيكى (الهولندى)



المخروط الممتد المخروط التلسكوبى

شكل (١-١٠) أمثلة لمقدمة مخروط إختراق إحتكاكى

(ج) مخروط الإختراق الكهربائي :

(ج-١) تسجل القراءات الابتدائية ورأس المخرط معلقا تعليقاً حراً فى الهواء بعيداً عن أشعة الشمس .

(ج-٢) تسجل مقاومة الإختراق وكذلك مقاومة الاحتكاك باستمرار مع العمق أو تسجل القراءات كل مسافة لا تزيد عن ٢٠٠ مم .

(ج-٣) يجب التأكيد بعد انتهاء الإختبار من القراءات الابتدائية .

٤/٣/٨/١ طريقة عرض النتائج

(أ) يحتوى التقرير على منحنى يبين العلاقة بين مقاومة إختراق المخروط (q_c) والعمق .

(ب) يمكن توصيل نتائج الإختبارات - التى تم القيام بها على فترات (أعماق) متساوية - بخطوط مستقيمة لتمثل الصورة العامة لمقاومة التربة مع العمق .

(ج) بالإضافة إلى المنحنى المذكور عاليه لمقاومة إختراق المخروط (q_c) فإنه يمكن إضافة منحنى جانبي لمقاومة الاحتكاك (F_s) مع العمق .

(د) يمكن تعيين النسبة (F_s / q_c) التى تستخدم فى تصنيف التربة ، شكل (١-١٢) .

٥/٣/٨/١ ملاحظات

(أ) يمكن إجراء إختبار الإختراق بجوار موقع جسة غير مدعمة الجوانب بالمواسير إذا كانت المسافة بينهما أكبر من ٢٥ مرة قطر الجسة .

(ب) عند عمل الإختبار فى قاع جسة يجب إهمال القراءات المأخوذة من قاع الحفرة مباشرة وحتى ٣ مرات قطر الجسة .

(ج) فى حالة صخر (q_c) (تربة ضعيفة) فإنه يجب إضافة أوزان القضبان الداخلية المستخدمة مقسومة على مسطح المخروط عند تحديد (q_c) أو على مسطح المخروط الاحتكاكي عند تحديد (F_s) .

(د) تتسبب حبيبات التربة والصدأ أحياناً في زيادة قيم الاحتكاك بين القضبان الداخلية وقضبان الدفع ولذلك فإنه يجب المحافظة على نظافة هذه الأجزاء وتزييتها بإستمرار .

(هـ) يمكن أيضاً لحبيبات التربة الموجودة بين الأسطح المائلة لمقدمة الجهاز عرقلة الحركة الميكانيكية أثناء الإستخدام المستمر للمقدمة التلسكوبية ويجب إيقاف الإختبار عند حدوث هذه العرقله مباشرة .

(و) فى حالة إجراء الإختبار خلال مياه عميقة أعلى سطح الارض فإنه يجب إستخدام تركيبة من مواسير لمنع إنبعاج قضبان الدفع فى المسافة بين قاعدة ماكينه الإختبار وسطح الأرض .

(ز) بالنسبة للأعماق الأكثر من١٢ متر فإنه يجب المحافظة على الإتجاه الرأسى للمخروط وذلك بإستخدام قضبان دفع مستقيمة والتأكد من عدم وجود دفع أفقى فى بداية الإختبار .

(ح) فى حالة إستخدام الأجهزة الكهربائية فإنه ينبغى فحصها دورياً للتأكد من عدم وصول المياه للأجزاء الحساسة منها .

(ط) معدل الإختراق فى التربة الطينية ١٠ مم/ ث ، وتمثل النتائج فى هذه الحالة مقاومة التربة الطينية دون صرف للمياه ، أما فى حالة الرمل الذى لا يحتوى على أكثر من ١٠% من التربة الناعمة فإن هذا المعدل يؤدى إلى صرف المياه أثناء الإختبار .

(ى) فى حالة إستخدام مخروط كهربائي فى وجود ضغط مياه هيدروستاتيكى فإنه سوف يلاحظ أن القراءة ستزيد بمقدار ملموس .

(ك) تصنيف التربة ذات الحساسية الكبيرة من العلاقة (F_s / q_c) غير دقيق نظراً لأن قيم (F_s) ستكون قريبة من الصفر .

(ل) إستخدام المخروط الإستاتيكى فى تحديد تتابع طبقات التربة يعتبر إستخدام محدود وأقل سمك للطبقات البينية يمكن ملاحظته بهذه الطريقة هو ٢٠سم (ذلك فى حالة وجود عدسة ضعيفة داخل طبقة أقوى على سبيل المثال) .

(م) إستخدام خلية أحمال ذات سعة كبيرة يقلل من حساسية قياس (q_c) فى طبقات التربة الضعيفة.

٦/٣/٨/١ تقدير بعض خواص ومعاملات التربة

يمكن تقدير معاملات القص للتربة من نتائج إختبار المخروط الاستاتيكى كالتالي :

(أ) معامل التماسك بدون صرف المياه البينية (C_u) للتربة الطينية :

يمكن استخدام المعادلة التالية لتقدير قيمة معامل التماسك :

$$C_u = \frac{q_c - p_o}{N_k} \qquad (٧-١)$$

حيث :

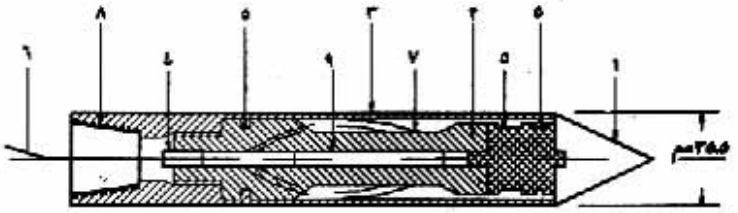
q_c هى مقاومة الاختراق عند كعب المخروط

p_o ضغط العبء الكلي التربة عند منسوب الإختبار

N_K معامل تتراوح قيمتة بين ١٥ إلى ٢٠ فى التربة الطينية وفى حالة التربة الحساسة تقل قيمته إلى١٠

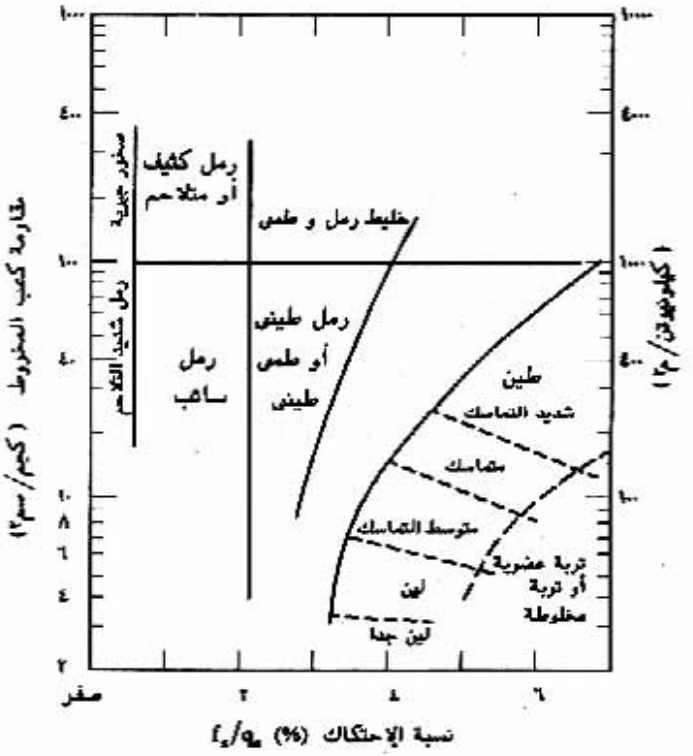
(ب) زاوية الاحتكاك القصوى :

يمكن إستخدام العلاقات بالشكل رقم (١- ١٣) فى تقدير زاوية الاحتكاك القصوى للرمل السلوسى غير المتلاحم .

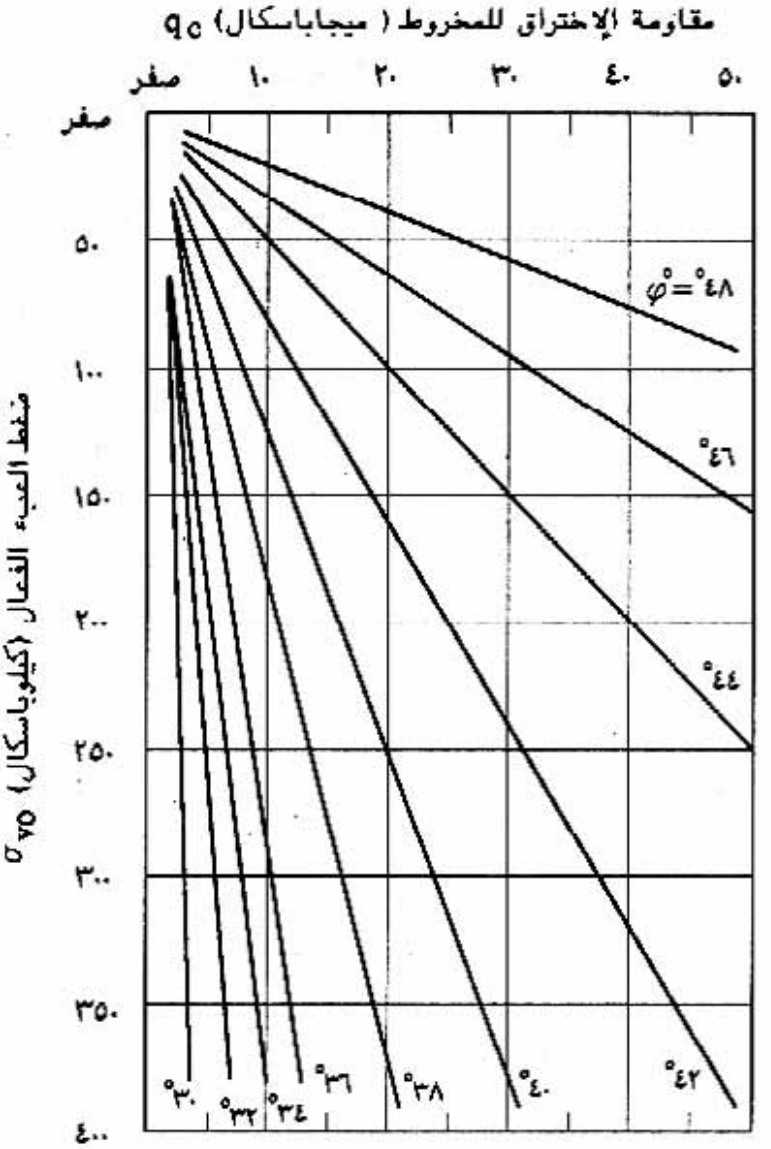


١- مقدمة مخروطية(١٠ سم٢)
٢- خلية لمسال
٣- غلاف واقي
٤- جلبة مانعة للمياه
٥- حلقات
٦- كابل
٧- مقاييس الإنفعال
٨- إتصال بالقضبان
٩- مقياس الميول

شكل (١- ١١) مقدمة إختراق المخروط كهربائي



شكل (١-١٢) تصنيف التربة من نتائج تجارب الإختراق بالمخروط
(طبقاً لشمرتمان) منحنيات استرشادية



شكل (١-١٣) تقدير زاوية الاحتكاك القصوى للرمل السيليسى غير المتلاحم
(After, Robertson and Campanella (1983) and others)

٤/٨/١ إختبار مقياس الضغط

١/٤/٨/١ مقدمة

إختبار مقياس ضغط التربة pressuremeter test عبارة عن إختبار تحميل إستاتيكى يتم فى الموقع داخل حفرة وذلك بواسطة مجس إسطوانى ويستخدم هذا الإختبار بكثرة- خاصة فى أوروبا- منذ ١٩٦٠، ومقاييس ضغط التربة المختلفة المستعملة حالياً هى :

(أ) مقياس ضغط التربة العادى (القياسى) standard pressuremeter

(ب) مقياس ضغط التربة ذاتى الحفر self boring pressuremeter

ويقيس هذا الإختبار معاملات الإجهاد والإنفعال فى التربة لحالة الإنفعال ذو المستوى الواحد stress-strain parameter in plane-strain conditions .

ويمكن الإستخلاص من هذا الإختبار المعاملات الآتية بصفة خاصة:

(أ) معامل مقياس الإنفعال (E_P) pressuremeter deformation modulus وهو يعبر فى الواقع عن مرونة التربة ويستخدم لحساب القيم الفورية للهبوط الرأسي والأفقي .

(ب) أقصى إجهاد قص للتربة ، يستخدم فى حساب قدرة تحمل التربة .

(ج) الإجهاد الأفقى الكلى σ_{ho} لحساب معاملات ضغط التربة عند السكون at rest واللازمة لحساب ضغوط التربة الأفقية فى كافة التصميمات الهندسية .

(د) ضغط المياه فى الفراغات الذى يتولد نتيجة تمدد الفجوة expanded cavity نتيجة لإجراء الإختبار. وتستخدم قيمة هذا الضغط فى العديد من التطبيقات خاصة لإيجاد قيم معاملات التدعيم مثل المعاملات C_v & m_v للتربة الطينية .

٢/٤/٨/١ المعدات

تتكون جميع أنواع أجهزة مقاييس ضغط التربة من ثلاثة أجزاء رئيسية كما فى شكل (١-١٤) وهى المجس probe ووحدة التحكم control unit والأنابيب tubing . والفرق الأساسى بين الأنواع المختلفة هى فى مفهوم وعمل المجس .

(أ) المجس :

المجس جسم إسطوانى مكون من ثلاثة خلايا مستقلة وعلى إستقامة واحدة وتغطى هذه الخلايا بغشاء مطاطى . تسمى الخلية الوسطى خليه القياس وتسمى الخليتان الأخريتان بالخليتين الحاميتين اللتين تتضمنان حالة الإنفعال ذى مستوى واحد للخلية المتوسطة وتتعرضان لنفس

الضغط التي تتعرض له خلية القياس . وإستخدام مقياس ضغط ذو خلية واحدة يعتبر خاطئا نظراً لتعرض هذه الخلية لتأثيرات النهايات end effects التى تؤثر على القياسات .

(ب) وحدة التحكم فى الضغط و الحجم :

تثبت هذه الوحدة على سطح الأرض بجوار الجسة (الحفرة) ومهمتها التحكم ومراقبة وتسجيل إنتفاخ المجس . ويكون مصدر الضغط عبارة عن أسطوانات من الغاز المضغوط . وتتم مراقبة وتسجيل سريان المياه لخلية القياس بواسطة إسطوانة مدرجة تسمى بمقياس الحجوم volumeter ويتم التحكم فى الضغط على مقياس الحجوم بواسطة منظم للضغوط تتم قراءته بواسطة مقياس للضغط pressure gauge ذو حساسية مناسبة . كما يمكن قياس التغير فى قطر المجس بواسطة مقاييس إنفعال كهربية electrical transducers .

(ج) الأنابيب :

يتم الاتصال بين وحدة التحكم- على سطح الأرض- والمجس عند منسوب الإختبار فى الحفرة بواسطة أنابيب لتوصيل المياه والغاز بينهما .

٣/٤/٨/١ طريقة وضع المجس فى التربة

يمكن وضع المجس فى التربة بإحدى الطرق التالية :

(أ) إنزاله إلى المنسوب المطلوب بعد تجهيز الحفرة .

(ب) دفعه من أعلى مباشرة حتى المنسوب المطلوب .

(ج) استخدام المجس ذاتى الحفر، شكل (١-١٥) .

(أ) الطريقة الأولى: وضع المجس بعد عمل الحفرة :

يعتبر عمل الحفرة جزء أساسى ومهم من إختبار مقياس الضغط وتؤثر جودة عمل الحفر تأثيراً كبيراً على دقة النتائج وصحتها . ويجب المحافظة على تلامس المجس مع جوانب الحفرة باستمرار أثناء إجراء الإختبار .

ويجب إتباع مايلى للحصول على أفضل النتائج لأنواع التربة المختلفة :

(أ-١) فى حالة الطين الذى يتراوح قوامه من ضعيف جداً إلى الجامد hard يتم الحفر بالبريمة اليدوية بطريقة جافة وبدون إستخراج للعينات منعا للقلقلة .

(أ-٢) فى حالة الطين ذو القوام الجامد أو الجامد جداً يتم الحفر المستمر بالبريمة المستمرة continuous flight auger كما يجب مراعاة لف البريمة فى نفس إتجاهها في الحفر عند سحبها لأعلى ببطء .

(أ-٣) فى حالة الرمل يتم الحفر بإستخدام القطعة ذات المقدمة المفلطحة blunt nose drill ويستخدم سائل الحفر من البنتونيت فى هذه العملية .

(أ- ٤) فى حالة الصخور الضعيفة والمتعرضة لعوامل التعريه تستخدم فى الحفر البريمة المستمرة مع إستخدام سائل الحفر من البنتونيت.

(ب) **الطريقة الثانية:** دفع المجس هيدروليكياً أو مباشرة من سطح الأرض حتى المنسوب المطلوب للإختبار :

تستخدم هذه الطريقة غالباً فى التربة غير متماسكة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم نسبياً كالرمل الحرش والزلط نظراً لصعوبة عمل حفرة بالكفاءة المطلوبة . وفى هذه الحالة تتم حماية المجس بواسطة ماسورة (غلاف) ذات فتحات تتصل من أعلى بمواسير الحفر ويتم نفخ المجس داخل الأنبوبة ذات الفتحات بحيث يتم قياس مقاومتها قبل الإدخال فى التربة.

(ج) **الطريقة الثالثة :** المجس ذاتى الحفر : شكل (١-١٥)

يتم إنزال المجس - وهو مزود عند نهايته السفلية بماسورة أخذ عينات ذات جدران قليلة السمك - وذلك بمعدل ثابت ويتم قلقلة التربة بواسطة مطحنه grinder خاصة بحيث يتم دفع ناتج القطع (وهى فى حالة معلقة suspension) من داخل الجهاز إلى أعلي .

٤/٤/٨/١ طريقة إجراء الإختبار

(أ) إعداد المجس :

قبل وضع المجس فى مكان التجربة يجب عمل الخطوات الآتية :

(أ-١) يجب التأكد من عدم وجود فقاعات هواء محبوسة داخل الأنابيب ووحدة التحكم وخلية القياس وذلك بدفع المياه بهم للتخلص من الهواء .

(أ-٢) يجب نفخ المجس بضغط الهواء داخله عدة مرات لمعايرته وللتأكد من أن قوة غشاء المجس ثابتة ويتم ذلك خارج الحفر وقبل إجراء الإختبار .

(أ-٣) يتم ضبط مقياس الحجوم بحيث تكون القراءة صفر عندما يكون حجم المجس هو الحجم القياسي الابتدائي (V_o) .

(ب) الإختبار :

(ب-١) يتم الإختبار فى حالة استخدام مقياس الضغط العادى (أو القياسى) بزيادة الضغط فى المجس على فترات ثابتة بحيث يتعرض المجس لقيمة ضغط (أو قيمة إجهاد) ثابتة ومستقره لمدة دقيقة واحدة .

(ب-٢) يتم قياس ومراقبة التغير فى حجم المجس بواسطة قياس سريان المياه لداخل المجس بعد مضى ١٥ ثانيه ثم ٣٠ ثانية ثم دقيقة واحده .

(ب-٣) يتم زيادة الضغط فى المجس على مراحل يتراوح عددها من ٨ إلى ١٤ وبذلك يستمر الإختبار لفترة تستغرق ما بين ١٠ دقائق إلى حوالى ١٥ دقيقة .

(ب-٤) يعتبر الإختبار منتهياً عندما تضخ كل المياه الموجودة فى مقياس الضغط إلى المجس (أى إلى خلية القياس) أو عند الوصول إلى مستوى الضغط المطلوب .

(ب-٥) يفضل إجراء الإختبار على أعماق كل حوالى ١ متر للحصول على تقييم جيد للطبقة .

٥/٤/٨/١ التصحيحات

يتم إجراء التصحيحات على قراءات الحجم والضغط كالآتى :

(أ) فواقد الضغط والحجم التى تحدث أثناء إجراء التجربة .

(ب) مقدار الضغوط الفعلية التى يتعرض لها المجس ، حيث أن مؤشر مقياس الضغط يشير إلى مقدار أقل من الضغط الحقيقى على المجس .

(ج) الزيادة فى حجم المياه المسجل فى مقياس الحجوم V_o إذ أنه سيكون أكبر من حجم المجس الفعلى نتيجة تمدد الأنابيب .

توقع النتائج بعد تصحيحها- على هيئة منحنى للعلاقة بين الزيادة فى الحجم والضغط كالمبين فى شكل (١-١٦) ويوقع على نفس المنحنى منحنى معاير المجس لإجراء التصحيح اللازم بسهولة .

٦/٤/٨/١ الضغوط الأساسية

يمكن من شكل (١-١٦) تحديد قيم ثلاث ضغوط أساسية للتربة المختبرة عند منسوب الإختبار.

(أ) الجزء الأول : فى الجزء الأول من المنحنى يزداد حجم المجس بزيادة الضغط حتى تصل قيمة الضغط إلى p_{om} وهى تساوى نظرياً قيمة الإجهادات الأفقية الموجودة أصلا بالتربة قبل الحفر p_{ho} وعندها يكون حجم السائل بالمجس مساوياً V_o حيث :

$$V_o = V_c + v_o \qquad (٨-١)$$

حيث :

V_c حجم الخلية الوسطى عندما تكون قراءة مقياس الحجم صفر .

V_o حجم السائل المضغوط فى داخل المجس .

وتعتبر النقطة أ ذات الإحداثيات (V_o, p_{om}) نهاية تلك المرحلة . وهذا الجزء لا يظهر فى حالة المجس ذاتى الحفر .

(ب) الجزء الثانى : بزيادة قيمة الضغط عن p_{om} يحدث زيادة فى الحجم تتناسب خطياً مع الزيادة فى الضغط وتعتبر ممثلا للتحميل المرن أو شبه المرن ، وتنتهي تلك المرحلة الخطية (أ ب) عندما يصل قيمة الضغط إلى ضغط الزحف p_f .

(ج) الجزء الثالث: بزيادة قيمة الضغط عن p_f يحدث زياد ة كبيره فى الحجم معبره عن حدوث إنهيارات حول المجس وتسمى تلك المرحلة بالمرحلة اللدنه ومع زيادة الضغط يقترب المنحنى من ضغط ثابت يعرف بالضغط الحدى (P_L) وهو الضغط اللازم لمضاعفة الحجم الأصلى للفجوة $2V_o$. وفى كثير من الأحيان لا يمكن الوصول إلى قيمة الضغط الحدى (P_L) مباشرة وذلك نظراً لأن كمية السائل بالجهاز محدودة ، وفى هذه الحالة يمكن حساب قيمة الضغط الحدى بإستخدام قيمة ضغط الزحف علماً بأن العلاقة التجريبية التى تربط بينهما هى :

$$0.5 < P_L / P_f < 0.75 \qquad (٩-١)$$

٧/٤/٨/١ عرض النتائج

تعرض نتائج مقياس الضغط للتربة على شكل منحنى يوضح العلاقة بين الحجم والضغط . ويفضل إجراء الإختبار كل متر حتى يمكن معرفة نوع وخواص الترسيب الذى يجرى خلاله الإختبار .

تسجل المعلومات الآتية لكل إختبار :

(أ) الموقع ورقم الجسة والعمق الذى تم عنده إجراء الإختبار .

(ب) نوع الجهاز المستخدم .

(ج) قطر الجسة فى حالة المقياس الإعتيادي مع تحديد طريقة الحفر المستخدم وكيفية سند جوانب الحفر .

(د) نوع الغشاء المطاطى ونوع الغلاف المستخدم .

٨/٤/٨/١ تقدير بعض معاملات وخواص التربة

يمكن تحديد بعض خواص التربة من نتائج الإختبار وهى :

(أ) معامل مقياس الانفعال للتربة E_P : ويتم تحديده من الجـزء الخطى بالمنحنـى شكل(١-١٦) باستخدام العلاقة :

$$E_P = 2(1+\upsilon)(V_c + V_m)\,\Delta P/\Delta V \qquad (١٠-١)$$

حيث :

$\Delta P/\Delta V$ ميل الجزء الخطى من المنحنى

V_m حجم السائل المندفع فى المجس عندما يكون الضغط مساوي $(P_{om} + P_f)/2$

V_c حجم الخلية الوسطى عندما يكون قراءة مقياس الحجم صفر

υ نسبة بواسون وتكون مساوية ٠,٣٣ وفى هذه الحالة تكون $E_P = E_m$

E_m عامل المرونة طبقاً لمينارد Menard

(ب) تحديد معامل ضغط التربة فى حالة السكون K_o

من الشكل (١-١٦) فإن قيمة P_{om} تساوى نظرياً قيمة الاجهادات الأفقية الموجودة بالتربة وبتحديد قيمة وزن عمود التربة عند منسوب الإختبار P_o فإنه يمكن تقدير قيمة معامل ضغط التربة فى حالة السكون K_o ويمكن حسابها كالآتى :

$$K_o = \frac{P_{om}}{P_o} \qquad (١١-١)$$

(ج) تقدير قيمة معامل التماسك C_u للتربة المتماسكة :

يمكن استخدام العلاقة الآتية :

$$P = P_{om} + C_u \ln \frac{\Delta v}{v} \qquad (١٢-١)$$

حيث :

P الضغط الكلى داخل المجس

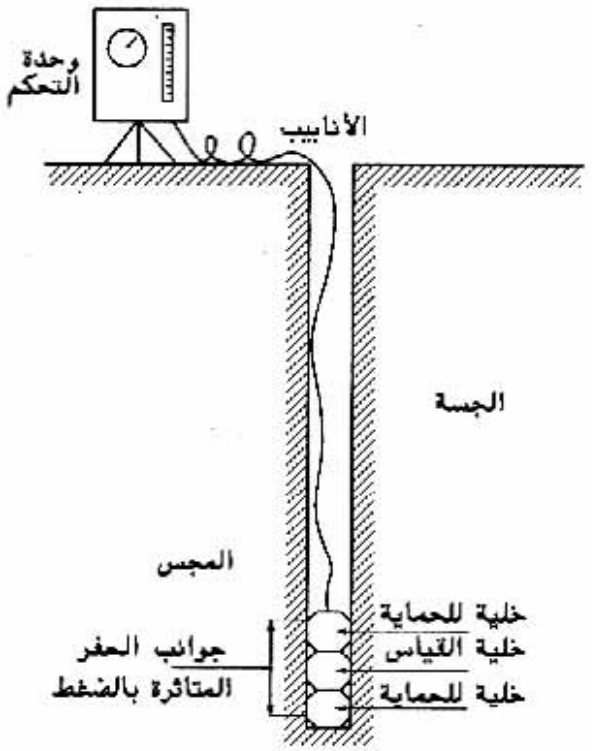
P_{om} الضغط الابتدائى داخل المجس

$\frac{\Delta v}{v}$ الانفعال الحجمى

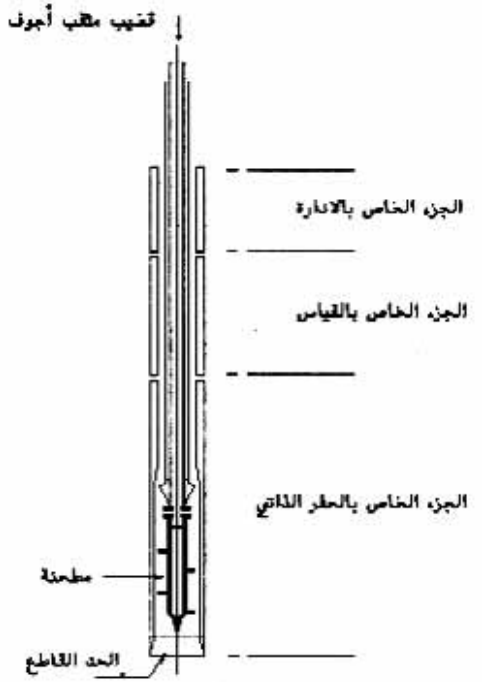
هذه العلاقة تمثل خط مستقيم بين لوغاريتم التغير الحجمى والضغط ، وميل هذا الخط يمثل قيمة معامل التماسك . شكل(١-١٧) .

يمكن تصنيف التربة بتحديد النسبة بين قيمة الضغط الحدى P_L ومعامل مقياس الإنفعال E_P كما يلي :

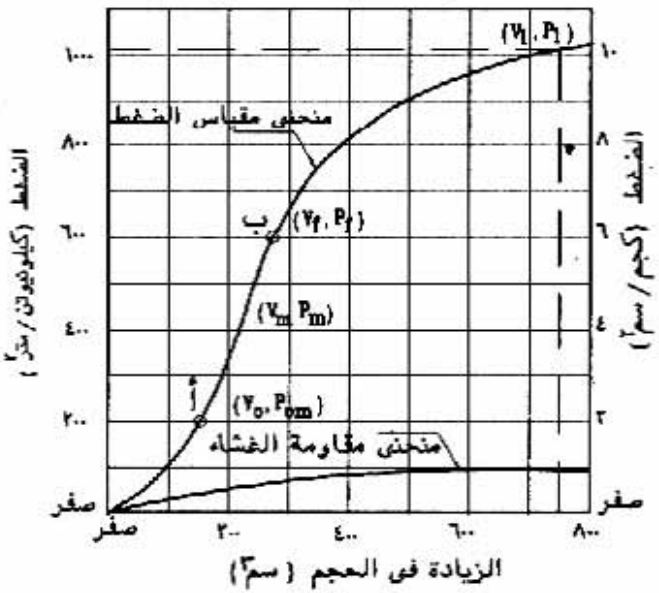
نوع التربة	النسبة P_L / E_P
رمل مشبع سائب جداً إلى سائب	٤ – ٧
رمل كثيف	٧ – ١٠
تربة طينية لينة إلى متماسكة	٨ – ١٠
تربة طينية متماسكة إلى شديدة التماسك	١٠ – ٢٠
اللويس	١٢ – ١٥



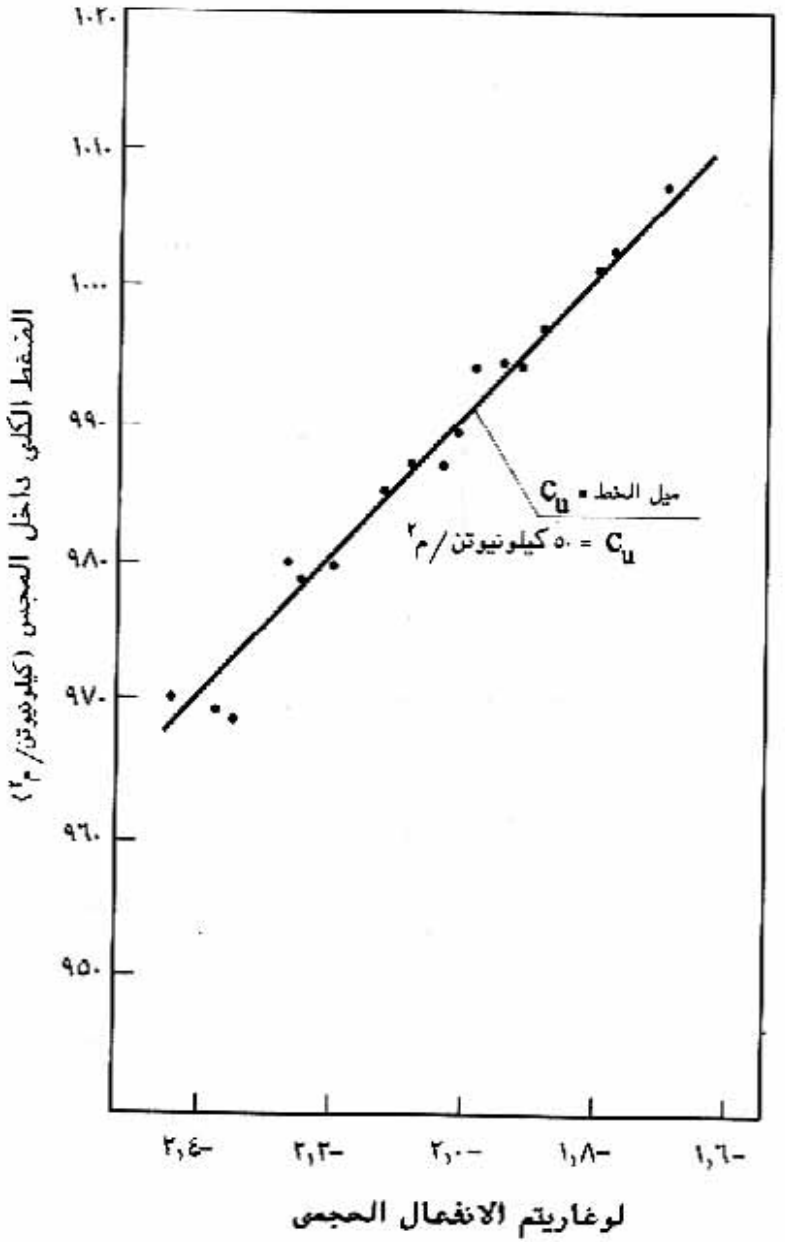
شكل (١-١٤) جهاز مقياس الضغط للتربة



شكل (١- ١٥) المجس ذاتى الحفر



شكل (١-١٦) نتائج إختبار مقياس الضغط



شكل (١-١٧) تقدير قيمة معامل التماسك للتربة

٥/٨/١ إختبار الديلاتومتر

١/٥/٨/١ مقدمة

يعتبر إختبار الديلاتومتر dilatometer من الإختبارات الحقلية السريعة والاقتصادية لتعيين خواص التربة . وقد تم ابتكاره على يد العالم الإيطالي ماركيتى سنه ١٩٨٠ Marchetti وأصبح الآن إختبار قياسي وتم أضافته إلى ASTM سنه ١٩٨٦ .

٢/٥/٨/١ المعدات

تتكون المعدات من شفرة ووحده تحكم وكابلات، شكل (١-١٨) ، ووصفها كالآتى:

(أ) الشفرة :

تتكون الشفرة blade من جسم مسطح عريض من حديد الستانلى بسمك ١٥مم وعرض ٩٦مم وذو حافة حادة عند نهايته. ويوجد على أحد الأوجه غشاء حديد رقيق السمك بقطر ٦٠مم يمكنه التمدد للخارج بضغط الغاز .

(ب) وحدة التحكم :

توضع على سطح الأرض ومهمتها التحكم في الضغط بواسطة منظم للضغوط . ويكون مصدر الضغط عبارة عن اسطوانات من الغاز المضغوط . ويرسل الضغط إلى الشفرة عن طريق أنابيب. يتم قياس الضغط اللازم لإحداث تمدد في الغشاء قدره ١ر ١مم وذلك بعد التأكد من حدوث التمدد المطلوب بالغشاء بإستخدام دائرة كهربائية .

(ج) الكابلات :

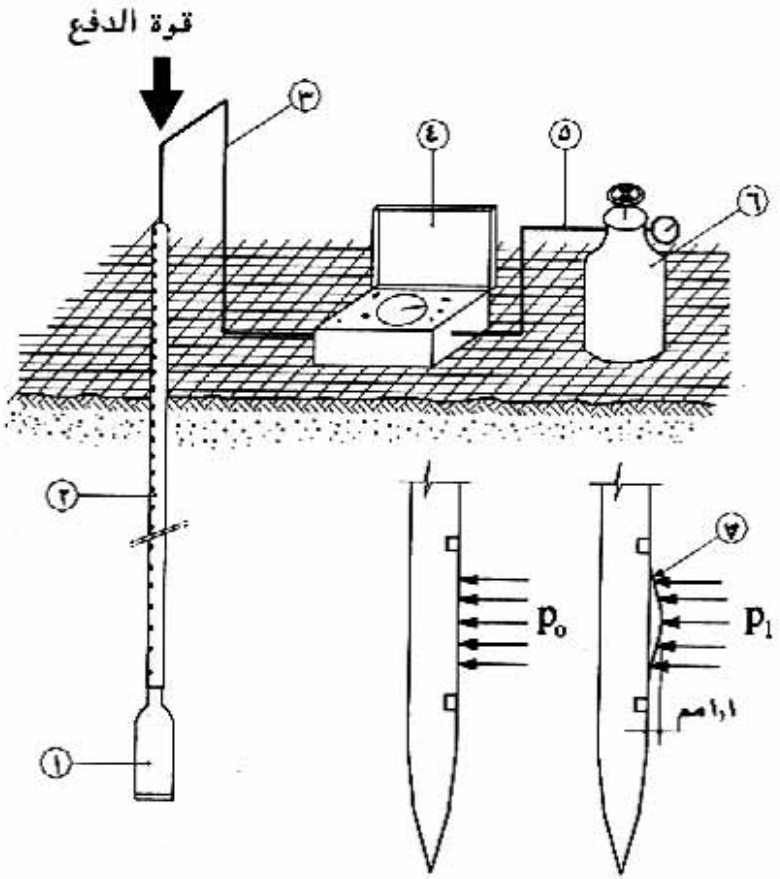
يتم الاتصال بين وحدة التحكم والشفرة عن طريق الكابلات والتي تتكون من أنابيب لتوصيل الغاز بالإضافة إلى خطوط كهربائية .

٣/٥/٨/١ خطوات إجراء الإختبار

يتم إجراء الإختبار على مرحلتين :

(أ) وضع الشفرة بالتربة :

يتم دفع الشفرة داخل التربة بمعدل بطئ يتراوح من ٢٠ الى ٤٠ مم/ثانية وذلك بإستخدام ماكينة إختبار الضغوط الاستاتيكى أو ماكينة التثقيب . وأثناء دفع الشفرة تضغط التربة على الغشاء وتدفعه في مكانه .



١ - شفرة الديلاتومتر
٢ - قضبان الدفع
٣ - كابلات توصيل ضغط الغاز والكهرباء
٤ - وحدة التحكم
٥ - كابلات توصيل ضغط الغاز
٦ - خزان الغاز
٧ - غشاء التمدد

شكل (١-١٨) معدات إختبار الديلاتومتر

(ب) الإختبار :

بعد دفع الشفرة إلى العمق المطلوب إختباره يجرى الإختبار كما يلي :

(ب-١) يتم زيادة ضغط الغاز خلف الغشاء الدائري الرقيق باستخدام وحدة التحكم الخارجية ويتم قياس الضغط اللازم فقط لتحريك الغشاء ليتلامس مع التربة وقيمته A .

(ب-٢) يتم تحريك الغشاء مسافة قدرها ١ر١مم دافعاً التربة ويسجل الضغط المسبب لذلك وقيمته B . ويتم معرفة حدوث الحركة الأفقية المطلوبة للغشاء عن طريق دائرة كهربائية.

(ب-٣) يتم إزالة الضغط B وبذلك يتحرك الغشاء إلى داخل الشفرة .

(ب-٤) يتم دفع الجهاز أو الشفرة إلى عمق اكبر بمسافة ٢٠سم وتكرر الخطوات من (ب-١) إلى (ب-٣) ويتم تسجيل قيمة A ، B لكل عمق .

٤/٥/٨/١ مزايا إختبار الديلاتومتر

(أ) إختبار سريع وله نفس إنتاجية إختبار المخروط الاستاتيكي .

(ب) إختبار اقتصادي وبسيط .

(ج) إمكانية استخدام ماكينات عديدة لدفع الجهاز بالتربة .

(د) النتائج لها علاقات مع المعاملات الجيوتقنية المعروفة .

(هـ) يمكن من نتائج الإختبار الحصول على أكثر من معامل للتربة .

(و) الشفرة المسطحة لاتسبب قلقله للتربة أثناء الإختبار .

(ح) معامل K_D ، E_D لهما حساسية عالية لأقل تغير في خواص التربة لذا يستخدم هذا الإختبار لتحديد التحسن في خواص التربة نتيجة لاستخدام الطرق المختلفة .

٥/٥/٨/١ التصحيحات وإجراء الحسابات

يتم معايرة الجهاز في الهواء قبل إجراء الإختبار وتحديد قيم الضغط ΔA اللازم للمحافظة على الغشاء الدائري وهو حر في الهواء ملامساً للجزء المسطح بالشفرة ، كما يحدد قيمه الضغط على الغشاء لتحريكه في الهواء مسافة ١,١ مم من موضع اتصاله بالشفرة . وبذلك يكون الضغط الأفقي الفعلي P_o :

$$P_0 = A + \Delta A \qquad (١٣-١)$$

والضغط الفعلي اللازم لتحريك التربة ١,١مم (P_1) :

$$P_1 = B - \Delta B \qquad (١٤-١)$$

وبذلك يحسب فرق الضغط (Δp) :

$$\Delta P = P_1 - P_o \qquad (١٥-١)$$

٦/٥/٨/١ تقدير بعض معاملات وخواص التربه

(أ) معاير المرونة :

بمعرفة P_o, P_1 وباستخدام نظرية المرونة يمكن حساب معاير المرونة E_D طبقاً لماركتي من المعادلة الآتية :

$$E_D = (2D / S_o)\,\Delta P \qquad (١٦-١)$$

حيث :

D قطر الغشاء الدائري (٦٠ مم)

S_o حركة الغشاء (١,١ مم)

ΔP الفرق بين P_1 ، P_o

$$E_D = 34.7\,\Delta P \qquad (١٧-١)$$

كما يمكن حساب بعض المعاملات

(ب) معامل المادة (I_D) :

يحسب معامل المادة material index من العلاقة الآتية :

$$I_D = \frac{\Delta P}{P_o - U_o} \qquad (١٨-١)$$

حيث :

U_o ضغط المياه

(ج) دليل الإجهاد الأفقي (K_D) :

يحسب دليل الإجهاد الأفقي horizontal stress index من العلاقة الآتية :

$$K_D = \frac{P_0 - U_0}{\sigma_v} \qquad (١-١٩)$$

حيث :

σ_v ضغط العبء الفعال عند منسوب مركز الغشاء

(د) تصنيف التربة :

تستخدم المعاملات I_D، E_D المستنتجة من الإختبار فى تصنيف التربة كما هو موضح بالجدول رقم (١- ٢٠) والشكل رقم (١-١٩) وبصفة عامة إذا كان I_D < ١,٢ فإن التربة المختبرة متماسكة ، بينما إذا كان I_D > ١,٢ فإن التربة المختبرة غير متماسكة .

جدول رقم (١- ٢٠) تصنيف التربة باستخدام معامل المادة I_D

نوع التربة	بيت – تربة عضوية أو طين حساس	طين		طمي			رمل	
		طين	طين طميي	طمي طيني	طمي	طمي رملي	رمل طميي	رمل
I_D	< ٠,١	٠,٣٥-٠,١	٠,٦-٠,٣٥	٠,٩-٠,٦	١,٢-٠,٩	١,٨-١,٢	٣,٣-١,٨	٣,٣<

كما يمكن تصنيف التربة حسب درجة إنضغاطها وذلك باستخدام المعاملات I_D، E_D .

(هـ) نسبة التدعيم الزائد (OCR)

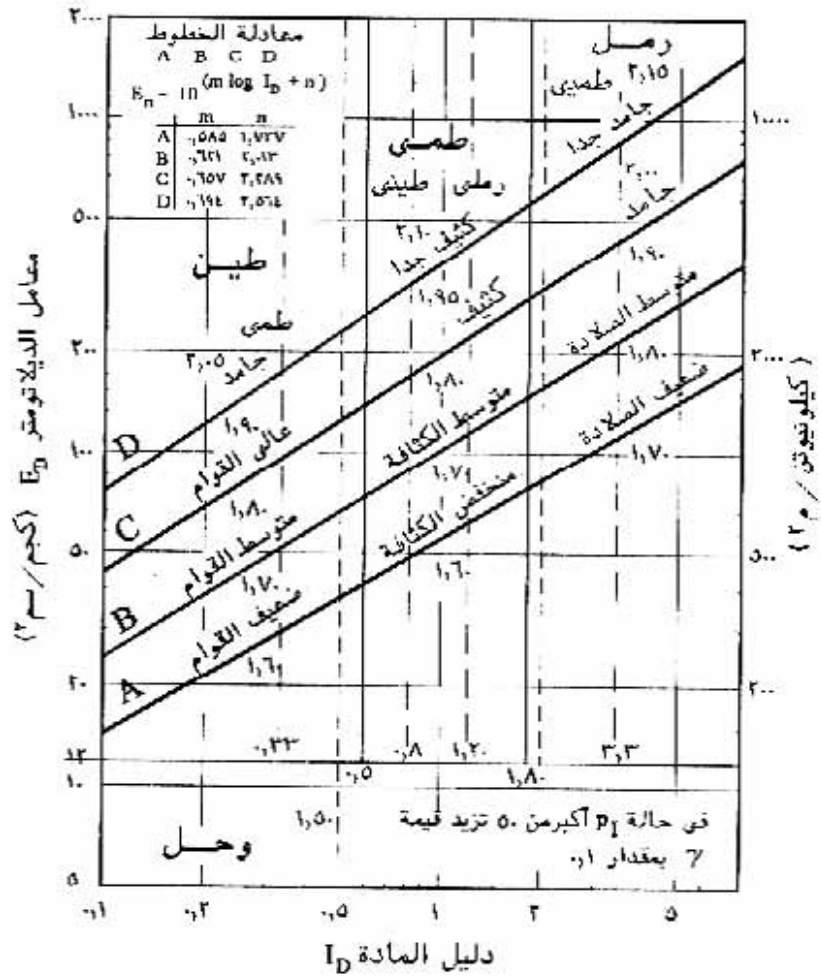
تعطى قيمة دليل الإجهاد الأفقى K_D دلالة على تحميل التربة كما يمكن تحديد قيمة نسبة التدعيم الزائد over consolidation ratio (OCR) في حالة التربة المتماسكة وغير المتماسكة (شكل ١-٢٠) .

(و) معامل ضغط التربة في حالة السكون K_o

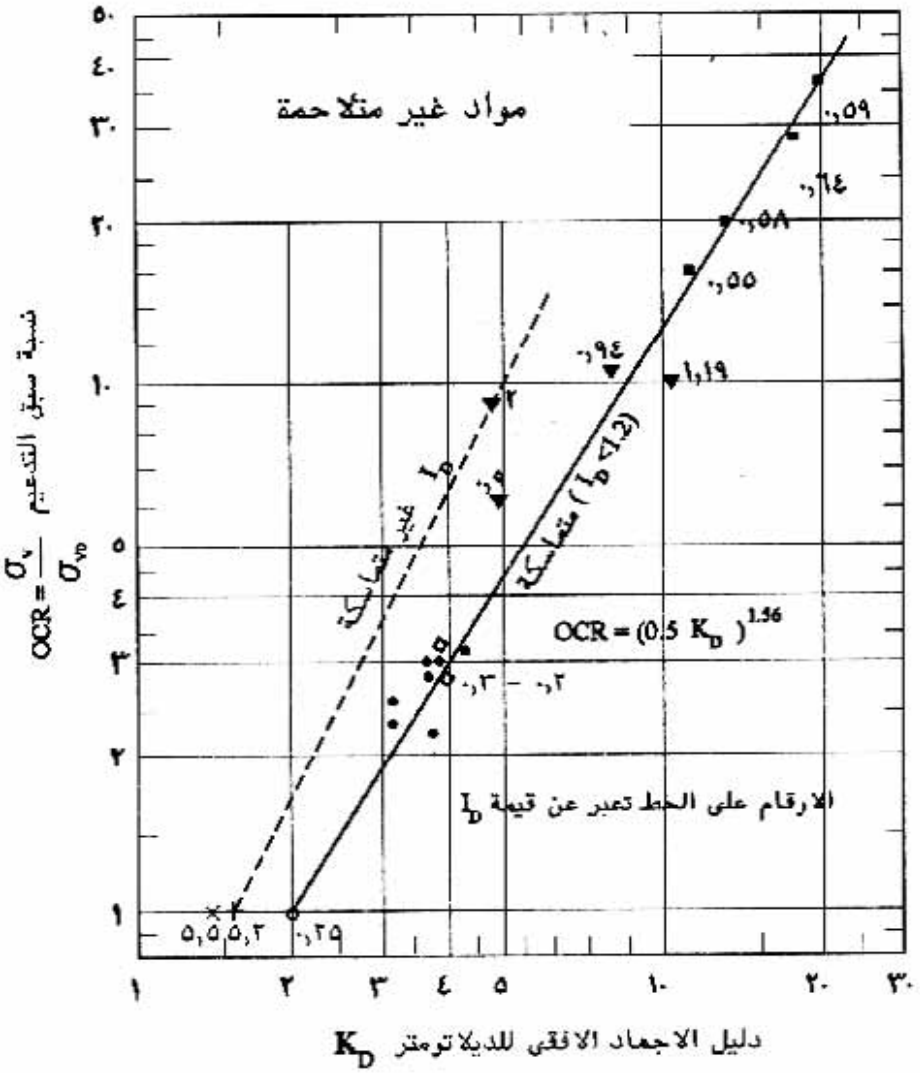
يوضح شكل رقم (١-٢١) العلاقة بين K_D ، K_o بالنسبة للتربة المتماسكة I_D أقل من ١,٢ .

(ز) مقاومة القص للطين بدون صرف مياه

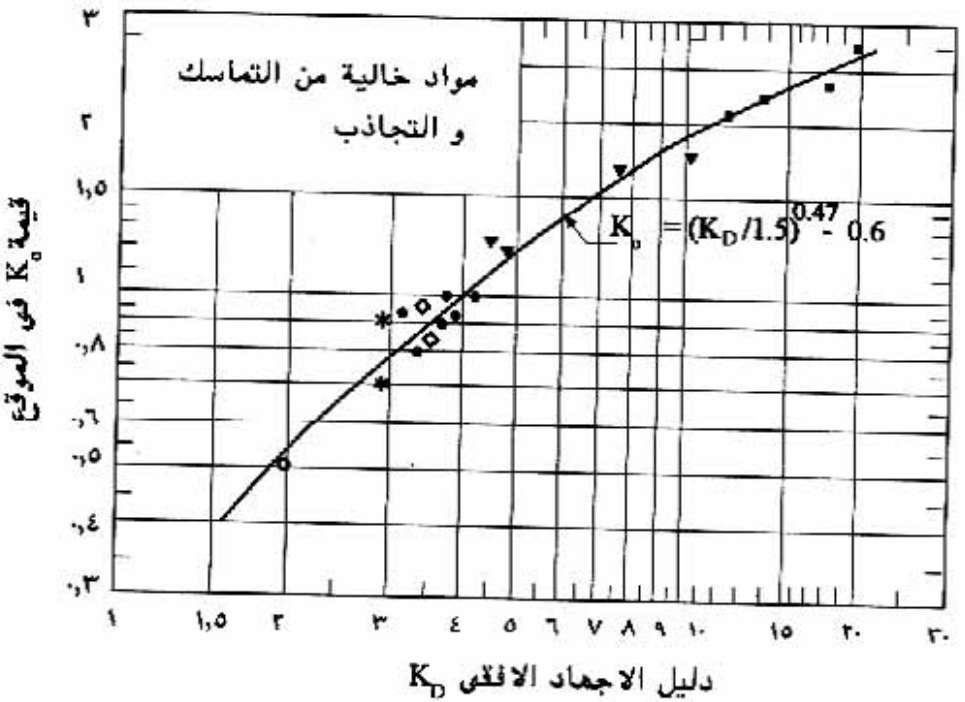
يمكن تقدير مقاومة القص للطين غير المصرف undrained shear strength وذلك باستخدام شكل رقم (١-٢٢) .



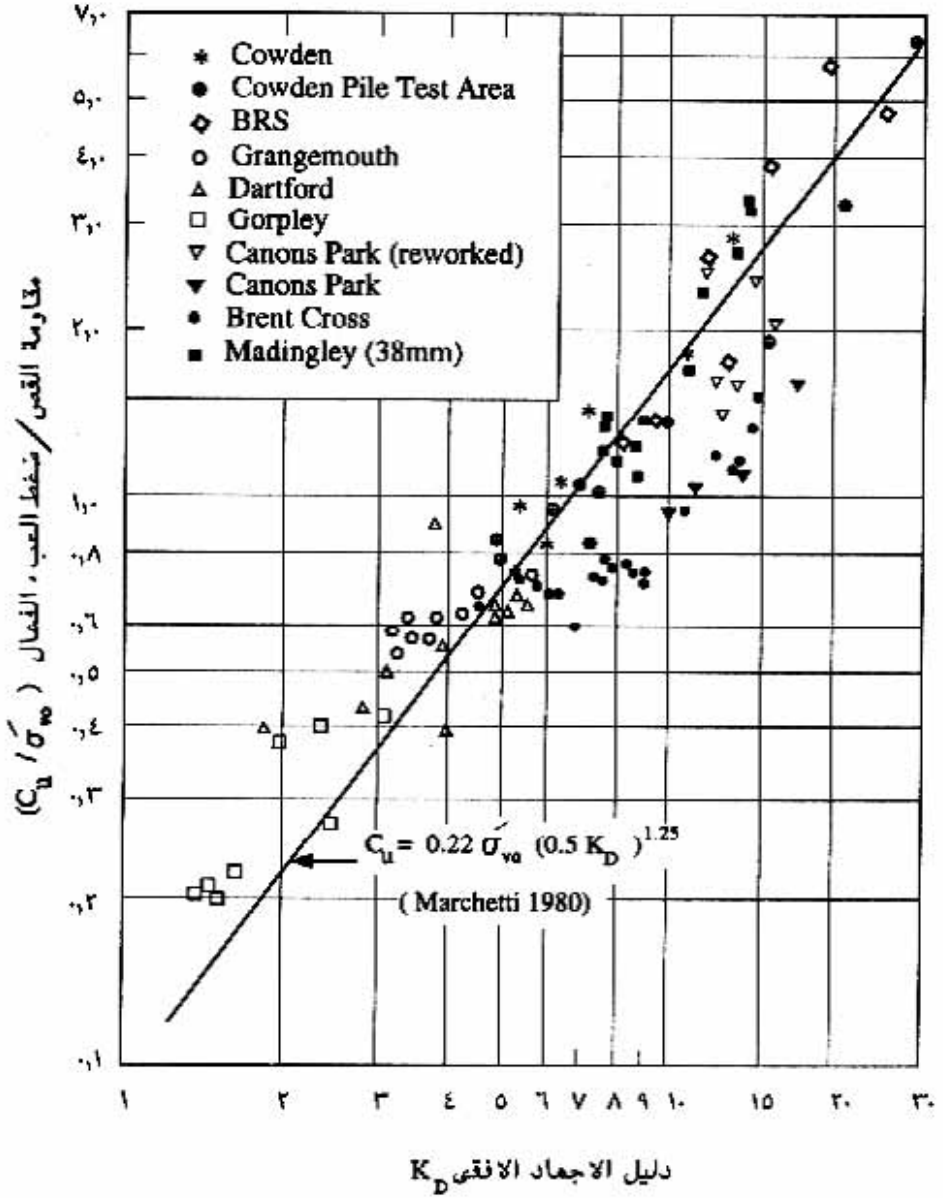
شكل (١-١٩) تصنيف التربة وتحديد كثافتها بإستخدام معاملات إختبار الديلاتومتر



شكل (١-٢٠) تحديد نسبة التدعيم الزائد للتربة المتماسكة وغير المتماسكة



شكل (١-٢١) معامل ضغط التربة فى حالة السكون بمعرفة
دليل الإجهاد الأفقى K_D



شكل (١-٢٢) يوضح العلاقة بين مقاومة القص للتربة وكل من ضغط العبء الفعال ودليل الإجهاد الأفقي K_D

٦/٨/١ إختبار تحميل التربة باللوح

١/٦/٨/١ مقدمة

تعتبر تجربة تحميل التربة باللوح plate loading test من أنسب التجارب لتقدير قوى تحمل التربة المتجانسة ومقدار الهبوط ، خاصة للتربة التى يصعب إستخراج عينات سليمة منها وإختبارها كالرمل والطين المتشقق fissured clay . كما يعتبر هذا الإختبار هو الإختبار الأمثل لإستخراج معامل رد فعل تربة الأساس (K_s) وذلك لإستخدامه فى التصميمات فى مجال هندسة الأساسات والطرق والمطارات .

٢/٦/٨/١ معدات الإختبار

(أ) يتكون جهاز التحميل من مصطبه من الخشب المتين أو من المعدن للتحميل المباشر شكل رقم (١-٢٣) أو عبارة عن إطار يربط بخطافات anchors تثبت داخل التربة مع جهاز تحميل هيدروليكى شكل (١-٢٤) ويجب أن يكون جهاز التحميل الهيدروليكى مصمماً بحيث تتم عملية التحميل وإزالة الحمل على مراحل وأن يكون مجهزاً بمقاييس إنفعال ذات معايرة دقيقة لتقدير أحمال التجربة فى مختلف مراحلها ويجب ألا تكون المسافات بين الخطافات أقل من ٨ مرات قطر لوح التحميل .

(ب) يتكون لوح التحميل فى العادة من مربع طول ضلعه ٣٠٠ مم على الأقل أو مستدير بقطر ٣٠٠ مم أيضاً وسمك ٢٥ مم .

(ج) كما يمكن فى حالة إستخدام المقاسات المترية إستخدام لوح (٠,٧٠٦ م x ٠,٧٠٦ م) حيث مسطحه ٠,٥٠ متر مربع و ذلك لسهولة حساب الإجهادات. ويمكن إستخدام ألواح ذات أبعاد أكبر (حوالى ٠,٧٥ م) وسمك لا يقل عن ١٣ مم .

(د) يجب ألا يقل عدد مقاييس الإنفعال عن مقياسين بدقة ٠,٠٢ مم ويجب أن تثبت المقاييس على قائم خاص لإعطاء مستوى مستقل للقياسات .

(هـ) يجب أيضاً توافر ميزان مياه ومثبتات لمقاييس الإنفعال وساعة ميقاتية .

٣/٦/٨/١ خطوات إجراء الإختبار

٣/٦/٨/١ (أ) إجراء الإختبار للحصول على قيم قوى تحمل التربة

١- يتم عمل حفرة بقطر أو إتساع لا يقل عن خمسة أمثال قطر أو إتساع لوح التحميل .

٢- يتم عمل حفرة داخل الحفرة الأولى بقطر أو إتساع لوح التحميل نفسه .

٣- يتم وضع طبقة رقيقة من الرمل الرفيع بسمك ٦ مم فى الحفرة الصغرى ثم يوضع لوح التحميل بثبات فوق هذه الطبقة التى يمكن بها تفادى أية فروق فى مناسيب قاع الحفرة ويستخدم الجبس فى بعض الأحيان لتثبيت ألواح التحميل .

٤- يتم تحميل اللوح على مراحل بحيث يكون الحمل فى كل مرحلة حوالى ١/٥ الحمل التصميمى المقترح ويكون أقصى تحميل للوح حوالى ٣ مرات هذا الحمل التصميمى .

٥- يترك الحمل ثابتاً فى كل مرحلة مع أخذ قراءات للهبوط على فترات كالآتى : بعد دقيقة واحدة ثم دقيقتين ثم خمسة ثم عشر دقائق ثم عشرين دقيقة ثم أربعين دقيقة ثم بعد ساعة . تتكرر قراءة الهبوط بعد ذلك كل ساعة حتى يصبح معدل الهبوط أقل من٠,٠٢ مم/ دقيقة فى التربة الطينية أو تتوقف قراءات الهبوط ثم يزداد الحمل إلى المرحلة التالية وهـكذا .

٦ - يجب ملاحظة أن تثبيت الحمل يتم بسهولة إذا كان التحميل مباشراً . ولكن فى حالة التحميل الهيدروليكى فيجب ملاحظة ثبات الحمل بإستمرار نظراً لإحتمال تغيره فى هذه الحالة .

٣/٦/٨/١ (ب) إجراء الإختبار للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس

١- يستخدم في هذا الإختبار ألواح مستديرة من الصلب بأقطار مختلفـة (٠,٣٠ م و ٠,٤٥ م و ٠,٧٦٢ م تقريباً) وترتب هذه الألواح على شكل هرمى لضمان جسائتها .

٢- يستخدم جهاز التحميل الهيدروليكى ويكون مجهزاً للتحميل على مراحل وبقـدرة حتى١٥ طن.

٣- فى حالة إختبار التربة فى الموقع يستحسن إزالة ٠,٣٠ م من السطح فى مكان التجربة قبل تثبيت الألواح .

٤- يستعمل عدد كاف من مقاييس الإنفعال تثبت على بعد ٢٥ مم من المحيط على أن تؤخذ القيمة المتوسطة للقراءات على إنها قيمة الهبوط .

٥ - يتم تحميل الألواح بإجهاد تقريبى قدره ٠,٧٠ كيلونيوتن/ م٢(٠,٠٧ كجم / سم٢) ثم يزال بعد عدة ثوانى ويعاد التحميل مرة أخرى بإجهاد يؤدى إلى هبوط حوالى ٠,٢ مم .

٦- يزاد الحمل على الألواح حتى تسجيل هبوطاً مقداره حوالى ١ مم ويثبت الحمل حتى يصل معدل الهبوط إلى ٠,٠٢ مم/ دقيقة وعندئذ يزال الحمل تماماً وتراقب أجهزة قياس الإنفعال حتى يصل معدل الرجوع recovery إلى ٠,٠٢ مم / دقيقة .

٧- يعاد التحميل وإزالة الحمل السابق بنفس الطريقة الموضحة عاليه عشر مرات مع تسجيل القراءات من مقاييس الإنفعال بعد التحميل لكل مرة من المرات .

٨- يزاد الحمل ليعطى هبوط قدره ٢ مم وتكرر الخطوات السابقة . ثم يزاد مره أخرى ليعطى ٥ مم و ١٠ مم مع إتباع ما جاء فى الخطوات السابقة .

٣/٦/٨/١ (ج) التقرير

يجب أن يحتوى التقرير على :

(ج-١) القراءات المستمرة لكل من الحمل والهبوط ودرجات الحرارة .

(ج-٢) تاريخ إجراء الإختبار وحالة الطقس .

(ج-٣) أى ظروف غير عادية طرأت أثناء التنفيذ .

٤/٦/٨/١ حساب نتائج الاختبارات

٤/٦/٨/١ (أ) حساب نتائج إختبار قيم قوى تحمل التربة

(أ-١) توقع نتائج الإختبار على منحنى (أحمال-هبوط) .

(أ-٢) القيمة القصوى لتحميل التربة إما أن تقع عند نقطة انهيار يمكن تحديدها على المنحنى أو عند قيمة تقديرية للهبوط (حوالى ٥/١ قطر أو ضلع اللوح) وذلك فى حالة صعوبة تحديد قيمة انهيار من المنحنى .

(أ-٣) توقيع المنحنى لوغاريتمياً هى الطريقة الأفضل لتحديد نقط الانهيار حيث يختصر المنحنى إلى شبه خطين مستقيمين تعتبر النقطة التخيلية لتلاقيهما هى نقطة الإنهيار شكل (١-٢٥) وتكون هذه النقطة ممثلة لأقصى قوة تحمل للتربة المختبرة . وبإستعمال معامل أمان يتراوح بين ٢ إلى ٣ يمكن الحصول على قوة تحمل التربة التصميمية .

(أ-٤) بالنسبة للتربة الطينية المشبعة بالمياه فإن قيمة قوة تحمل التربة الناتجة من إختبار التحميل تعتبر قوه تحمل قواعد الأساسات بصرف النظر عن اختلاف الأبعاد أما بالنسبة للتربة الرملية غير المتماسكة فإن هذه القيم تتناسب مع عرض الأساس تناسباً خطياً بالتقريب . ويلزم لحساب قوه تحمل التربة فى هذه الحالة أن يجرى أكثر من إختبار تحميل بمقاييس مختلفة للألواح ثم استنتاج قوه تحمل قواعد الأساسات من نتائج التجارب وطبقاً لقاعدة التناسب .

٤/٦/٨/١ (ب) حساب نتائج إختبار معامل رد فعل طبقة الأساس

(ب-١) يجب معايرة جهاز الضغط الهيدروليكي قبل التجربة ويضاف إلى الحمل الذى يبينه الجهاز مقدار ووزن لوح التحميل ووزن الجهاز نفسه للحصول على حمل الإختبار .

(ب-٢) عند كل مرة تحميل يحسب الهبوط المناظر لحمل الإختبار وهو الهبوط الذى يكون عنده معدل الهبوط مساوياً ٠,٠٢ مم لكل دقيقة .

(ب-٣) ترسم العلاقة بين عدد مرات التحميل وقيمة الهبوط عند كل حمل. كما يمكن رسم منحنى متناظر لعدد مرات التحميل وقيمة الهبوط المتبقية .

(ب-٤) تحسب مما سبق قيمة الإجهاد عند أي قيمة للهبوط وتؤخذ فى العادة عند ١,٣ مم بعد عشرة مرات من تكرار التحميل ويحسب معامل رد فعل طبقة الأساس ويكون فى هذه الحالة مساوياً :

$$K_s = \frac{P}{S} \qquad (٢٠-١)$$

حيث:

K_s معامل رد فعل طبقة الأساس	(كيلونيوتن/ م^٣)
p الإجهاد	(كيلونيوتن/ م^٢)
s الهبوط	(م)

٥/٦/٨/١ ملاحظات

(أ) فى حالة التربة غير المتماسكة (الرملية) أو المتماسكة (الطينية) يجب إجراء التجربة مرتين على الأقل للتأكد من توافق النتائج ولكن فى حالة التربة الرملية يزداد عدد الإختبارات إلى ثلاثة مع إستخدام ألواح بأبعاد مختلفة وتكون الألواح بنفس الشكل (مستديرة أو مربعة) .

(ب) يلاحظ أن لمنسوب المياه الجوفية أثراً كبيراً فى تحديد قيم قوى تحمل التربة ولذلك يجب إجراء إختبار التحميل عند منسوب المياه الجوفية إذا كان هذا المنسوب فى حدود ١ متر أسفل منسوب التأسيس .

(ج) يجب عمل برنامج إختبارات فى الموقع للتأكد من المعلومات المستنتجة من تجارب التحميل وذلك بعمل جسات ومجسات حتى أعماق كافية ومتناسبة مع نوع الأساسات المستخدمة . وفى حالة طبقات التربة التى تتغير خواصها تغيراً سريعاً نسبياً فإن إستخدام إختبارات التحميل لتقدير

الهبوط يعتبر فى هذه الحالة غير مناسب ويجب حساب الهبوط بإستخدام نتائج الإختبار معملية (أو أى إختبارات حقلية مناسبة) علي عينات غير مقلقلة من طبقات التربة المختلفة .

(د) فى حالة وجود طبقة سطحية قوية نسبياً ولكنها تعلو طبقة ضعيفة فإن نتائج إختبار التحميل سوف تعطى قيماً أكبر من اللازم لقوى تحمل التربة فى الموقع وقيم هبوط أصغر من الواقع وذلك لعدم إدخال تأثير الطبقة الضعيفة فى الإعتبار .

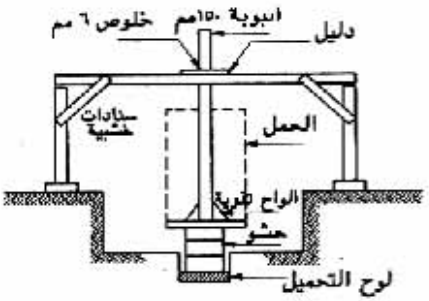
(هـ) لا تبين نتائج إختبار التحميل قيم الهبوط الناتج عن تدعيم التربة نظراً لقصر زمن إجراء التجربة . مع العلم أن هذا الشق من الهبوط هو الغالب فى حالة الطبقات المتماسكة .

(و) يجب ألا ينقضى زمن طويل بين الحفر وبين إجراء الإختبار ويجب حماية الحفرة من الأمطار ومن التغيرات فى المحتوى المائى للتربة water content .

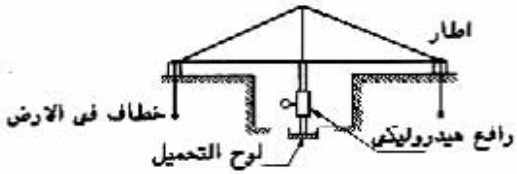
(ز) يمكن تعرض اللوح لضغط بسيط حوالى واحد كيلونيوتن/م^2 (٠,١ كجم/ سم^2) ثم إزالته قبل إجراء الإختبار الأساسى وذلك فى حالة عدم إستواء قاع الحفر .

(ح) يجب الإهتمام بألا يتعرض اللوح للإنحراف أو الإنحناء عند تحميله .

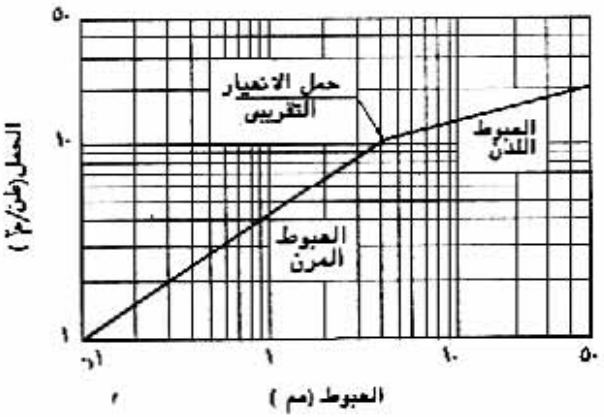
(ط) يجب حماية أجهزة قياس الهبوط من أشعة الشمس .



شكل (١-٢٣) جهاز التحميل المباشر



شكل (١-٢٤) جهاز التحميل بواسطة روافع هيدروليكية



شكل (١-٢٥) منحنى الحمل – الهبوط (لوغاريتمى)

٧/٨/١ إختبار نفاذية التربة فى الموقع

١/٧/٨/١ مقدمة

تعتبر تجربة نفاذية التربة permeability test فى الموقع أكثر واقعية من إختبار المعمل نظراً لكبر حجم التربة المشاركة فى الفحص وعدم قلقلتها أصلا وتجرى هذه التجارب عادة فى المشاريع التى يكون بها أعمال خاصة بنزح أو تصريف للمياه أو فى التربة التى يصعب إستخراج عينات سليمة منها لعمل إختبارات معملية .

ولإجراء الإختبار فى ثقب الجسات فإنه يلزم إحداث ضغط مياه داخلها يختلف عن ضغط المياه الهيدروستاتيكى فى التربة المحيطة وذلك بإدخال كمية إضافية من الماء داخل الجسة ويسمى الإختبار فى هذه الحالة إختبار التصرف الداخلى كما يسمى أيضاً إختبار عمود المياه المتناقص . كما يمكن أن يقلل من ضغط المياه داخل الجسات بضخ المياه لخارج الجسات فى إختبار التصرف الخارجى والمعروف أيضاً بإختبار عمود ضغط المياه المتزايد كما يمكن الإحتفاظ بالضغط ثابتاً أثناء الإختبار كما فى إختبار عمود ضغط المياه الثابت. أما فى بعض الدراسات الجيوتكنيكية فإنه يلزم قياس النفاذيه بإستخدام طلمبة سحب بمعدل ثابت لمدة كافيه من الزمن .

٢/٧/٨/١ الإعداد لإجراء الإختبار

(أ) يتم تنظيف قاع الجسة ويكون الإختبار بحساب معدل تصرف المياه من حفرة الجسة من خلال فتحة القاسون السفلية .

(ب) وعندما يكون القاسون أقل من طول الحفر نفسه تزداد المساحة السطحية لتصرف المياه وفى هذه الحالة يمكن سند الجزء السفلى من حفرة الجسة الخالى من القاسون بمرشح زلطى مناسب كما يجب تزويد وصلات مواسير الحفر بحلقات سداده مناسبة لمنع تسرب المياه من خلال هذه الوصلات .

(ج) ولإجراء الإختبار بدقة أكبر يمكن إستخدام ماسورة بها ثقوب (مخرمة) أو إستخدام ماسورة بيزومتر (مقياس حركة وإنضغاط السوائل) مناسبة فى نهاية حفرة الجسة من أسفل وفى حالة إستخدام بيزومتر يجب إحاطتها بمرشح رملى (أو رملى وزلطى) لمنع نحر التربة من حولها كما يجب ملاحظة أن نفاذية المرشح تكون أكبر من التربة التى يجرى عليها الإختبار، هذا ويستحسن إستخدام بيزومترات من السيراميك المنفذ لتفادى فقاعات الهواء كما يجب تشبيع رؤوس هذه البيزومترات بالمياه الخالية من الهواء قبل وضعها فى الحفرة .

(د) من المستحسن أن يكون عمق الحفر المستخدم للإختبار قصيراً على قدر الإمكان للإقلال من زمن الإختبار خاصة بالنسبة لإختبار عمود ضغط المياه الثابت كما يجب اتزان ضغوط المياه داخل فراغات التربة قبل رصد القراءات وقد تأخذ هذه العملية شهوراً فى حالة التربة الطينية قليلة النفاذية .

(هـ) يجب تعيين منسوب المياه الجوفية بدقة قبل إجراء التجربة .

٣/٧/٨/١ إختبار عمود ضغط المياه المتغير

٣/٧/٨/١ (أ) إجراء الاختبار

(أ-١) تملأ الماسورة بالمياه فى حالة إختبار عمود ضغط المياه المتغير المتناقص decreasing water head أو تضخ المياه للخارج فى حالة إختبار عمود ضغط المياه المتزايد increasing water head .

(أ-٢) يترك مستوى المياه فى داخل ثقب الجسة حتى يتعادل مع منسوب المياه الجوفية الطبيعي خارج حفرة الجسة ويقاس منسوب المياه داخل الثقب على فترات زمنية مناسبة منذ بدء الإختبار.

(أ-٣) يجب دوام إختبار ثبات قاع الجسة لملاحظة عدم تكون أية ترسيبات أو فوران فى قاع الحفر أثناء فترة الإختبار .

٣/٧/٨/١ (ب) طريقة حساب النتائج

تستخدم العلاقة الآتية :

$$\frac{Q}{A} = \frac{HK}{L} \qquad (٢١-١)$$

حيث:

K	معامل نفاذية التربة
A	مساحة مقطع ماسورة حفر الجسة أو ماسورة الصاعد
Q	معدل تصرف المياه
H/L	الميل الهيدروليكى

وتنسب مناسيب أعمدة ضغوط المياه لمنسوب المياه الجوفية قبل بدء الإختبار .

ملحوظة : يتم حساب معاملات المأخذ (F, S, Cs) من شـــكل (١-٢٦) ، شكل (١- ٢٧) ، (١- ٢٨) .

٤/٧/٨/١ إختبار عمود ضغط المياه الثابت

٤/٧/٨/١ (أ) إجراء الإختبار

(أ-١) تجرى عادة هذه التجربة كإختبار تصرف إلى الداخل حيث تتسرب المياه للتربة تحت ضغط ثابت ومناسب constant water - head test . ومن الضروري إستخدام مياه نظيفة تماماً في الإختبار .

(أ-٢) يجب إجراء هذا الإختبار في حالة ثبات منسوب المياه الجوفية الطبيعية ولا يصح إجراؤه في حالة زيادة الفاقد نتيجة الاحتكاك في المواسير نتيجة لطولها .

(أ-٣) في حالة التصرف الكبير أو عندما يقتضي الأمر وضع بيزومتر تحاط مقدمته بمرشحات فإنه يلزم في هذه الأحوال إستخدام أنبوبتين قياسيتين رأسيتين واحدة لتوصيل المياه والأخرى لقياس ضغط المياه في مواد المرشح المحيط بمقدمة البيزومتر .

(أ-٤) يضبط تصرف المياه حتى يصل عمود ضغط المياه لمنسوب ثابت ثم يسمح للمياه بالتصرف حتى الوصول لمعدل تصرف ثابت أيضاً. وفي حالة التربة التي تستغرق فيها هذه العملية وقتاً طويلا فإنه يلزم تسجيل معدل تصرف المياه على فترات منذ بدء الإختبار. وقد توجد صعوبة عند إستخدام هذه الطريقه في التربة ذات النفاذية العاليه جداً أو ذات النفاذية المنخفضة جداً .

٤/٧/٨/١ (ب) طريقة حساب النتائج

يتوقف معامل النفاذيه على تناسب معدل التصرف لوحده المساحات والميل الهيدروليكي للمياه والعلاقة بينهما والمذكورة بالبند (١/٨/٧/٣/(ب)).

٥/٧/٨/١ ملاحظات

(أ) العوامل التي تؤثر على قيمة النفاذية :

(أ-١) قلقلة التربة أثناء عملية الحفر .

(أ-٢) منسوب المياه الجوفية .

(أ-٣) التربة ذات الطبقات المتبادلة فإن الطبقة الأكثر نعومه قد تعمل على سد الفتحات عند الطبقة الأكثر خشونة مما يؤثر على النتائج .

(أ-٤) فى حاله التربة الصخرية فإنه يمكن لمخلفات الحفر أن تسد الشـــقوق و تغير من قيمه النتائج .

(أ-٥) عمق الطبقة المختبرة .

(ب) على الرغم من دقة طريقة عمود ضغط المياه الثابت فإن طريقة عمود ضغط المياه المتغير هى الأبسط والأكثر شيوعاً. وقد يسبب زيادة ضغط عمود المياه شروخاً هيدروليكية فى التربة. والمطلوب عدم زيادة ضغط المياه أكثر من نصف قيمة ضغط وزن التربة المؤثر عند منسوب الإختبار .

(ج) فى التربة ذات النفاذية العالية الأكبر من $١٠^{-٣}$ متر/ ثانية فإن معدل التصرف سيكون كبيراً وكذا فواقد الضغط عند مداخل ومخارج الجسة وفى هذه الحالة فإن إختبارات الضخ الحقلى والتى تقاس فيها الضغوط المائية على إمتداد خطوط قطرية بعيداً عن الجسة ستكون أكثر دقة فى حساب النفاذية .

(د) فى إختبارات الضخ الحقلى التى تجرى فى نطاق جسة تستعمل فيها مواسير حفر فإنه يجب ملاحظة أن الحد الأدنى للنفاذية المقاسة بدقة يتأثر بمدى إحكام الوصلات بين المواسير وبعضها ومنع التسرب من المواسير إلى الأرض. وفى حالة التربة الطينية يكون الحد الأدنى لمعامل النفاذية الذى يمكن حسابه هو $١٠^{-٨}$ متر/ ثانية .

(هـ) فى حالة التربة ذات النفاذية القليلة وفى حالة الصخور فإنه يجب إجراء الإختبار بإستخدام ماسورة صاعدة أو بيزومتر يمنع تسرب السوائل منه بالحقن على مدى الإختبار. وفى هذه الأحوال تتعرض القياسات لأخطاء نتيجة لتغير درجات الحرارة على أجهزة القياس وذلك لصغر معدل التصرف .

(و) فى حالة التربة القابلة للإنضغاط فإن النفاذية المقاسة تتأثر بما يلى :

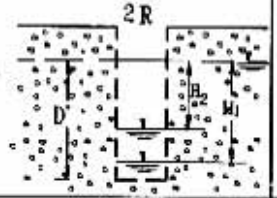
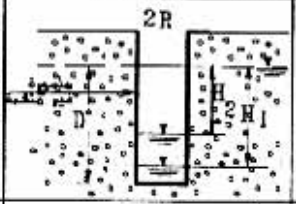
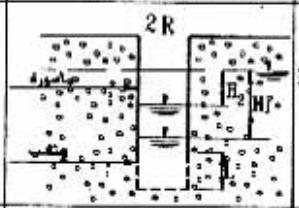
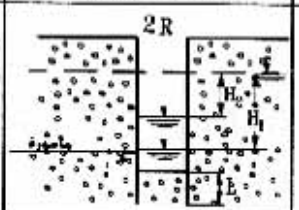
(و-١) الإجهاد الفعال الذى يتم القياس عنده. ويكون هناك تغيراً ملحوظاً فى قيمة هذا الإجهاد فى حالة إختبارات التصرف الداخل- الذى يقل فيه الإجهاد الفعال المؤثر- وإختبارات التصرف الخارج الذى يحدث العكس فيه بالنسبة للإجهاد الرأسى الفعال .

(و-٢) تأثير تاريخ الإجهادات نتيجة لعمل حفرة الجسة .

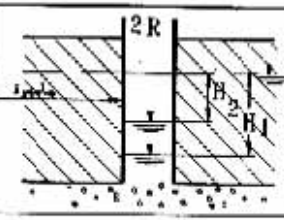
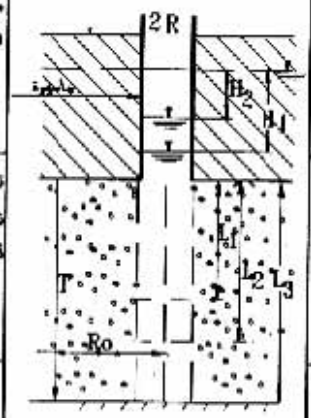
(و-٣) إختبارات النفاذية التى تمت من قبل على نفس التربة .

ويتأثر إنضغاط التربة كذلك بالعوامل المذكورة عاليه ويؤثر ذلك بالتالى فى نتائج الإختبار وعموماً فإن دقة قياس النفاذية من تجارب عمود ضغط المياه المتغير تتناسب مع معامل التضاغط للتربة المختبرة .

(ز) ويقاس هذا المعامل من تجارب عمود ضغط المياه المتغير والثابت وفى الواقع فإن دقة قياس المعامل تكون محدودة نسبياً وذلك لصعوبة الحكم على تاريخ إجهادات التربة وعموماً يجب الحرص التام أثناء إجراء إختبارات النفاذيه فى الموقع . وعموماً يلزم عمل أكثر من إختبار للتأكد من صحة القيم المقاسة أثناء التجربة حيث يلاحظ تفاوت كبير فى نفاذية التربة الطبقيه من مكان إلى آخر .

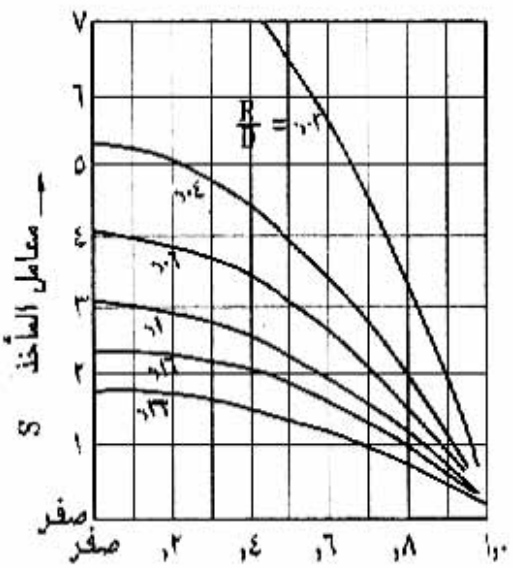
الحالة	معامل المأخذ F	النفاذية K	الشكل	ملاحظات
(A) تكب غير محاط	$F = 16\pi DSR$	$K = \frac{R}{16\,DS} \times \frac{(H_2 - H_1)}{(t_2 - t_1)}$ $50 > \frac{D}{R}$		ابسط طريقة لتعيين النفاذية لا تستخدم فى التربة الطبقية تعين قيمة (S) من الشكل (١ - ٢٧)
(B) ماسورة و التربة مع سطح أسفل الماسورة	$F = \frac{11\,R}{2}$	$K = \frac{2\pi R}{11(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$ $6" < D < 60"$		تستخدم لأعماق بسيطة تحت منسوب المياه . قدتعطى نتائج لايعتمد عليها نتيجة لترسب المواد الناعمة عند فتحة الماسورة
(C) ماسورة وجزء منها مخرم أو غير محاط	$F = \frac{2\pi\ L}{\ln\left(\frac{L}{R}\right)}$	$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{L}{R}\right) \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$ $8 < \frac{L}{R}$		تستخدم لأعماق كبيرة تحت منسوب المياه
(D) ماسورة بجزء من داخلها عمود من التربة	$F = \frac{11\pi R^2}{2\pi R + 11L}$	$K = \frac{2\pi R + 11L}{11(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$		تستخدم أساسا لقياس النفاذية الرأسية فى التربة غير المتجانسة

شكل (١-٢٦) قيم معامل المأخذ لحساب معامل النفاذية لعمود ضغط المياه المتغير

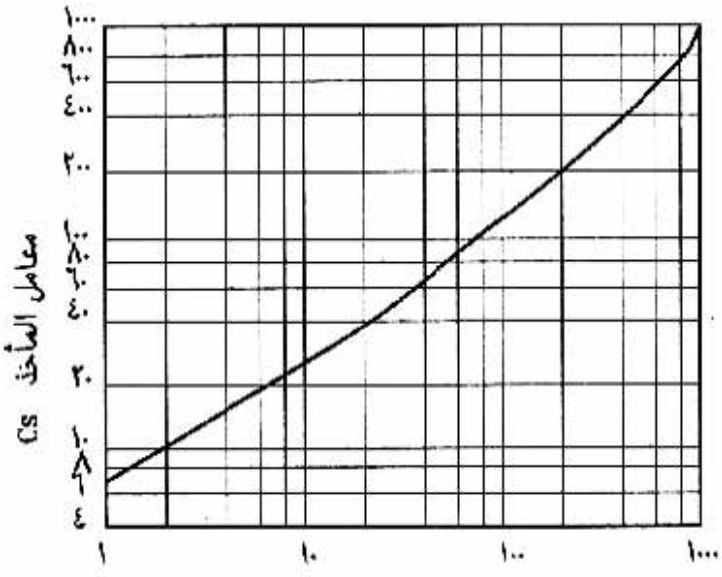
آبار ملاحظة أو بيزومتر في خزان مياه يملوء طبقة غير منفذة (صماء)	الحالة	معامل المأخذ F	النفاذية K	الشكل	ملاحظات
	(E) ماسورة و سطح أسفل الماسورة مع خزان مياه لا نهائي العمق	$F = 4R$	$K = \frac{\pi R}{4(L_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$		تستخدم عندما تكون التربة الغيرمنفذة رقيقة نسبيا قدتعطى نتائج لايعتمد عليها نتيجة لترسب المواد الناعمة عند مدخل الماسورة
	(F) ماسورة و امتداد بماسورة مثقبة أو بدون ماسورة و بدون غلاف داخل خزان مياه لا نهائي العمق (1) $\frac{L_1}{T} \leq 0.2$ (2) $0.2 < \frac{L_2}{T} < 0.85$ (3) $\frac{L_3}{T} = 1.0$ Ro= نصف القطر التأثيري عند ضغط ثابت	(1) $F = C_s \cdot R$	(1) $K = \frac{\pi R}{C_s(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$		تستخدم لأعماق تزيد عن٣ قدم منسوب المياه - و تعين من C_s شكل (١ - ١٣)
		(2) $F = \frac{2\pi L_2}{\ln\left(\frac{L_2}{R}\right)}$	(2) $K = \frac{R^2}{2L_2(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$ $\frac{L}{R} \geq 8$		تستخدم لأعماق أكبر لتربة رملية ناعمة مع استخدام بيزوميتر ذو مأخذ مسامي
		(3) $F = \frac{2\pi L3}{\ln\left(\frac{Ro}{R}\right)}$	(3) $K = \frac{R^2}{2L_3(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{R_o}{R}\right) \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$		تفرض $200 = \frac{Ro}{R}$ طالما لم تعمل آبار ملاحظة لتعيين Ro

تابع شكل (١-٢٦)

معامل المأخذ S للحالة A بالشكل (١-٣٦)

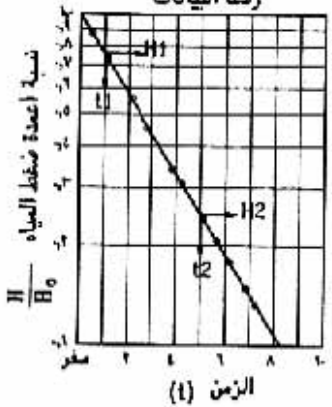


معامل المأخذ Cs للحالة (F-1) بالشكل (١-٣٦)



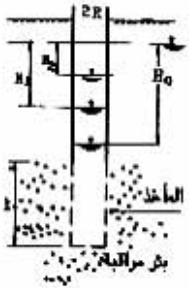
شكل (١-٣٧) العلاقة لمعامل المأخذ فى الحالة (A) (F-1) شكل (١-٣٦)

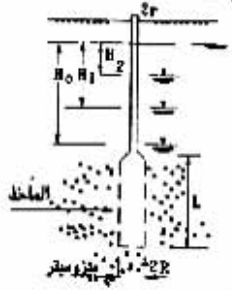
رصد البيانات



$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

F= معامل شكل المأخذ
A= مساحة الماسورة الرأسية
K= النفاذية
قياسات $(t_2 - t_1)$ و $\ln(H_2 - H_1)$
يتم رصدها أثناء التجربة





حساب النفاذية في تربة غير متجانسة

تحسب النسبة بين النفاذية في الاتجاه الأفقي و الاتجاه الرأسي في مجال طول المأخذ

$$m = \sqrt{\frac{K_H}{K_v}}$$

متوسط النفاذية $K = \sqrt{K_H \times K_v}$

للحالة(c) شكل (١-٣٦)

$$F = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{mL}{R}\right)}$$

$$K = \frac{r^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{mL}{R}\right) \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

بيزوميتر في تربة متجانسة

قطر المأخذ(R)يختلف عن قطر الماسورة (r)

$$F = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{L}{R}\right)}$$

$$A = \pi r^2$$

$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

$$K = \frac{r^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L}{R}\right) \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

بئر مراقبة في تربة متجانسة

تعين قيمة قطر المأخذ من الشكل (١-٣٦) للحالة (c)

$$F = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{L}{R}\right)}$$

$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln\left(\frac{L}{R}\right) \ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)$$

شكل (١-٣٨) طريقة حساب النفاذية لضغط المياه المتغير

٨/٨/١ إختبار المروحة بالموقع

١/٨/٨/١ مقدمة

يستعمل إختبار المروحة vane test فى التربة الطينية المتماسكة أو الضعيفة ولا يستخدم هذا الإختبار فى التربة الجامدة أو غير المتماسكة . وتفيد نتائج الإختبار فى تصميم الجسور الأساسات وفى حساب ثبات الميول فى التربة المتماسكة أو الضعيفة.

٢/٨/٨/١ الطريقة

(أ) يتلخص الإختبار فى وضع مروحة ذات أربعة شفرات فى التربة الغير مقلقلة ثم إدارة هذه المروحة من على سطح الأرض وذلك بغرض قص السطح الإسطوانى الذى يتكون من حركة الدوران ثم قياس عزم اللى وزاوية الدوران. ويقدر عزم اللى المقاس بالعزم الذى يتكون من مقاومة القص للتربة على كامل السطح الإسطوانى المتكون وذلك بقطر وإرتفاع يساويان أبعاد المروحة . وبذلك يمكن تقدير قوة قص التربة حسابياً .

(ب) ولابد من تقدير قيمة إحتكاك قضيب المروحة مع الجهاز ولذلك يجب قياس قيم الإحتكاك فى حالة عدم القص بالشفرات على أن يكون عزم اللى الذى يتعرض له القضيب ناشئاً من عزم ليس بسبب شفرات القص ويمكن قياس هذه القيمة بعدم وضع الشفرات أو بإستخدام مروحة تسمح بدوران حر للقضيب قبل التحميل . علماً بأن إهمال هذا الإحتكاك يزيد من قيمة القص الفعلية للتربة .

(ج) فى أثناء إجراء الإختبار تزداد قوى الإلتواء ووجود دفع جانبى بسبب زيادة فى الاحتكاك الذى يتم حسابه فى حالة عدم التحميل المذكور فى (ب) . ولا تستخدم أجهزة لقياس هذا الدفع الجانبى ولذلك يجب أن تكون قضبان المروحة ذات جساءة كاملة حتى لا تلتوى فى حالة التحميل الكامل وإلا فيجب عمل تصحيح عند توقيع العلاقة بين الإلتواء والدوران .

٣/٨/٨/١ المعدات

(أ) تتكون المروحة من أربعة شفرات متعامدة شكل (١-٢٩) ويكون إرتفاع المروحة ضعف قطرها . ويبين جدول (١-٢١) أبعاد المراوح المستخدمة وهذه الأبعاد تتناسب عكسياً مع قوام التربة المختبرة .

جدول (١-٢١) مقاسات المراوح فى الموقع

مقاس ماسورة الحفر (مم)	قطر المروحة (مم)	إرتفاع المروحة (مم)	سمك شفرة المروحة (مم)	قطر قضيب المروحة (مم)
١٠١,٦	٣٨,١	٦٧,٣	١,٦	١٢,٧
١٠١,٦	٥٠,٨	١٠١,٦	١,٦	١٢,٧
١٠١,٦	٦٣,٥	١٢٧,٠٠	٣,٢	١٢,٧
١٠١,٦	٩٢,١	١٨٤,١	٣,٢	١٢,٧

يمكن إستخدام مقاسات أخرى للمروحة بموافقة المهندس المختص بالعملية ويمكن للمروحة أن تكون نهايات شفراتها مائلة كالسهم لأسفل شكل (١-٢٩) وفى كل الأحوال تسن حروف الشفرات ليسهل القص .

(ب) تتصل المروحة بسطح الأرض بقضبان صلب مقاومة للالتواء ويجب أن تكون القضبان ذات أقطار مناسبة حتى تتحمل الإجهادات الناشئة عن دوران المروحة فى كل الظروف (تعاير هذه القضبان حتى آخر عمق متوقع للتجربة مع رسم منحنى المعايرة بين الالتواء والدوران) .

(ج) تربط وصلات قضبان الالتواء بإحكام لمنع حدوث ربط عند التعرض للالتواء أثناء التجربة.

(د) في حالة إستخدام ماسورة حول القضبان يجب أن تزود قضبان الالتواء بكراسي ويجب أن تشحم جيداً هذه الكراسي مع تزويدها بحلقات لمنع دخول التربة إليها.

(هـ) يجب ضبط القضبان لمنع تكوين احتكاك بينها وبين جوانب الحفرة أو مواسير الحفر .

(و) تتعرض القضبان لعزم التواء الذى ينتقل إلى المروحة لذلك يجب أن تكون دقة قراءات الالتواء بحيث تعطى اختلافا لا يزيد عن حوالى ٠,١٢ كيلونيوتن/ م^{٢}(٠,٠١٢ كجم/ سم ^{٢}) فى قوة القص .

(ز) من المستحسن أن تتعرض المروحة للدوران عن طريق محرك ذو تروس وفى حالة عدم وجود هذا المحرك فإنه يكون من المقبول أن تتم عملية الدوران باليد مباشرة بواسطة مفتاح دوران .

٤/٨/٨/١ طريقة اجراء الإختبار

(أ) فى حالة إستخدام مأوى للمروحة فإنه يجب دفع ماسورة لعمق يقل بمقـدار خمسة أقطار الماسورة عند منسوب الإختبار المطلوب . وفى حالة عدم إستخدام ماسورة فإن الإختبار يتم على عمق من الحفر يعادل خمسة أمثال قطره .

(ب) تدفع المروحة مباشرة (أو من داخل ماسورة) وفى مرة واحدة حتى منسوب الإختبار على ألا تتعرض قضبان اللى لأى إلتواء أو دوران خلال هذه الخطوة .

(ج) تدار المروحة بعد ذلك بمعدل لا يزيد عن ٠,١ درجة/ ثانية وهذا يؤدى إلى إنهيار التربة فى زمن يقدر من دقيقتين إلى خمسة دقائق وقد يصل هذا الزمن فى بعض الأحيان إلى ١٥ دقيقة وقد يقتضى الأمر فى حالة التربة الجامدة إلى الإقلال من معدل الدوران حتى يمكن رسم علاقة معقولة بين الإجهاد والإنفعال لهذه التربة .

(د) يحتفظ بالمروحة على منسوب ثابت أثناء الدوران ويسجل أقصى عزم لى. وفى حالة إستخدام محرك ذو تروس فإنه من المستحسن تسجيل قيم عزم اللى على فترات كل ١٥ ثانية أو أقل من ذلك حسب الأحوال .

(هـ) بعد الحصول على قيم عزوم اللى فإنه يمكن قلقلة التربة بدوران المروحة عشرة لفات على الأقل ثم قياس مقاومة القص للتربة فى هذه الحالة التى تناظر مقاومة التربة بعد تقلقلها وعلى ألا تمضى أكثر من دقيقة واحدة بين القلقلة بالدوران وبين قياس عزم اللى فى هذه الحالة .

(و) فى حالة تلامس قضبان الإلتواء مع التربة فإنه يتعين تحديد قيم الإحتكاك بينهما بواسطة عمل تجارب على نفس العمق بدون تثبيت المروحة فى نهاية القضبان .

ويجب عمل هذا الإختبار أى إختبار تحديد إحتكاك القضبان على الأقل مرة فى كل موقع وذلك بعمل عدة إختبارات لى على مناسيب مختلفة .

(ز) فى حالة عدم تلامس القضبان مع الماسورة فإنه يجب إجراء إختبار إحتكاك على الأقل مرة واحدة لتعيين إحتكاك الكراسى وقيمة هذا الإحتكاك تكون فى العادة قليلة جداً ويمكن إهمالها فى الأجهزة التى تستخدم بصورة دورية ويتم أيضاً هذا الإختبار بدون مروحة غير أنه فى حالة عدم تلامس المروحة مع التربة بسحبها داخل الماسورة فإنه يمكن إجراء الاختبار بدون خلع المروحة.

(ح) تجرى إختبارات المروحة على التربة غير المقلقلة على أعماق لا تزيد عن متر بطول الجسة ويجب مراعاة إجراء الإختبار فى أنواع التربة المناسبة فقط . فمثلا لا يجب إجراء

الإختبار فى التربة التى تسمح بصرف المياه أو التى يزيد حجمها عند القص مثل الرمل والطمى أو عند وجود صخور أو قواقع بالتربة بطريقة قد تؤثر على النتائج .

٥/٨/٨/١ تقدير بعض خواص التربة

(أ) تحسب مقاومة القص التربة المختبرة من عزم اللى اللازم لقص أو إنهيار هذه التربة كمايلى :

$$T = S_u \, x V \qquad (٢٢-١)$$

حيث :

T	عزم اللى	(نيوتن . متر)
S_u	مقاومة القص	(كيلو نيوتن/ متر٢)
V	معامل يعتمد على مقاسات وشكل المروحة وأبعادها	(متر٣)

(ب) بإفتراض توزيع منتظم لقوة القص على نهايات إسطوانه التربة المتكونة من دوران المروحة وحول محيطها فإن قيمة "الثابت"V يحسب كما يلى :

$$V = \left(\frac{\pi}{10^6}\right)\left(D^2 \cdot \frac{H}{2}\right)\left[1 + \left(\frac{D}{3H}\right)\right] \qquad (٢٣-١)$$

حيث :

D	قطر المروحة	(متر)
H	طول المروحة	(متر)

ويجب مراعاة قياس هذه القيم دورياً للتأكد من صلاحية المروحة وعدم تآكلها ونظراً لأن طول المروحة عادة يكون ضعف قطرها فإن قيمة V يمكن إختصارها للآتى:

$$V = 0.00000366 \; D^3 \qquad (٢٤-١)$$

(ج) فى حالة المروحة التى تكون شفراتها مدببة فإن قيمة V ستكون كالآتى :

$$V = \frac{1}{10^6}\left[\pi D^3 + 0.37(2D^3 - d^3)\right] \qquad (٢٥-١)$$

حيث :

d قطر القضيب (متر)

ويتم تصحيح قيم مقاومة القص S_u باستخدام المنحنى الموضح بالشكل رقم (١-٣٠).

وقد أظهرت الدراسة أن إجهاد القص عند إنهيار بعض المنشآت والجسور أقل بكثير من تلك المستنتجة من تجارب القص المعتادة لذلك يمكن تصحيح مقاومة القص باستخدام العلاقة الآتية :

$$S_{corrected} = \mu . S_{field} \qquad (١-٢٦)$$

حيث:

μ معامل التصحيح

٦/٨/٨/١ تسجيل النتائج

تسجل البيانات الآتية :

(أ) الموقع .

(ب) تاريخ الإختبار .

(ج) رقم الجسة .

(د) أبعاد و شكل المروحة .

(هـ) منسوب اسفل المروحة .

(و) وجود ماسورة أم لا .

(ز) منسوب المروحة تحت الماسورة أو تحت قاع الحفرة .

(ح) طريقة الدوران وطريقة قياس عزم الإلتواء .

(ط) أقصى قراءة لعزم الإلتواء والقراءات المتوسطة .

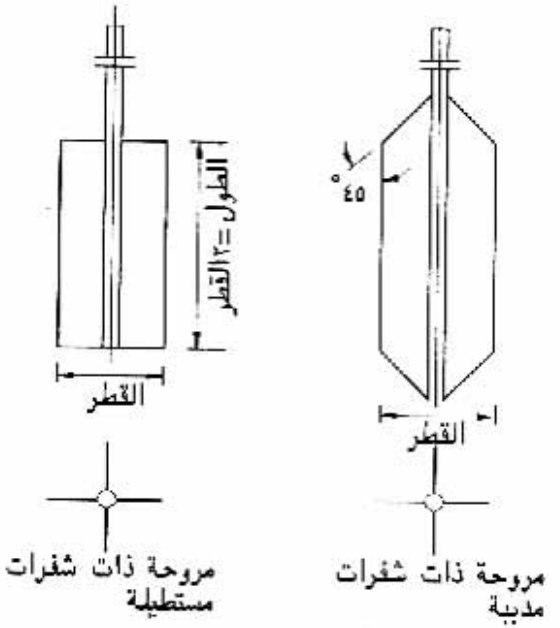
(ى) الزمن الذى إستغرقه الإختبار .

(ك) معدل القلقلة (عدد مرات الدوران بعد القص لقلقلة التربة) .

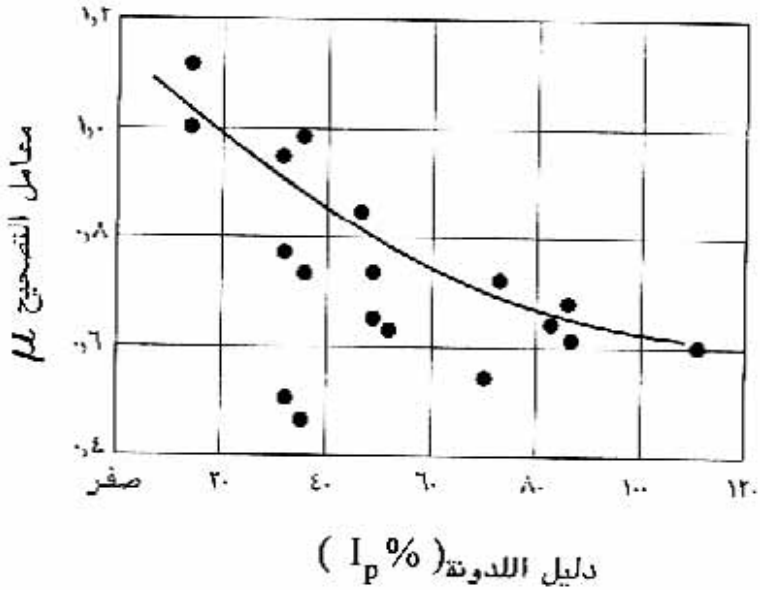
(ل) قراءة عزم الإلتواء بعد إحداث قلقلة التربة .

(م) أى ملاحظات عن أى تغيرات عن المألوف فى خطوات الإختبار .

(ن) أسماء فريق العمل .



شكل (١-٢٩) تفاصيل المروحة



شكل (١-٣٠) معامل التصحيح لقيم إختبار القص بالمروحة
[After, Bjerrum (1972) and Ladd et al. (1977)]

٧/٨/٨/١ ملاحظات

(أ) فى حالة عدم سند القضبان فإنه من الممكن أن تغطس هذه القضبان فى أسفل الحفرة ولذلك فإنه يجب سند هذه القضبان رأسياً بحيث لا تغطس المروحة أثناء الإختبار وبحيث يسمح بالدوران بحرية تامة .

(ب) يجب وضع ماسورة مناسبة فى الجزء العلوى للحفرة فى حالة عدم إستخدام مواسير حفر وذلك لسند جميع أجزاء الجهاز .

(ج) لا تتأثر نتيجة الإختبار بقدر ملحوظ بإستخدام طين الحفر لسند جوانب الجسة .

٩/٨/١ إختبار قياس الكثافة فى الموقع

١/٩/٨/١ مقدمة

الكثافة هى نسبة كتلة ما إلى حجمها وتقاس للتربة فى الموقع لمعرفة درجة دمك طبقات التربة الأصلية وطبقات الردم والإحلال وكذلك قياس الكثافة بالموقع ، وللتربة الواحدة عده قيم للكثافة حسب حالتها .

وتقاس الكثافة للتربة بالموقع بتقدير وزن حجم معين يستخرج من التربة اما مباشرة من عينة غير مقلقلة ذات شكل منتظم (مثل عينة القاطع) أو يقاس حجم الحفرة التى استخرجت منها عينة مقلقلة ووزن التربة المستخرجة من الحفرة كطريقة مخروط الرمل . وهناك بعض الطرق الاخرى المستخدمة فى تحديد كثافة التربة بالموقع ، كطريقة البالون المطاط وتستخدم فى التربة الجامدة . وكذلك طريقة تحديد كثافة التربة وبالطرق النووية وتستعمل غالبا فى الأعماق الضحلة.

٢/٩/٨/١ طريقة القاطع

(أ) تعتبر هذه الطريقة مناسبة للتربة المتماسكة .

(ب) يتكون الجهاز – انظر شكل (١-٣١) من قاطع من الصلب (قطرة الداخلى ١٠٠مم وإرتفاعه ١٣٠مم) ووسادة ٢٥ مم من الصلب ويد .

(ج) يدفع القاطع فى التربة (بدون دق) حتى يكون الجزء الظاهر من الوسادة فوق سطح التربة ١٠ مم ثم يتم استخراج القاطع بالحفر حوله والقطع من أسفل ثم ترفع الوسادة ويسوى سطح التربة من أسفل وأعلى .

(د) يوزن القاطع والتربة وتحدد الكثافة الطبيعية للتربة بمعرفة وزن وحجم العينة .

(هـ) لا تستخدم هذه الطريقة فى التربة غير المتماسكة أو التى تحتوى على صخور ويجب أخذ الاحتياط لعدم اهتزاز القاطع أثناء دفعة فى التربة للحصول على أفضل النتائج .

٣/٩/٨/١ طريقة مخروط الرمل

(أ) تستعمل طريقة مخروط الرمل sand cone فى التربة غير المتماسكة .

(ب) يتم عمل حفرة حجمها حوالى ٠,٠٠١ متر^{٣} تقريباً فى التربة وتعين بدقة وزن التربة المستخرجة منها .

(ج) يتم قياس حجم الحفرة بصب رمل جاف قياسى من إناء معروف الحجم (حجم حوالى ٤ لترات) يعلوه مخروط الصب وبينها فاصل أو صمام يستعمل عند اللزوم شكل (١-٣٢) ويجب أن يكون الرمل الجاف المستخدم منتظم التدرج ويستحسن أن يكون محجوزاً على منخل فتحته ٧٥ ميكرون وماراً من منخل فتحته ٢٠٠٠ميكرون (٠,٠٧٥مم : ٢ مم) .

(د) لتعيين حجم الحفرة وبالتالى كثافة التربة الطبيعية تتبع الخطوات الآتية :

(د-١) حساب حجم الإناء القياسى والمخروط :

يحسب حجم الإناء القياسى بملئه بالماء النقى ويحول وزن الماء إلى حجم ويجب أخذ متوسط نتائج ثلاث تجارب على الأقل على ألا يتعدى الفرق فى نتائج التجارب الثلاثة مقدار ٣ ملليمتر مكعب .

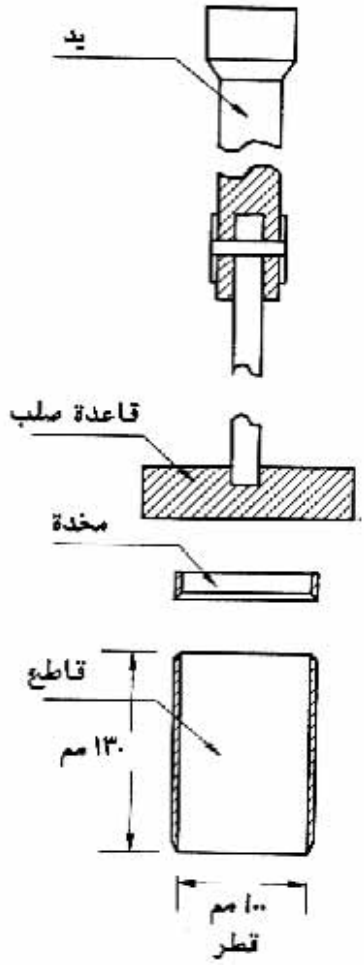
(د-٢) حساب كثافة الرمل الجاف المستخدم فى التجربة :

يوضع الجهاز فى وضع معكوس على مستوى أفقى ثابت مع ملاحظة أن يكون الصمام مقفولا ويملأ المخروط بالرمل ويفتح مفتاح الغلق لإنزال الرمل من الإناء مع مراعاة أن يكون حجم الرمل مساويا لنصف حجم المخروط وذلك طوال فترة إنزال الرمل. عند ملىء الإناء يقفل الصمام ويزال الرمل المتبقى فى المخروط. يوزن الجهاز بمابه من رمل ويحدد قيمة وزن الرمل الذى يشغل الإناء وبمعرفة حجم الإناء يمكن تحديد كثافة الرمل .

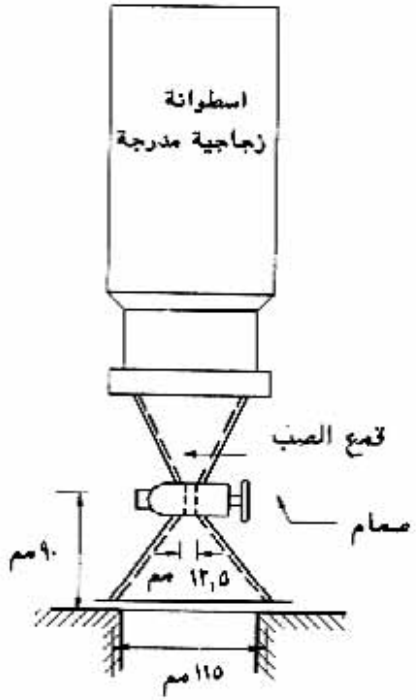
(د-٣) حساب وزن الرمل الجاف اللازم لملئ المخروط السفلي :

يعين وزن الإناء القياسي المملوء بالرمل ثم يوضع على سطح نظيف مستوى ويفتح صمام المخروط لينزل منه الرمل ثم يغلق الصمام بإحكام بعد ان يتوقف الرمل عن

النزول. يوزن بعد ذلك الجهاز وما تبقى به من الرمل وبذلك يمكن حساب وزن الرمل اللازم لملأ المخروط بوضع الرمل مرة أخرى بأكمله داخل الجهاز ويقفل الصمام .



شكل (١-٣١)
جهاز القاطع



شكل (١-٣٢)
جهاز مخروط الرمل

٤/٩/٨/١ حساب كثافة التربة الطبيعية فى مكانها

(أ) يسوى سطح مكان التجربة ويوضع الجهاز فوقه ويحدد على السطح علامة محيط المخروط ثم يبعد الجهاز .

(ب) تحفر حفرة الإختبار داخل علامة محيط المخروط بإحتراس للأقلال من قلقلة التربة ويزداد الحرص فى حالة التربة غير المتماسكة وتوضع تربة ناتج الحفر فى وعاء على ألا يفقد أى جزء من هذه التربة .

(ج) يعاد وضع الجهاز فى مكانه بالضبط ويفتح صمام المخروط حتى يتوقف نزول الرمل ثم يقفل الصمام عند ملىء الحفرة .

(د) يوزن الجهاز والرمل المتبقى وبذلك يحسب وزن الرمل الذى إستخدم فى التجربة .

(هـ) توزن تربة ناتج حفر حفرة الإختبار بحرص ثم تقلب جيداً ويعين المحتوى المائى لها بوزنها فى حالتها ثم بعد تجفيفها .

(و) يتم مما سبق حساب الكثافة الطبيعية لتربة حفرة الإختبار .

٥/٩/٨/١ ملاحظات

(أ) يمكن إستخدام أجهزة بمقاسات تختلف عن الأجهزة المذكورة فى هذا الكود طالما أن الفكرة الأساسية من التجربة تتبع بدقة .

(ب) فى أثناء إجراء التجربة يجب الإحتفاظ بالجهاز والرمل كما كان أثناء تعيين وزن وحدة الحجوم أثناء التجربة حيث أن أى تغيير فى وضع الجهاز أو تدرج ونوعيه الرمل قد يؤثر على القيم المحسوبة .

(ج) يجب الإهتمام بألا يتم هز الرمل أثناء تعيين كثافته حيث أن هزه قد يزيد من قيمة الكثافة ويقلل من دقة القياس كما يجب الإحتراس أيضاً على ألا يكون هناك فاصل زمنى كبير بين حساب كثافة الرمل فى المعمل وإستخدامه فى الموقع لأنه قد يحدث خلال هذه الفترة الزمنية تغيرات فى الكثافة الكلية نتيجة لتغيير المحتوى المائى .

(د) يمكن حساب كثافة الرمل الطبيعية بإستخدام أوانى أخرى معلومة الحجم على أن تتقارب أبعادها من أبعاد أكبر حفرة بنتظر عملها .

(هـ) فى حالة التربة التى يصعب تسوية سطح الحفرة بها فأنه يجب تحديد الحجم المحصور بين المخروط والسطح غير المستوى للتربة وذلك بملىء وتفريغ الإناء والمخروط كما سبق شرحه ثم

حساب الأوزان فى الموقع. وبعد حساب الحجم المحصور يجب تنظيف السطح المعد بدقة من الرمل .

(و) يمكن فى حالة عمل حفر ذات مقاسات كبيرة- أن يزاد وزن الرمل من نفس نوع الرمل القياسى فى الجهاز - و فى هذه الحالة يعاد حساب الوزن الكلى للرمل .

١/٩ أجهزة القياس الحقلية

١/٩/١ مقدمة

تستعمل أجهزة القياس الحقلية فى كثير من المشروعات وبصفة خاصة فى أعمال الأنفاق والمناجم والمحاجر والسدود والجسور وأعمال السيول و دراسة حركة الصخور أو التربة فى مناطق الانهيارات الأرضية حول جوانب وقاع الحفر (وتحرك التربة حولها) .

وتبين أجهزة قياس الميول التغير فى حركة التربة مع توضيح معدل الحركة وإعطاء تحذير مسبق لأى إنهيار محتمل .وذلك بالإضافة إلى حساب معاملات ثبات التربة وكذلك تصميم طرق العلاج .

أما أجهزة قياس ضغط المياه فهى تساعد فى الحصول على قيم الإجهادات الفعالة على منادات جوانب الحفر ، وبالتالى يمكن تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ أعمال الأساسات بدون حدوث أى إنهيارات وتأمين سلامة المنشآت المقامة. و تستخدم خلايا الأحمال لقياس الإجهادات وتوزيعها داخل السدود والجسور وكذلك تحديد قيمة ضغط التماس على الحوائط الساندة والأساسات وداخل الجدار المبطن للأنفاق وغيرها .

٢/٩/١ أنواع القياسات

تستخدم أجهزة القياس الحقلية لتحديد ما يلى :

١- تحديد قيمة الحركة (رأسية أو أفقية) مع تحديد معدلها وتوزيعها .

٢- قياس قيمة الضغط الخامل فى المياه .

٣- تحديد قيمة الإجهادات والإنفعالات فى التربة .

٤- تغير الإجهادات فى التربة او الصخور نتيجة لعمليات الإنشاء أو أثنائها .

٥- قياس التغير فى مناسيب المياه الأرضية وحركتها .

حساب الأوزان فى الموقع. وبعد حساب الحجم المحصور يجب تنظيف السطح المعد بدقة من الرمل .

(و) يمكن فى حالة عمل حفر ذات مقاسات كبيرة- أن يزاد وزن الرمل من نفس نوع الرمل القياسى فى الجهاز - و فى هذه الحالة يعاد حساب الوزن الكلى للرمل .

١/٩ أجهزة القياس الحقلية

١/٩/١ مقدمة

تستعمل أجهزة القياس الحقلية فى كثير من المشروعات وبصفة خاصة فى أعمال الأنفاق والمناجم والمحاجر والسدود والجسور وأعمال السيول و دراسة حركة الصخور أو التربة فى مناطق الانهيارات الأرضية حول جوانب وقاع الحفر (وتحرك التربة حولها) .

وتبين أجهزة قياس الميول التغير فى حركة التربة مع توضيح معدل الحركة وإعطاء تحذير مسبق لأى إنهيار محتمل .وذلك بالإضافة إلى حساب معاملات ثبات التربة وكذلك تصميم طرق العلاج .

أما أجهزة قياس ضغط المياه فهى تساعد فى الحصول على قيم الإجهادات الفعالة على منادات جوانب الحفر ، وبالتالى يمكن تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ أعمال الأساسات بدون حدوث أى إنهيارات وتأمين سلامة المنشآت المقامة. و تستخدم خلايا الأحمال لقياس الإجهادات وتوزيعها داخل السدود والجسور وكذلك تحديد قيمة ضغط التماس على الحوائط الساندة والأساسات وداخل الجدار المبطن للأنفاق وغيرها .

٢/٩/١ أنواع القياسات

تستخدم أجهزة القياس الحقلية لتحديد ما يلى :

١- تحديد قيمة الحركة (رأسية أو أفقية) مع تحديد معدلها وتوزيعها .

٢- قياس قيمة الضغط الخامل فى المياه .

٣- تحديد قيمة الإجهادات والإنفعالات فى التربة .

٤- تغير الإجهادات فى التربة او الصخور نتيجة لعمليات الإنشاء أو أثنائها .

٥- قياس التغير فى مناسيب المياه الأرضية وحركتها .

١/٩/٣ أنواع أجهزة القياس

١/٣/٩/١ أجهزة للقياسات السطحية

تقاس الحركة السطحية عن طريق المساحة وبإستخدام الموازين والتيودوليت بدقة± ٠,٢ مم لكل ١٠٠ مم طولي . كما يمكن قياس تلك الحركات عن طريق أجهزة كهروبصرية كما يمكن قياس الهبوط أو الإرتفاع فى التربة عن طريق عمل ميزانية (قياس مناسيب) وبدقة تبلغ ٠,٥ – ١ مم لكل ١٠٠٠ متر طولي .

٢/٣/٩/١ أجهزة للقياسات تحت السطحية

(أ) مقياس الميل

يعمل هذا الجهاز على قياس التغير فى ميل الإطار داخل الجسة وبذلك يمكن تحديد توزيع الحركات الأفقية مع الزمن والأعماق .

يتكون جهاز الميل من أربعة أجزاء رئيسية هى الإطار والمجس وسلك التحكم ولوحة التسجيل شكل (١-٣٣) . والفكرة الأساسية فى الجهاز هو تحديد التغير فى ميل الإطارعند عدة نقط على أعماق منتظمة (فى المسافة بين النهايتين العلوية والسفلية للمجس) .ويجب أن تكون نهاية الإطار فى التربة أو الصخر غير المعرض للحركة وذلك لمسافة حوالى ٦ متر حيث أنه فى هذه الحالة يعتبر هو المرجع فى القياسات .

ويدلى أو يرفع المجس داخل الإطار بواسطة كابل على عجل داخل شقوق بالإطار وهو مثبت بواسطة كابل . وقراءة المجس مع العمق تعطى فكرة عن ميل الإطار بين النقاط المختلفة والتي يمكن فيها حساب الحركة الأفقية بين تلك النقاط شكل (١-٣٣) . كما أن قراءة المجس مع الزمن تعطى فكرة عن مكان وقيمه وإتجاه ومعدل أى حركة . ويبدأ الحساب من أسفل الإطار إلى أعلى.

تتوقف دقة القراءات على حساسية المجس وعلى وضع المجس داخل الإطار لذلك يجب العناية بالمجس وصيانته دورياً مع تزييت عجل المجس بعد كل قراءة.

كما يجب الحفاظ على أجهزة القراءة الموجودة على سطح الأرض بعيدة عن تأثير مياه الأمطار . تملأ المسافة بين الأنبوبة وجوانب الحفر بواسطة الرمل والزلط أو بالحقن وذلك حسب نوع التربة وحالة المياه الأرضية . يجب أن تكون نهاية الإطار وكذلك الوصلات (١,٥- ٣ م) ويجب أن تكون غير منفذة للمياه أو سائل الحفر. فى حالة إنزال الأنبوبة فى حفرة بها سائل حفر

يجب أن تملأ بالماء حتى تقاوم الدفع . هذا الجهاز يستخدم فى حالات دراسة الميول والانهيارات الأرضية والسدود والأنفاق وكل المنشآت السائدة حيث أنه يعطى معلومات عن موقع وقيمة وإتجاه و معدل الحركة وحتى عمق يصل إلى ٣٠ متراً.

ويستخدم جهاز الميل لقياس الهبوط الحادث فى الاساسات (البشة) وذلك عن طريق تثبيت الإطار أفقياً أثناء صبها .

(ب) مقياس الهبوط أحادى النقطة

يستخدم هذا الجهاز لقياس الحركة الرأسية للتربة قرب سطح الأرض. وقياس الهبوط يتم عن طريق تحديد التغير فى منسوب قمة قضيب من الحديد مخترق قاع الحفر شكل (١-٣٤) .

ويتكون الجهاز من قضيب من الصلب يوجد قرب نهايته السفلية قرص من الصلب (قطر ١٥ سم) ويغلف القضيب إطار (أنبوبة من البلاستيك) وبقطر أكبر من قطر القضيب لحماية القضيب من الإحتكاك بالتربة. يوضع رمل مدموك حول الإطار من الخارج لتثبيته داخل الحفرة.

فى حالة قياس الحركة الرأسية للتربة عند أعماق كبيرة فإن الجهاز المستخدم يماثل نظيره فى الحالة السطحية غير أن الأبعاد تزداد نظراً لزيادة العمق. ويتم وضع الجهاز عن طريق تجهيز حفرة للعمق المطلوب ثم تدق ماسورة لها كعب مخروطي داخل قاع الحفرة مزود بقرص من الحديد ليحمل الإطار عليه شكل (١-٣٤) ، وتملئ المسافة بين الإطار وجدار الحفرة بالرمل المدموك.

(ج) مقياس الهبوط المتعدد النقط

يستخدم هذا الجهاز لتحديد الحركة الرأسية للتربة عند أعماق مختلفة داخل حفرة واحدة. وتعتمد فكرة الجهاز على وضع خطافات عند مناسيب مختلفة داخل حفرة سابقة التجهيز والتغيرالرأسى فى وضع الخطافات يعكس حركة التربة.

توجد أنواع مختلفة من مقاييس الهبوط منها ذات السلك متعدد النقط والذى يمكن من قياس الحركة الرأسية الحادثة فى التربة وذلك عن طريق قياس الزيادة أو النقص فى طول سلك معلوم مثبت بالخطاف.

كما يوجد نوع آخر به مغناطيس والذى يمكن عن طريقة تحديد الحركة الرأسية بإستخدام مغناطيس يتحرك رأسياً مع التربة وهو بداخل الأنبوبة. ويتحدد موقع المغناطيس مع الزمن بالنسبة لنقطة ثابتة خارج الجسم وذلك أن طريق مجس مغناطيسي يتحرك داخل الأنبوبة شكل

(١-٣٥) . وهذه الأجهزة تثبت داخل الجسة ودقة القراءة بها تتوقف على التغير فى درجات الحرارة وعلى طريقة تثبيت الجهاز فى الحفرة. لذلك يفضل أن تبعد أول نقطة عن سطح الأرض بمسافة لا تقل عن ١,٣٠ متراً وشكل رقم (١-٣٥) يوضح طريقة وضع الجهاز داخل الجسم.

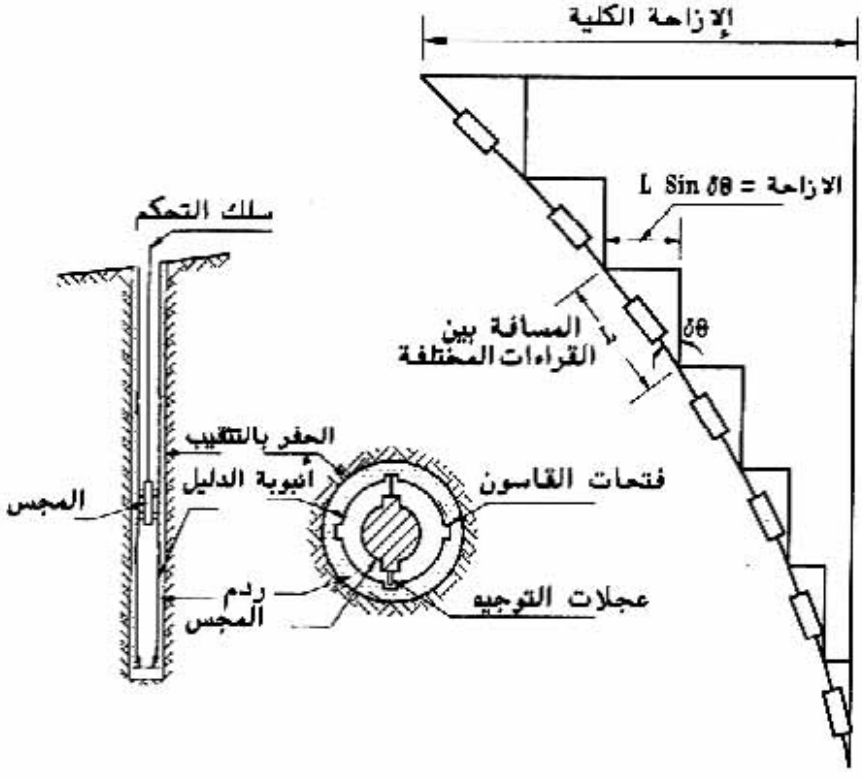
(د) مقياس ضغط المياه

يمكن قياس ضغط المياه البينية عن طريق عدة أنواع مختلفة من البيزومترات وإختيار النوع المناسب لكل حالة يتوقف على عدة عوامل منها معامل نفاذية التربة والتأخرالزمني للقراءات وطريقة وضع الجهاز فى التربة.

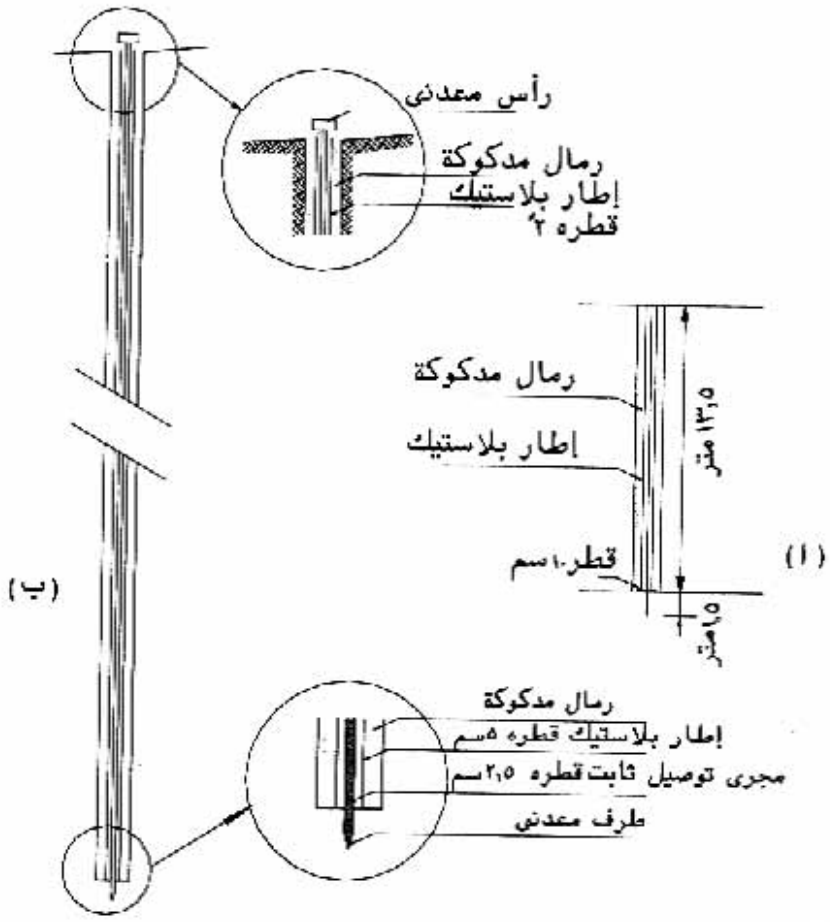
(د- ١) فى حالة التربة الرملية أو الزلطية تستخدم أنابيب رأسية مفتوحة شكل (١-٣٦أ) وهى عبارة عن بئر ملاحظة يحدد إرتفاع المياه به ، ويكون قيمة الضغط هو إرتفاع المياه ويعتبر أنه القيمة المتوسطة لضغط المياه فى التربة حول البئر. أما فى حالة التربة المتوسطة إلى القليلة النفاذية فلا يمكن إستخدام الطريقة السابقة نظراً لكبر التخلف الزمنى . لذلك يفضل إستخدام إما البيزومترات الهيدروليكية أو الكهربائية أو تلك التى تعمل بالهواء المضغوط .

(د- ٢) البيزومترات الكهربائية لا تستعمل لمدة طويلة لذلك تستعمل فى قياس التغيرات السريعة الناتجة فى الضغط الخامل مثل ما يحدث فى حالة الهزات الأرضية أو دق الخوازيق ويقاس الضغط الخامل عن طريق تحديد قيمة الانحناء الحادث لغشاء رقيق والتى تتوقف على قيمة الضغط المسبب له ويقاس هذا الإنحناء بطرق كهربائية مختلفة (شكل ١-٣٦ب) .

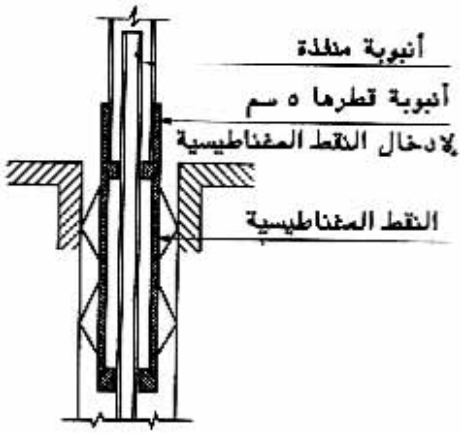
(د- ٣) بيزومترات تعمل بضغط الهواء وتمتاز هذه الأجهزة بصغر قيمة التخلف الزمنى بها وسهولة استعمالها ولمدة طويلة ، وتتكون من مقدمة مسامية معزولة تحتوى على مجس يفتح أويغلق الإتصال بين خطين من الأنابيب التى تمر داخل الجسة لتتصل بمصدر الضغط عندما يتساوى الضغط فى الأنبوبة الهابطة مع الموجود فى المياه والمؤثر على الغشاء ويفتح المحبس ويحدث تيار من الهواء فى الخط الصاعد ويكون قيمة الضغط فيه مساوياً للضغط الخامل فى التربة أو فى الصخور (شكل ١-٣٦ج) .

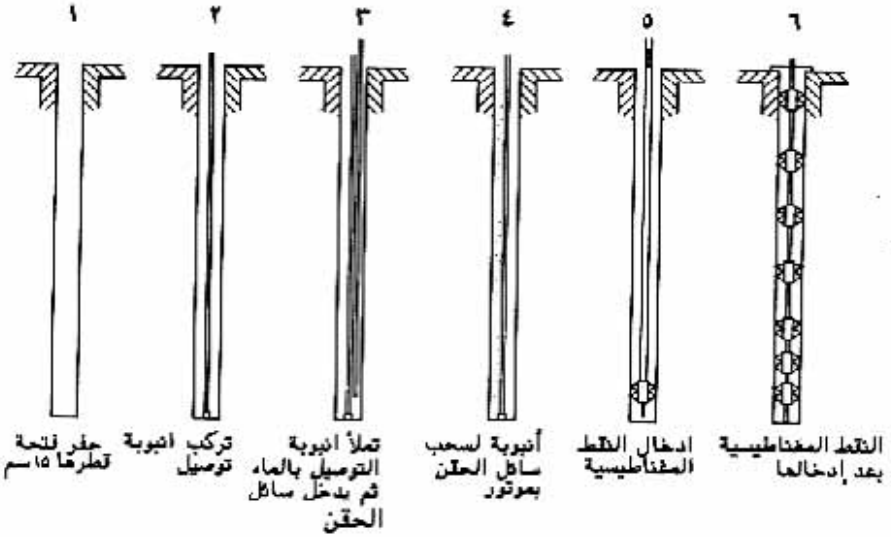


شكل (١-٣٣) جهاز الميل وطريقة تشغيله

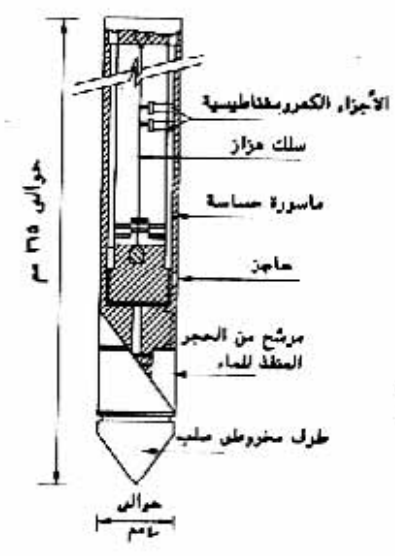


شكل (١-٣٤) مقياس الهبوط أحادى النقطة

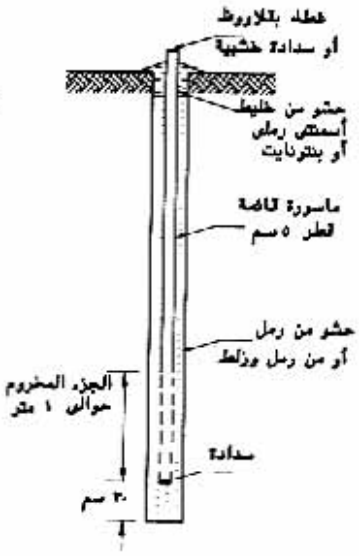




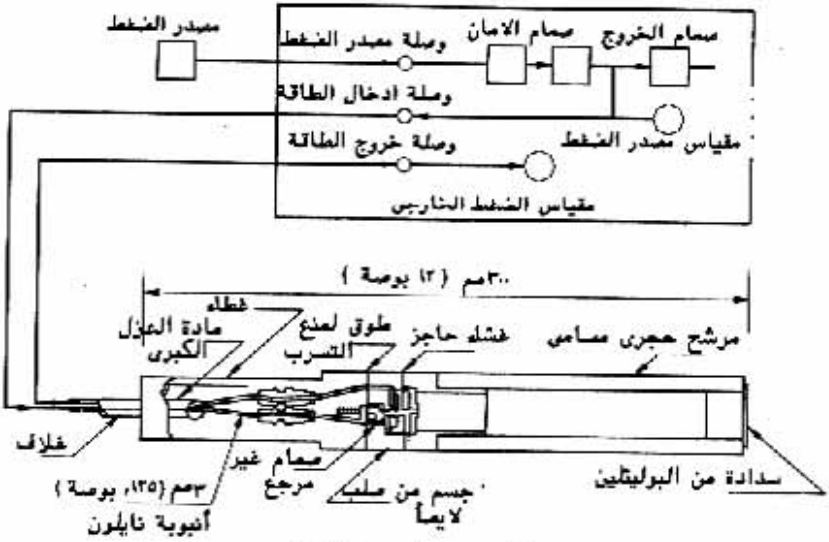
شكل (١-٣٥) مقياس الهبوط مغناطيسياً وطريقة وضعه فى الحفرة



(ب) البيزومترات الكهربائية



(أ) الابار المفتوحة



(ج) البيزومترات العواثية

شكل (١-٣٦) الأنواع المختلفة للبيزومترات

(د- ٤) البيزومـــترات الهيدروليكيـــة تعمل بنفس فكرة بيزومترات ضغط الهواء ولكن تستخدم السوائل بدلاً من الهواء فى خطوط الأنابيب .

وفى جميـــع أنـــواع البيزومـــترات يسـجل الإرتفاع البيزومترى مع الزمن ويوضح مدى سقوط الأمطار أو أى معلومات قد تؤثر على قيمة الضغط الخامل فى المياه .

(هـ) خلية التحميل :

تســتخدم فى القيـــاس والـــتحكم فى الأحمـــال ومثال ذلك تحميل الخوازيق أو تحديد الأحمال فى القطاعات الإنشائية المبطنة للأنفاق أو تحديد قيمة الشد فى الشدادات .

١٠/١ الطرق الجيوفيزيقية لإختبار الموقع

وتشمل:

(أ) المساحة الكهربية

(ب) المساحة السيزمية

١/١٠/١ المساحة الكهربية

تختلف الخواص الكهربية للمواد المكونة للقشرة الأرضية، سواء كانت مفككة أو متماسكة اختلافا كبيرا وبصفة عامة فإن الصخور فيما عدا الخامات المعدنية الفلزية يتوقف توصيلها الكهربى على عدة عوامل مثل حجم الفرغات ونوع الموائع التى توجد بها.

وتؤثر هذه الاختلافات تأثير كبيراً على درجة التوصيل الكهربى لهذه الصخور وبالتالى على مقاومتها للتيار الكهربى. وعندما تحتوى الصخور على مركبات تتأين بفعل المياه – منتجه محاليل الكتروليتية – مثل المركبات الكبريتيدية – ينشأ عنها تيارات كهربية ذاتية، وفى هذه الحالة يسهل الكشف الجيوفيزيقى بالطرق الكهربية للأغراض الهندسية بإستخدام أقطاب صناعية لقياس النشاط الكهربى للأرض، واهم طرق المساحة الكهربية هى:

(أ) طريقة الجهد المتساوى

(ب) طرق المقاومة

(د- ٤) البيزومـــترات الهيدروليكيـــة تعمل بنفس فكرة بيزومترات ضغط الهواء ولكن تستخدم السوائل بدلاً من الهواء فى خطوط الأنابيب .

وفى جميـــع أنـــواع البيزومـــترات يسـجل الإرتفاع البيزومترى مع الزمن ويوضح مدى سقوط الأمطار أو أى معلومات قد تؤثر على قيمة الضغط الخامل فى المياه .

(هـ) خلية التحميل :

تســتخدم فى القيـــاس والـــتحكم فى الأحمـــال ومثال ذلك تحميل الخوازيق أو تحديد الأحمال فى القطاعات الإنشائية المبطنة للأنفاق أو تحديد قيمة الشد فى الشدادات .

١٠/١ الطرق الجيوفيزيقية لإختبار الموقع

وتشمل:

(أ) المساحة الكهربية

(ب) المساحة السيزمية

١/١٠/١ المساحة الكهربية

تختلف الخواص الكهربية للمواد المكونة للقشرة الأرضية، سواء كانت مفككة أو متماسكة اختلافا كبيرا وبصفة عامة فإن الصخور فيما عدا الخامات المعدنية الفلزية يتوقف توصيلها الكهربى على عدة عوامل مثل حجم الفرغات ونوع الموائع التى توجد بها.

وتؤثر هذه الاختلافات تأثير كبيراً على درجة التوصيل الكهربى لهذه الصخور وبالتالى على مقاومتها للتيار الكهربى. وعندما تحتوى الصخور على مركبات تتأين بفعل المياه – منتجه محاليل الكتروليتية – مثل المركبات الكبريتيدية – ينشأ عنها تيارات كهربية ذاتية، وفى هذه الحالة يسهل الكشف الجيوفيزيقى بالطرق الكهربية للأغراض الهندسية بإستخدام أقطاب صناعية لقياس النشاط الكهربى للأرض، واهم طرق المساحة الكهربية هى:

(أ) طريقة الجهد المتساوى

(ب) طرق المقاومة

١/١/١٠/١ طريقة الجهد المتساوى

ويتم ذلك عن طريق تمرير تيار كهربي فى الأرض من خلال قطبين متصلين بمصدر لجهد كهربي – شكل (١-٣٧) فيمر التيار بينهما نتيجة لاختلاف الجهد. ويتم رسم خطوط الجهد المتساوى بواسطة قطبين غير مستقطبين متصلين بمكبر يصل إلى سماعات خاصة. ويبقى احد القطبين مثبتاً فى نقطة معينة فى الأرض بينما يحرك القطب الاخر على نقط اخرى حتى تستقبل فى السماعات أدنى درجة من الصوت، وفى هذه النقط يكون القطبان على نفس خط الجهد المتساوى. فإن كانت الأرض متجانسة فإن خطوط الجهد المتساوى تكون متماثلة فى توزيعها حول القطبين شكل (١-٣٨)، اما فى حالة وجود صخور فى طبقات مختلفة فى مقاومتها للتيار الكهربى فى الأرض فإنه ينشـــأ إنحراف فى خطوط الجهد المتساوى شكل (١-٣٩) .وعند وجود طبقة من الصخور جيدة التوصيل الكهربى أسفل طبقة من الصخور أقل جهد فى التوصيل فإن خطوط التيار تنجذب إليها بينما تتنافر منحنيات الجهد المتساوى.

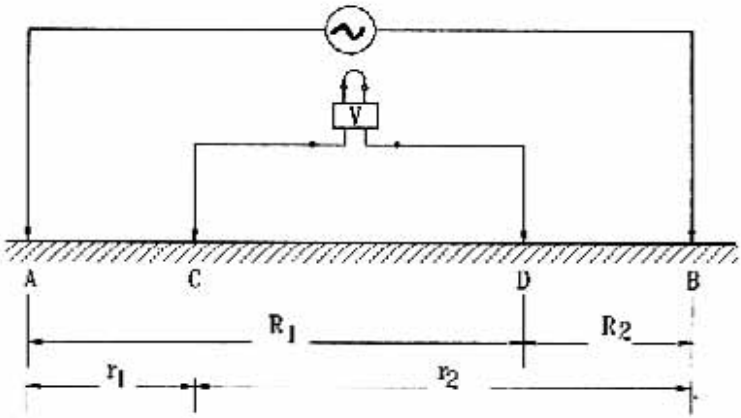
ويحدث عكس ذلك فى حالة الصخور رديئة التوصيل الكهربى التى تقع أسفل طبقة من الصخور الأجود فى التوصيل والإستكشاف الجيوفيزيقى بطريقة الجهد المتساوى مناسب لدراسة التكوينات الجيولوجية التى تفصلها حدود رأسية أو حدود شديدة الإنحدار.

٢/١/١٠/١ طرق المقاومة الكهربية

إستخدمت هذه الطريقة على نطاق كبير لأنه ثبت عملياً أنها أفضل طرق الإستكشاف الجيوفيزيقى للأغراض الهندسية. وعندما تجرى الدراسات الجيوفيزيقية فى مناطق حيث تكون طبقات الصخور أفقية أو ذات ميل صغير، فإن قياسات المقاومة تصبح أكثر الطرق الكهربية كفاءة وفائدة. وتتراوح قيمة المقاومة النوعية للصخور بين $١٠^{-٦}$ إلى اكثر من $١٠^{١٢}$ اوم. متر.

وتسلك غالبية الصخور سلوكا كهزبيا متميزا إلا إن العامل الذى يتحكم فى قيم المقاومة النوعية لها هو محتوى المياه الأرضية بها ودرجة تركيز الأملاح الذائبة فى هذه المياه.

وتعتمد طريقة المقاومة الكهربية للكشف عن المواد الصخرية تحت السطحية على إعداد دائرة كهربية بأحد التشكيلات كما فى شكل (١-٤٠). وعند اكتمال الدائرة بالسماح للتيار الكهربى بالإنسياب خلال المادة الصخرية تحت السطحية يلاحظ إنخفاض قيمة الجهد على السطح والذى يتم قياسه بإستخدام قطبين معدنين P_1, P_2 يتم وضعهما بالأرض على مسافة قدرها (a) متر لقراءة فرق الجهد. ويتم وضع القطبين على خط واحد مع قطبى التيار طبقاً لأحد الأنظمة المبينة



شكل (١-٣٧) الدائرة الكهربية فى طريقة الجهد المتساوى

فى شكل (١-٤٠). ويعتبر ترتيب فينر Wener من أكثر ترتيبات القطب شيوعاً فى قياس المقاومة النوعية وفى هذا الترتيب يبعد كل قطب جهد عن قطب تيار مجاور بمسافة ثابتة قدرها (a) وهى ثلث المسافة بين قطبى التيار. وتعتمد هذه الطريقة أساساً على قياس الاختلافات فى الجهد حول الأقطاب أو بين قطبين. ويتعيين شدة التيار المار فإنه يمكن حساب المقاومة النوعية (الظاهرية) (ρ) من المعادلة التالية :

$$\rho = 2\pi a\left(\frac{V}{I}\right) \qquad (١-٣٧)$$

حيث :

ρ المقاومة النوعية (أوم . متر)

a المسافة بالمتر بين الأقطاب

V الفرق بين الجهد بالفولت بين الأقطاب المتوسطة

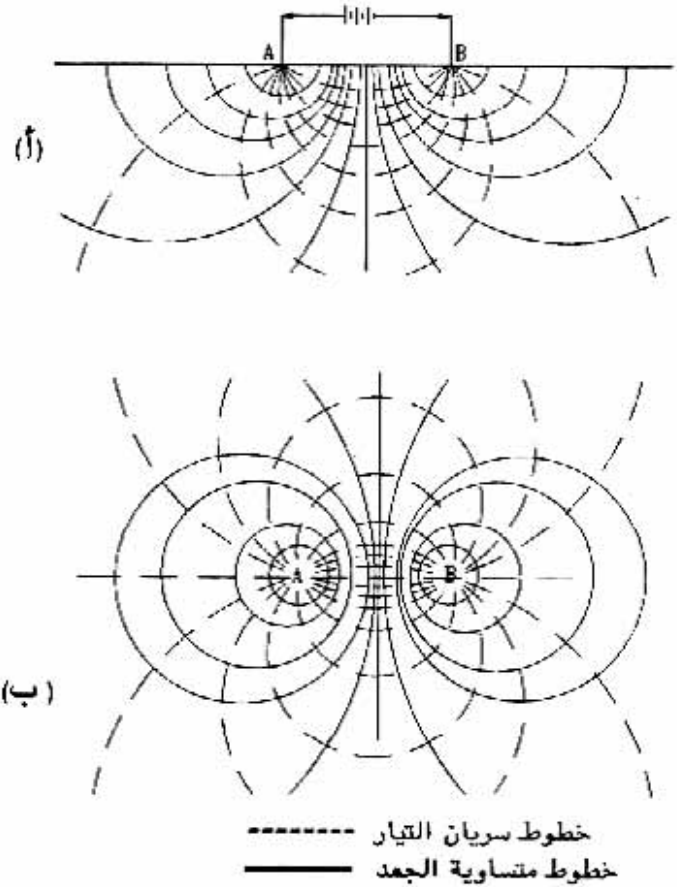
I شدة التيار بالأمبير المار بين الأقطاب البعيدة

وتكون خطوط انسياب التيار خلال المادة الصخرية فى حالة تجانسها دائرية وتمر من خلال B,A . وعندما تكون المادة الصخرية المار بها التيار غير متجانسة ومكونة من طبقتين لكل منهما مقاومة نوعية ظاهرية ρ_1 للطبقة العليا، ρ_2 للطبقة التى تليها فى اتجاه العمق فيلاحظ :

(أ) عندما تكون $\rho_2 > \rho_1$ تنحرف خطوط الانسياب عن المسار الدائرى إلى مسار مغاير.

(ب) يتوقف مقدار التيار الذى يمر خلال الطبقة السفلى على مقدار عمقها (h) بالنسبة للمسافة a وكذلك على مقدار الفرق بين ρ_2 و ρ_1.

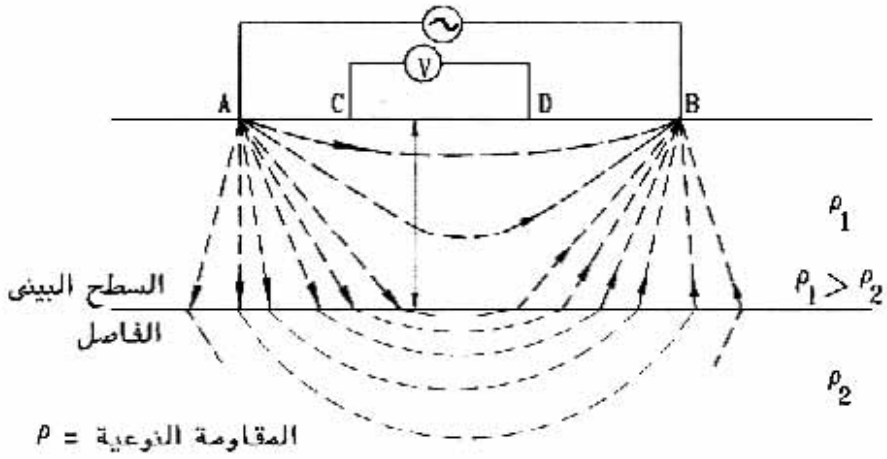
(ج) عند زيادة المسافة a يزداد التيار الذى يمر فى الطبقة السفلى وتقترب عندئذ قيمة المقاومة النوعية لهذه الطبقة ρ_2 من المقاومة النوعية الظاهرة ρ وعند نقصان المسافة a يقل التيار وتقترب قيمة المقاومة النوعية الظاهرية من قيمة مقاومة الطبقة العليا ρ_1.



شكل (١-٣٨) خطوط الجهد المتساوى فى حالة الأرض المتجانسة

أ - أسفل سطح الأرض فى المستوى الرأسى للأقطاب

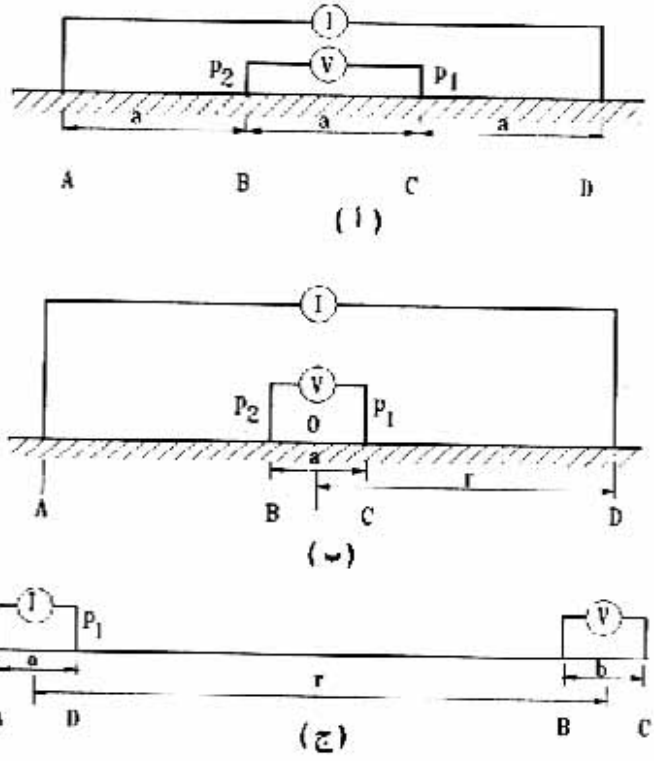
ب- على مستوى سطح الأرض - الأقطاب عند A , B



شكل (١-٣٩) خطوط سريان التيار بين القطبين B , A
فى أرضى ذات طبقتين برصلية نوعية أعلى فى الطبقة الأعمق

ولقد أثبتت التجارب العملية على أن الصخور التى توجد على أعماق أكبر من المسافة بين الأقطاب لها تأثير ضئيل على قيمة المقاومة النوعية الظاهرية للمادة . وفى حالة قياس مقاومة قطاع من الصخور غير المتجانسة فإن القيم التى نحصل عليها تمثل المقاومة النسبية لصخور القطاع. ويوضح شكل (١-٤١) منحنى تخطيطى للمقاومة النوعية الظاهرية مقابل نسبة المسافة بين الأقطاب الى العمق فى حالة طبقتين وترتبط نقطة الانقلاب على هذا المنحنى بعمق السطح الفاصل بين الطبقتين (h) ويمكن تعينه بمقاومة هذا المنحنى بمجموعة منحنيات نمطية.

ويمكن إستخدام الكشف الجيوفيزيقى بطرق المقاومة لإستكشاف التغيرات الأفقية والرأسية فى تكوين التربة. ففى حالة وجود تغيرات افقية للتربة يمكن إكتشافها بقياس المقاومة عند نقط على مسافات ثابتة للأقطاب على طول خط الإستكشاف فمثلا إذا كانت المسافات بين الأقطاب ٦ متر على طول خط الإستكشاف فحينئذ يكون عمق الإستكشاف ٦ متر تقريباً. ومن البيانات التى نحصل عليها يمكننا رسم منحنيات تمثل فيها قيم المقاومة على المحور الرأسى ، بينما تمثل المسافات بين محطات الرصد على المحور الأفقى. ويعتبر شكل المنحنى عن مدى التغير فى التكوين فى الإتجاه الأفقى.



شكل (١-٤٠) تشكيلات القطب الشائعة الإستعمال فى طريقة المقاومة الكهربائية

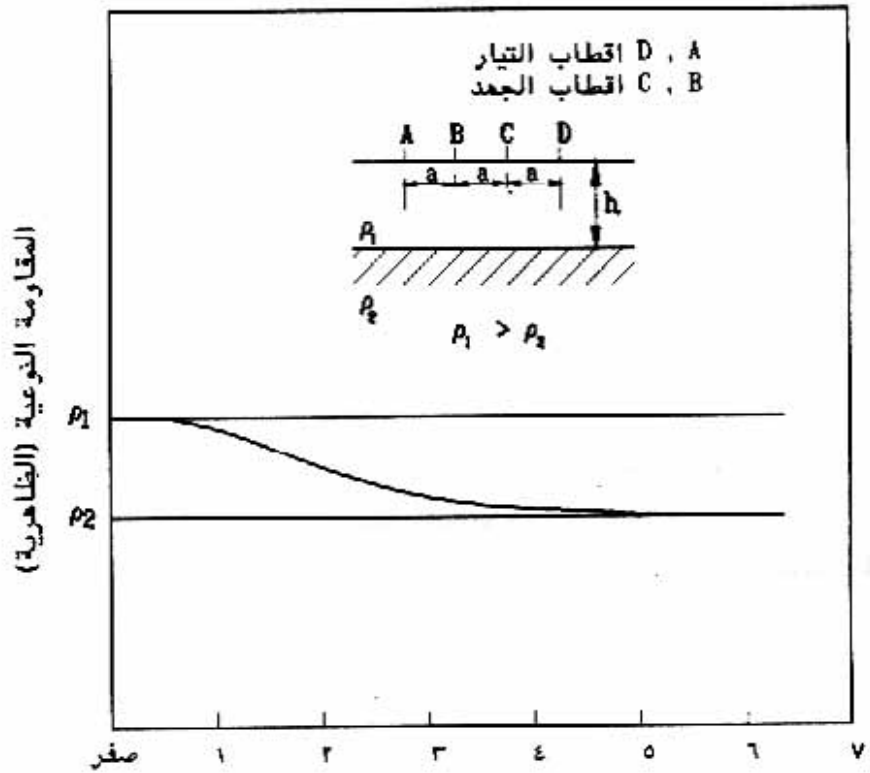
أ- ترتيب فينر : a هى المسافة كما تستخدم فى معادلة المقاومة النوعية

ب- ترتيب شلمبرجر : a مقدار ثابت ، r يزداد خلال القياس

ج- ترتيب ثنائى القطب والمسافة r بين مراكز إزدواج الأقطاب المناظرة تتغير خلال القياس

وللكشف عن تغير تكوين الصخور فى الإتجاه الرأسى عند محطة رصد معينة يتم تغيير المسافات بين الأقطاب حتى تتأثر قيمة المقاومة النوعية الظاهرية بزيادة العمق.

فمثلا فى حالة استكشاف الصخور تحت السطحية لأعماق قليلة فإن المسافة بين الأقطاب تتكون عادة ٢متر، ثم تزداد بانتظام إلى ٣ متر ٤ ،٥ ،٦ متراً أو أكثر. وتمثل المعلومات التى نحصل عليها على شكل منحنيات تبين قيم المقاومة على الصخور الرأسى ، بينما تمثل المسافات بين الأقطاب على الصخور الأفقى شكل (١-٤١). واذا كانت تراكيب الصخور بسيطة فإن التغير



شكل (١-٤١) العلاقة بين المقاومة الظاهرية والنسبة $\frac{a}{h}$

المفاجئ فى شكل منحنى المقاومة يدل على تغير فى طبيعة الصخور تحت السطحية على عمق يعادل تقريباً المسافات بين الأقطاب ، والتى عندها ظهر هذا التغير المفاجئ . ويدل صعود المنحنى إلى أعلى على ازدياد المقاومة بزيادة العمق – كما يحدث أحيانا فى حالة الزلط والصخور الصلدة – بينما يدل المنحنى المستوى (الأفقى) أو المنخفض قليلاً إلى أسفل على نفس المقاومة بزيادة العمق كما فى حالة الطين والأنواع الأخرى للتربة وبإستخدام طرق حسابية وبيانية دقيقة يمكننا الحصول على تفسيرات لها مفهوم من الناحية العملية، وبالتحليل الكمى

للمقاومات الظاهرية فإن المقاومة الحقيقية لطبقتين أو ثلاث طبقات من الوحدات الصخرية يمكن تحديدها مع احتمالات كبيرة لاستنتاج نوع الصخور تحت السطحية وتراكيبها الجيولوجية.
وتستخدم هذه الطريقة فى مجال الهندسة المدنية على نطاق شاسع وبنجاح كبير فى المساعدة على حل كثير من المشكلات الهندسية مثل تعيين عمق الصخور الصلبة، ومعرفة نوع التراكيب الجيولوجية تحت السطحية والتى قد تؤثر لدرجة كبيرة على تصميم وتنفيذ المنشآت الهندسية الكبيرة كالسدود والخزانات وتقسيم الطبقات تحت السطحية من الناحية الهندسية الى تربة وصخور مفككة أو مهشمة وصخور صلبة.

٣/١/١٠/١ المنحنيات القياسية وإستخدامها

لتوضيح إستخدام منحنيات الطبقتين بمثال أن المقاومة النوعية الظاهرية التى تم الحصول عليها من تشكيل فينر تتغير مع مباعدة القطب كما هو مبين فى جدول (١-٢٢) حيث تكون قيمة المقاومة النوعية عند a=o هى ρ_o وحددت قيمتها بامتداد المنحنى لتكون ٦٧,٢ (أوم.متر) .
عند توقيع هذه المعطيات على مجموعة من المنحنيات لطبقتين مثل تلك التى فى الشكل (١-٤٢) والمصممة لترتيب فينر ، حيث تكون المقاومة النوعية للطبقة العليا أقل من المقاومة النوعية الظاهرية . وللسهولة ، نفرض أولا h لتكون ٣٠٠ قدم ونوقع a/h مقابل ρ_a/ρ_o على إحداثى مقياس المنحنى القياسى . نجد أننا نستطيع الحصول على أفضل مطابقة بإزاحة للمنحنى الذى تم الحصول عليه مسافة أفقية لليمين تمثل معامل ١,٠٧٥ على المقياس اللوغاريتمى للقيمة a/h . لذلك فإن القيمة المفروضة h يجب أن تقسم على هذا المعامل للحصول على السمك الصحيح الذى يتحول ليكون ٢٨٠ قدم ρ_1 المناظرة لقيمة k المساوية ٠,٧ هى ٣٨١ (أوم متر) وهكذا تكون قد حددنا سمك الطبقة السطحية والمقاومة النوعية تحت السطحية بملاءمة المعطيات مع المنحنيات القياسية .
ويمثل شكل (١-٤٣) مجموعة المنحنيات النمطية لترتيب قطب شلمبرجير ويمكن استخدامها بنفس الاسلوب السابق .

٤/١/١٠/١ حدود الصلاحية

تستخدم هذه الطريقة لتحديد الامتداد الافقى للمواد الصخرية المختلفة وكذلك أعماقها حتى ١٠٠ متر . ويتم استخدامها اساسا فى إختيار مواقع المدن الجديدة والطرق والمطارات والسدود ودراسة الخزانات الجوفية للمياه .

جدول (١-٢٢)

ρ_o / ρ_a	ρa (أوم .متر)	a (متر)
٠,٧٥	٨٩,٦	٩١,٥٠
٠,٦٢٣	١٠٧,٤	١٢٢
٠,٥٤٥	١٢٣,٢	١٥٢,٥٠
٠,٤٨٣	١٣٨,٦	١٨٣
٠,٤٤٠	١٥٢,٢	٢١٣,٥٠
٠,٤٠٧	١٦٤,٨	٢٤٤

٢/١٠/١ المساحة السيزمية

تختلف خواص المرونة للصخور المكونة للقشرة الأرضية اختلافاً كبيراً، ويعتمد الكشف الجيوفيزيقى بالطرق السيزمية على التباين فى هذه الخواص . ينشأ عن الاختلافات فى معاملات المرونة للطبقات الصخرية انعكاسات وانكسارات للموجات السيزمية تشبة لدرجة كبيرة انعكاس وانكسار الأشعة الضوئية عند مرورها خلال مواد مختلفة التركيب. تستخدم أجهزة خاصة لقياس وتسجيل سرعة انتقال الموجات السيزمية فى المواد الأرضية سواء كانت تربة مفككة أو صخور صلبة. ويمكن من قياس سرعة هذه الموجات استنتاج عمق ونوع وتوزيع وتراكيب الصخور تحت السطحية.

وتعتمد سرعة الموجات السيزمية فى الصخور لدرجة كبيرة على درجة تماسكها، ويبين جدول (١-٢٣) التابين الكبير فى مرونة الصخور المتبلورة والمتماسكة من ناحية والمواد المفككة من ناحية أخرى. وبصفة عامة فإن سرعة الموجات السيزمية تتفاوت من ٣٠٠٠ متر /ثانية إلى ٢٠٠٠٠ متر /ثانية فى حالة المواد المفككة وضعيفة التماسك . وهذه الاختلافات فى سرعة الموجات ليست كافية للتمييز بوضوح بين الرمال والطين والانواع الاخرى من الصخور المفككة.

ويستخدم فى الكشف السيزمى طريقتان هما:

(أ) طريقة الانعكاس

(ب) طريقة الانكسار

جدول (١-٢٢)

ρ_o / ρ_a	ρa (أوم .متر)	a (متر)
٠,٧٥	٨٩,٦	٩١,٥٠
٠,٦٢٣	١٠٧,٤	١٢٢
٠,٥٤٥	١٢٣,٢	١٥٢,٥٠
٠,٤٨٣	١٣٨,٦	١٨٣
٠,٤٤٠	١٥٢,٢	٢١٣,٥٠
٠,٤٠٧	١٦٤,٨	٢٤٤

٢/١٠/١ المساحة السيزمية

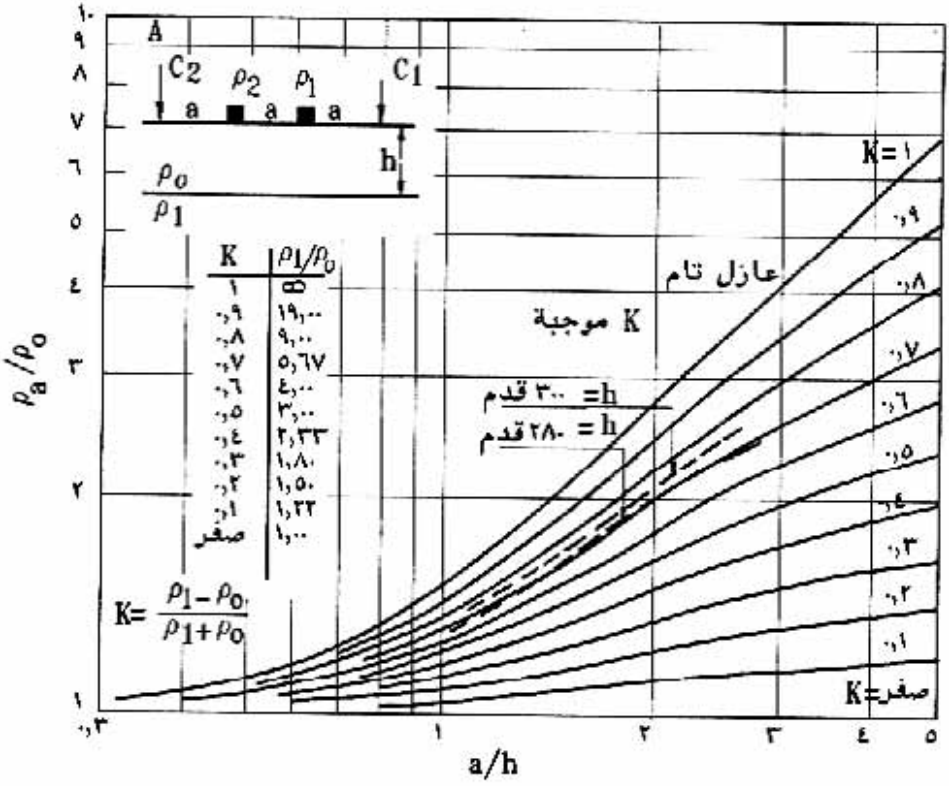
تختلف خواص المرونة للصخور المكونة للقشرة الأرضية اختلافاً كبيراً، ويعتمد الكشف الجيوفيزيقى بالطرق السيزمية على التباين فى هذه الخواص . ينشأ عن الاختلافات فى معاملات المرونة للطبقات الصخرية انعكاسات وانكسارات للموجات السيزمية تشبة لدرجة كبيرة انعكاس وانكسار الأشعة الضوئية عند مرورها خلال مواد مختلفة التركيب. تستخدم أجهزة خاصة لقياس وتسجيل سرعة انتقال الموجات السيزمية فى المواد الأرضية سواء كانت تربة مفككة أو صخور صلبة. ويمكن من قياس سرعة هذه الموجات استنتاج عمق ونوع وتوزيع وتراكيب الصخور تحت السطحية.

وتعتمد سرعة الموجات السيزمية فى الصخور لدرجة كبيرة على درجة تماسكها، ويبين جدول (١-٢٣) التابين الكبير فى مرونة الصخور المتبلورة والمتماسكة من ناحية والمواد المفككة من ناحية أخرى. وبصفة عامة فإن سرعة الموجات السيزمية تتفاوت من ٣٠٠٠ متر /ثانية إلى ٢٠٠٠٠ متر /ثانية فى حالة المواد المفككة وضعيفة التماسك . وهذه الاختلافات فى سرعة الموجات ليست كافية للتمييز بوضوح بين الرمال والطين والانواع الاخرى من الصخور المفككة.

ويستخدم فى الكشف السيزمى طريقتان هما:

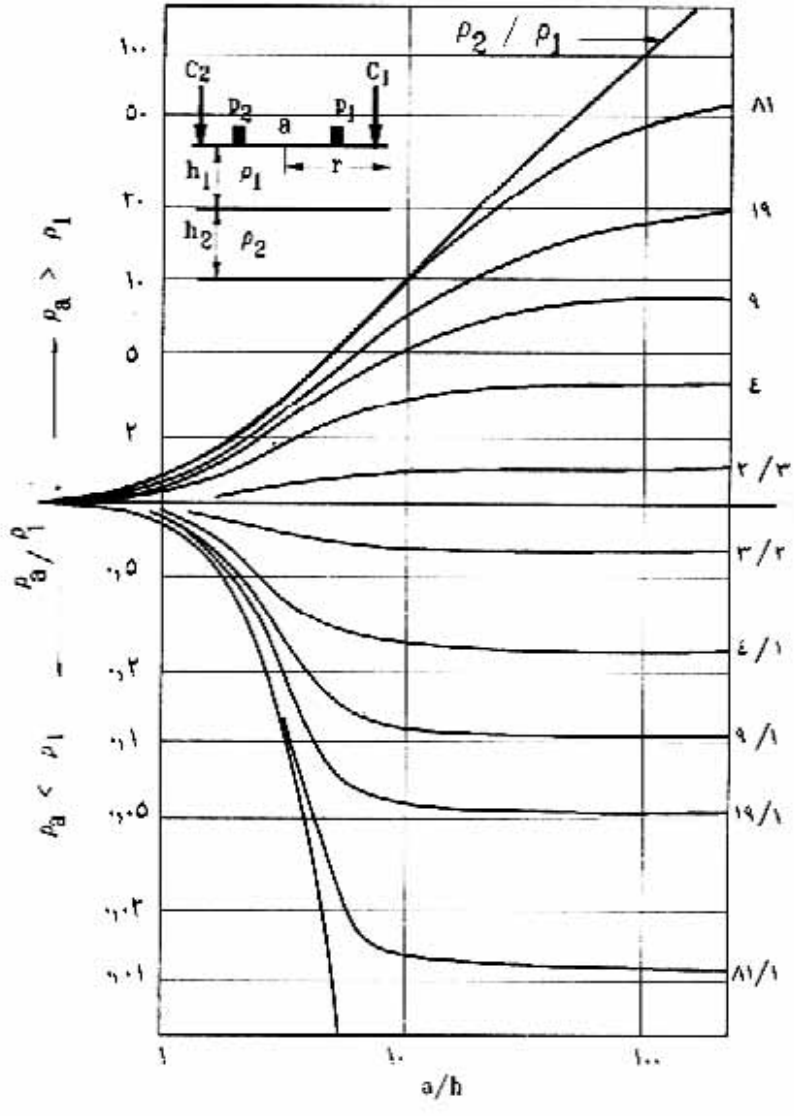
(أ) طريقة الانعكاس

(ب) طريقة الانكسار



شكل (١- ٤٢) منحنيات قياس نموذجية لترتيب الأقطاب فينر

لحالة مقاومة نوعية ظاهرية ρ_a أكبر من المقاومة النوعية ρ_o للطبقة السطحية



شكل (١-٤٣) منحنيات قياس نموذجية لترتيب قطب شلمبرجير
حيث تعلو طبقة بمقاومة نوعية ρ_1 وسمك h_1 طبقة تحت سطحية
بمقاومة نوعية ρ_2 وسمك h_2

جدول (١-٢٣) سرعة انتقال الموجات الطولية فى بعض الصخور

نوع الصخور	السرعة متر /ثانية
١- رواسب الوديان (رواسب سطحية)	٤٦٠ - ١٦١٠
٢- رواسب ثلجية	٥٢٠ - ١٨٣٠
٣- رمال، طين رملى، طين	٥٠٠ - ٢٠٤٠
٤- حجر رملى - طين صفحى	١٠٠٠ - ٤٥٧٠
٥- حجر جيرى	١٠٥٠ - ٦٨٨٠
٦- جرانيت (صخر نارى جوفى)	٤٣٠٠ - ٦٤٠٠
٧- شيست ونيس (صخور متحولة)	٣٣٣٠ - ٨٠٠٠
٨- اردواز (صخر متحول)	٣٤٤٠ - ٥٣٨٠

١/٢/١٠/١ طريقة الانعكاس

تستخدم طريقة الانعكاس فى حالة استكشاف الطبقات التى يزيد عمقها عن ٣٠٠م من سطح الأرض وهى أكثر أستخداماً فى عمليات البحث عن البترول . أما طريقة الانكسار فتستخدم لاستكشاف الصخور التى توجد فى اعماق قليلة ولهذا فإنها تعتبر من الناحية الهندسية وسيلة هامة لاستكشاف مواقع المشروعات الهندسية وفيما يلى وصف موجز لطريقة الانكسار .

٢/٢/١٠/١ طريقة الانكسار

فى هذه الطريقة تنفجر كبسولة أو شحنة صغيرة من الديناميت على سطح أو بالقرب منه عند نقطة " تسمى التفجير " وتنطلق من نقطة التفجير موجات سيزمية مرنة الى الخارج فى جميع الاتجاهات كما هو موضح بشكل (١-٤٤) ثم تسجل موجات المرتدة بواسطة اجهزة خاصة تسمى سيزمومترات (كاشفات) موضوعة على مسافات متساوية على نفس الخط التفجير وتكبر الموجات ثم تسجل فوتوغرافيا على قيام متحرك ، وتسجل أيضاً الفترات الزمنية على شريط بخطوط تبين الزمن بواسطة جهاز كهربى يحتوى على شوكة رنانة .

١/١٠/٢/٢(أ) أنواع الموجات السيزمية

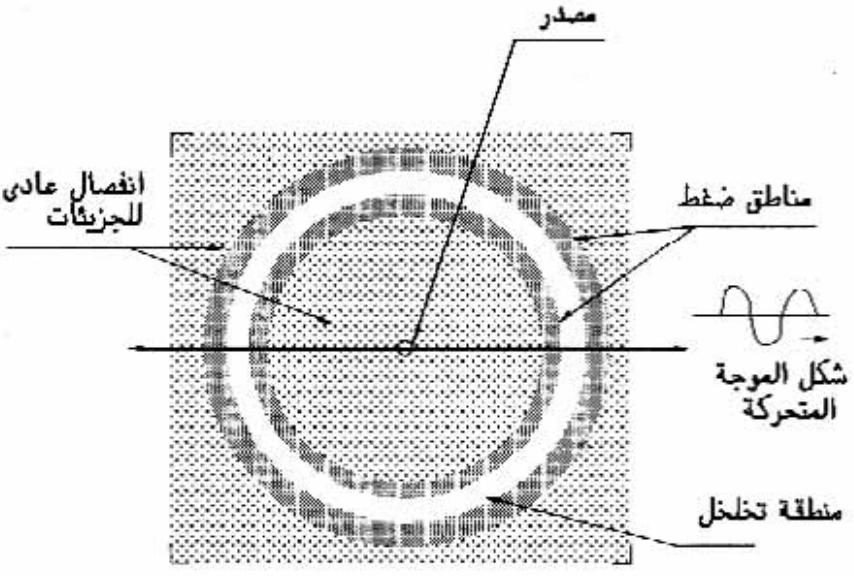
يبين شكل (١-٤٥) سقوط موجة الضغط الناشئة من مصدر التفجير على الحد الفاصل بين المواد ذات الخواص الطبيعية المتباينة وبالتالى ذات السرعات والكثافات المختلفة وتولد منها أربع أنواع من الموجات عندما يكون سقوط موجات الضغط على السطح الفاصل بين المواد الصخرية فى اتجاه غير عمودى على السطح . وتوضح الأشكال (١-٤٦) ، (١-٤٧) ، (١-٤٨) علاقة زاوية سقوط موجة الضغط وعمق السطح الفاصل والموجات المتولدة وأهمها .

١- **موجات الضغط** : تتكون حركة الجسم المصاحبة لموجات الضغط من تبادل التضاغط والتخلخل والذى خلالها تقترب جزئيات الجسم الصلب وتبتعد من بعضها البعض خلال نصف دورات متتابعة وتكون حركة الجزئيات دائماً فى إتجاه انتشار الموجة .

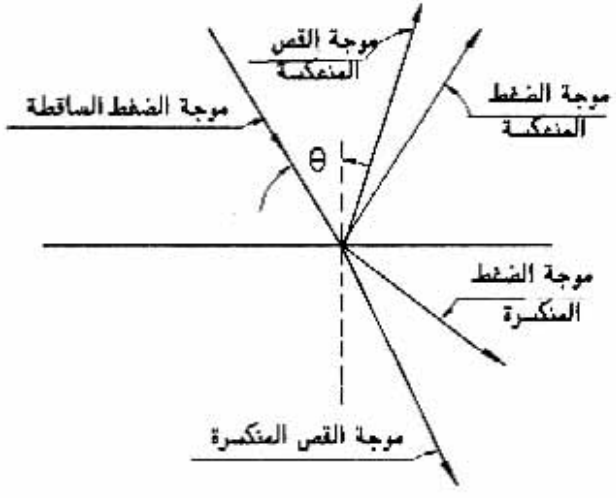
٢- **موجات القص** : عندما ينتشر القص فى جسم صلب مرن فإن حركة الجزئيات المستقبلة تكون عادة عمودية على اتجاه انتشار الموجة . ويلاحظ أن سرعة موجة الضغط سوف تكون دائماً أكبر من سرعة موجة القص فى وسط ما . وإذا حدث أن تحركت الجزئيات كلها -خلال مرور موجة القص - فى خطوط متوازية فإنه يقال أن الموجة مستقطبة فى اتجاه الخطوط . وتسمى موجة القص الأفقية المتحركة فى المستوى الأفقى تسمى SV وعندما تكون حركتها كلها فى المستوى الأفقى تسمى موجة SH .

٣- **موجات رايلى**: تتحرك موجات رايلى على السطح الحر للمادة الصلبة فقط وتكون حركة الجزىء دائماً فى مستوى رأسى وهى حركة أهليلجية وعكسية بالنسبة لاتجاه الانتشار . وتتناقص سعة الحركة طبقاً لدالة أسية مع العمق تحت السطح .

٤- **موجات لف** : هى موجات سطحية يمكن ملاحظتها فقط عندما تغطى طبقة ذات سرعة منخفضة طبقة عالية السرعة . وتكون حركة الموجة أفقية عرضية .



شكل (١-٤٤) إنتشار كروى لموجات الضغط فى مستوى من خلال مصدر فى مركز الكرات الممتدة



شكل (١-٤٥) موجة الضغط الساقطة على الحد الفاصل بين المواد ذات السرعات والكثافات المتباينة(عندما لايكون الشعاع الساقط عمودياً على الحد الفاصل) تتولد منها أربعة أنواع من الموجات وتعتمد طاقة كل نوع على زاوية السقوط θ

P_1 = سرعة الموجة الساقطة

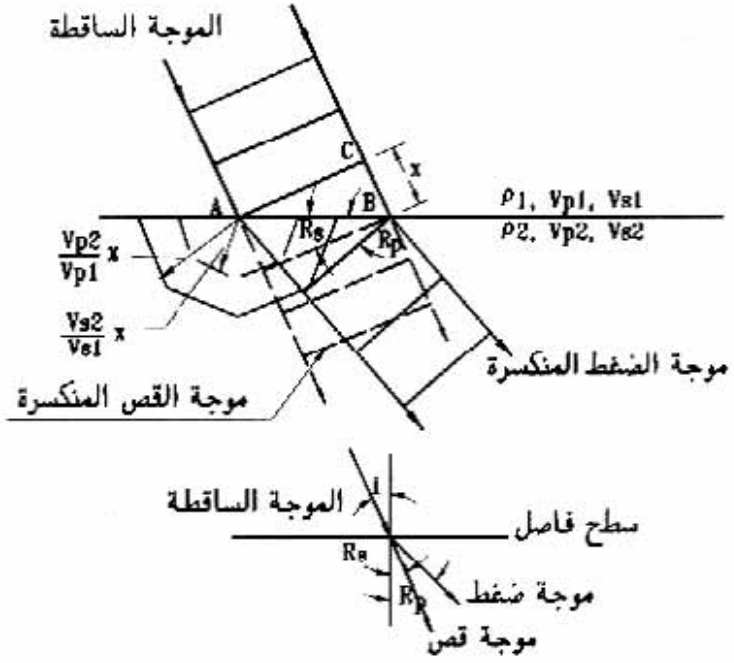
V_{p1} = سرعة موجة الضغط الساقطة

V_{s1} = سرعة موجة القص الساقطة

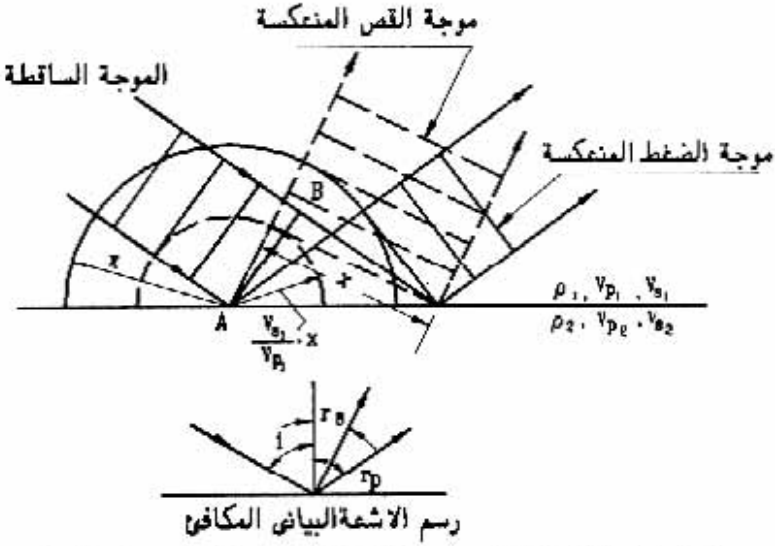
P_2 = سرعة الموجة المنكسرة

V_{p2} = سرعة موجة الضغط المنكسرة

V_{s2} = سرعة موجة القص المنكسرة



شكل (١-٤٦) إنكسار موجة الضغط المستوية عبر سطح فاصل

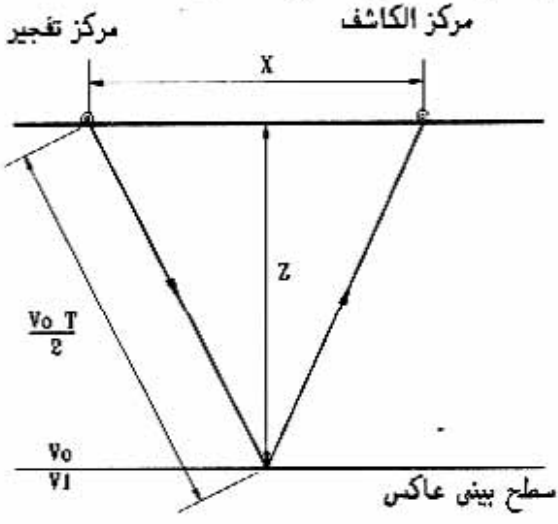


شكل (١-٤٧) إنعكاس موجة الضغط المستوية عند سطح فاصل

V_o = سرعة ثابتة بين المصدر والسطح العاكس لموجة الساقط

T = زمن المسار

Z = المسافة العمودية بين المصدر والسطح العاكس



شكل (١-٤٨) موجة منعكسة من سطح بيني مفرد السرعة ثابتة عن بين المصدر والسطح العاكس

– سرعات الموجات السيزمية فى الصخور : معظم الصخور النارية والمتحولة لها مسامية قليلة وتعتمد سرعات الموجة السيزمية أساساً على الخواص المرنة للمعادن المكونة للمادة الصخرية نفسها . وهذا هو الحال أيضاً بالنسبة للحجر الجيرى السليم ، والدولوميت . ومن الناحية الأخرى فإن الحجر الرملى والطفلة وأنواعاً معينة من الحجر الجيرى الرخو والتى لها بنية دقيقة أكثر تعقيداً وذات فراغات بينية بين الحبيبات يمكن أن تحتوى على سوائل أو أنواع رخوه من المادة الصلبة مثل الطين . ولمثل هذه الصخور فإن السرعة تكون أكثر إعتماداً على المسامية والمادة المالئة للفراغات ويعطى الجدول (١-٢٢) سرعات الضغط والقص لأنواع مختلفة من الصخور طبقاً للقياسات المعملية على عينات ممثلة للصخور .

١/١٠/٢/٢(ب) مسارات الموجة وعلاقات الزمن – المسافة للطبقات الأفقية :

مسارات أشعة الانكسار ليست دائماً سهلة للتنبؤ مثل مسارات الانعكاس وربما لا يكون واضحاً أنه فى الأرض الطبقية تنتقل الأشعة المنكسرة على قمم الطبقات ذات السرعات العالية إلى أسفل متجهة إليها من مصدرها على طول مسارات مائلة وتقترب منها الزاوية الحرجة وتعود إلى السطح على طول مسار الزاوية الحرجة مفضلة ذلك عن مسار آخر مثل السقوط العمودى .

حالة وسطين : لتحديد علاقة (الزمن – المسافة) للحالة المبينة فى شكل (١-٤٩) لوسطين لهما سرعتان V_0 , V_1 على الترتيب والوسطان مفصولان عند العمق z بواسطة عدم الاستمرارية الأفقية .

الزمن الاعتراضى : الموجة المباشرة تنتقل من نقطة التفجير الى جهاز الكشف بالقرب من سطح الأرض بسرعة V_0 إلى حد أن $T = X/V_0$ وتمثل هذا على الرسم بـــ T مقابل X بخط مستقيم يمر بالمصدر ، وله ميل 1/Vo شكل (١-٤٩) الموجة المنكسرة على السطح البينى عند العمق z متصله وتتركه بالزاوية الحرجة i_c وتأخذ مساراً يتكون من ثلاثة أجزاء CD,BC,AB ولتحديد الزمن معبراً عنه بالمسافة الأفقية التى يقطعها نستفيد من العلاقات :

١- النسبة المثلثية لزاوية الانكسار :

$$\sin i_c = \frac{V_0}{V_1} \quad \cos i_c = \sqrt{1-\sin^2(i_c)} = \left(1-\frac{V_0^2}{V_1^2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (٢٨-١)$$

جدول (١-٢٤) سرعات الموجات الضغط والقص فى بعض الصخور

المادة	سرعة الضغط	سرعة القص
	متر / ثانية	متر / ثانية
بارفيلد	٥٤٦٠	٢٨٧٠
ماس	٥٨٨٠	٢٩٤٠
بيرمت	٥٥٢٠	٣٠٤٠
جرانوديوريت	٤٧٨٠	٣١٠٠
ديوريت	٥٧٨٠	٣٠٠٠
جابرو	٦١٥٠	٣٤٢٠
بازلت	٦٤٠٠	٣٢٠٠
حجر رملى	١٤٠٠-١٣٠٠	
حجر رملى	٢٤٠٠	
حجر جيرى رخو	١٧٠٠-٤٢٠٠	
صولهوفن ، بافاريا	٥٩٧٠	٢٨٨٠
ذو بنية طينية	٦٠٣٠	٣٠٣٠
وندل	٦٠٦٠	
أنهيدريت	٤١٠٠	
طفلة	١١٠٠-٢٥٠٠	
رمل غير متماسك	١٨٠٠	٥٠٠

$$\tan i_c = \frac{\sin i_c}{\cos i_c} = \frac{V_0}{(V_1^2 - V_0^2)} \qquad (٢٩-١)$$

حيث :

V_o السرعة بالطبقة العليا

V_1 السرعة بالطبقة السفلى

٢- الزمن الكلى لمسار الإكسار ABCD هو:

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD}$$

$$= \frac{X}{V_1} + \frac{2Z\sqrt{V_1^2 - V_o^2}}{V_1 V_o} \qquad (٣٠-١)$$

حيث :

T زمن المسار

X المسافة الحرجة أو مسافة العبور

Z سمك الطبقة

٣- الزمن الاعتراضى

وفى الرسم الخاص الذى يوضح علاقة T مقابل X تكون هذه هى معادلة خط مستقيم له ميل يساوى $1/V_1$ ويتقاطع مع المحور $T(X=O)$ عند زمن :

$$T_i = 2Z\frac{\sqrt{(V_1^2 - V_o^2)}}{V_1 V_o} \qquad (٣١-١)$$

حيث:

T_i الزمن الاعتراضى

٤- مسافة العبور :

عند مسافة X_{cross} يتقاطع الجزئين الخطيين . وعند مسافة أقل من ذلك فإن الموجة المباشرة التى تنقل على القمة للطبقة V_o وتصل أولا إلى جهاز الكشف. وعند مسافات أكبر فإن الموجة

المنكسرة بواسطة السطح البينى تصل قبل الموجة المباشرة لهذا السبب تسمى X_{cross} بمسافة العبور شكل (١-٤٩).

٥- حساب العمق :

أن العمق Z إلى السطح البينى يمكن حسابه من زمن الاعتراض بإستخدام المعادلة (١-٣١) أو من مسافة العبور ويمكن تحديد T_i بيانياً كما هو مبين فى شكل (١ ٤٩) أو عمودياً من العلاقة :

$$T_i = T - \frac{X}{V_1} \qquad (١-٣٢)$$

لذلك فإن العمق Z إلى السطح البينى هو:

$$z = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(V_1 - V_0)}{(V_1 + V_0)}} \qquad (١-٣٣)$$

حيث:

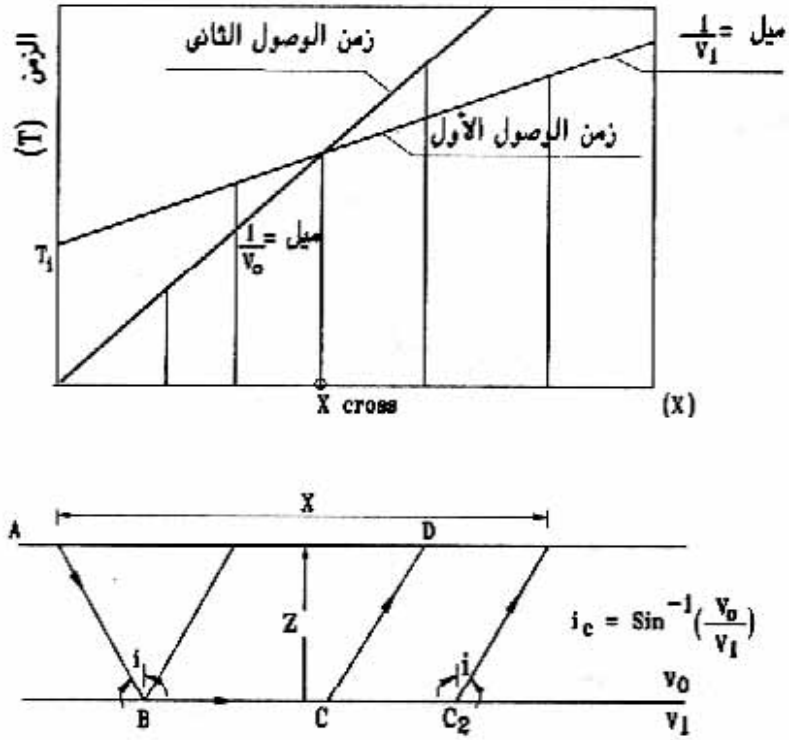
z سمك الطبقة

V_0 السرعة بالطبقة العليا

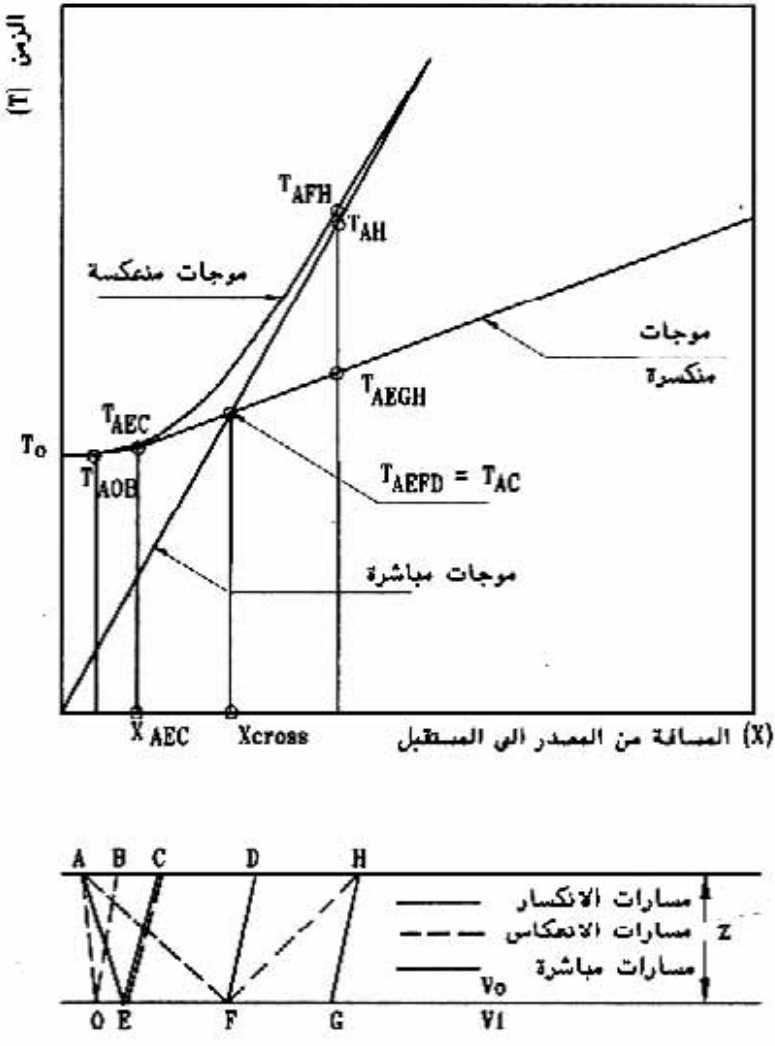
V_1 السرعة بالطبقة السفلى

١/١٠/٢/٢/١(ج) العلاقة بين الأزمنة للموجات المنعكسة والمنكسرة من سطح بينى أفقى:

يوضح شكل (١-٥٠) العلاقة بين الأزمنة والمسافات بين المصدر والمستقبل وكذلك عمق السطح الفاصل بين الطبقتين .



شكل(١-٤٩) مسارات الشعاع ذات الزمن الأقل ومنحنى الزمن - المسافة لطبقة منفصلة عن الطبقات التى تحتها بسطح بينى أفقى ، و X_{cross} هى المسافة الحرجة أو هى مسافة العبور



شكل (١-٥٠) العلاقة بين الأزمنة للموجات المنعكسة والمنكسرة من سطح بينى أفقى

١/١٠/٢/٣ حدود الصلاحية لاستخدام المساحة السيزمية

تستخدم المساحة السيزمية لإستكشاف المواقع لتحديد أعماق الصخور أو الترسيبات تحت السطحية فى سرعة الموجة عن الترسيبات التى تعلوها، وكذلك فى حالة الفوالق . وعادة تكون حدود صلاحية إستخدامها حتى ٤٠ متراً .

١١/١ طرق قياس مناسيب المياه الجوفية

١/١١/١ مقدمة

لابد من قياس عمق المياه عند بداية ظهورها فى الجسات ، أو الحفر الإستكشافية ، وأيضاً بعد ثبات ذلك المنسوب وفى بعض الأحيان قد يكون من الضرورى أن نترك تلك الحفر مفتوحة عن طريق مواسير قاسونات مخرمة لحين ثبات منسوب المياه الجوفية. وفى كثير من المشاريع فإنه من الضرورى قياس تغير منسوب المياه الجوفية مع الزمن وذلك بوضع بيزومترات pizometers داخل الجسات أو الحفر الإستكشافية وهى عبارة عن مواسير مخرمة تسمح بدخول الماء ، أو أخرى من النوع الإلكترونى أو النوع الذى يعمل بإتزان الهواء (أنظر بند ١/٩/٣/٢(د)).

٢/١١/١ مكونات البيزومترات

تتكون البيزومترات من ثلاثة عناصر رئيسية:

(أ) نهاية البيزومتر: وهى عبارة عن ماسورة منفذة للمياه تلف حولها شبكة دقيقة ويوضع حولها طبقة من مادة مناسبة تعمل كمرشح للسماح بدخول المياه فقط بدون نقل جزئيات التربة معها .

(ب) ماسورة رأسية: تصل بين نهاية البيزومترات وسطح الأرض الطبيعية ويجب أن تكون هذه الماسورة غير منفذة للمياه عن طريق جدرانها.

(ج) العزل: يتكون العزل من مونة البنتونيت والأسمنت أو أية مواد أخرى غير منفذة ويوضع بين المواسير الرأسية وجوانب الحفر لعزل المنطقة المراد قياس منسوب المياه عندها. تتكون جميع أنواع البيزومترات من العناصر الثلاثة السابق ذكرها عدا الآبار المفتوحة.

١/١٠/٢/٣ حدود الصلاحية لاستخدام المساحة السيزمية

تستخدم المساحة السيزمية لإستكشاف المواقع لتحديد أعماق الصخور أو الترسيبات تحت السطحية فى سرعة الموجة عن الترسيبات التى تعلوها، وكذلك فى حالة الفوالق . وعادة تكون حدود صلاحية إستخدامها حتى ٤٠ متراً .

١١/١ طرق قياس مناسيب المياه الجوفية

١/١١/١ مقدمة

لابد من قياس عمق المياه عند بداية ظهورها فى الجسات ، أو الحفر الإستكشافية ، وأيضاً بعد ثبات ذلك المنسوب وفى بعض الأحيان قد يكون من الضرورى أن نترك تلك الحفر مفتوحة عن طريق مواسير قاسونات مخرمة لحين ثبات منسوب المياه الجوفية. وفى كثير من المشاريع فإنه من الضرورى قياس تغير منسوب المياه الجوفية مع الزمن وذلك بوضع بيزومترات pizometers داخل الجسات أو الحفر الإستكشافية وهى عبارة عن مواسير مخرمة تسمح بدخول الماء ، أو أخرى من النوع الإلكترونى أو النوع الذى يعمل بإتزان الهواء (أنظر بند ١/٩/٣/٢(د)).

٢/١١/١ مكونات البيزومترات

تتكون البيزومترات من ثلاثة عناصر رئيسية:

(أ) نهاية البيزومتر: وهى عبارة عن ماسورة منفذة للمياه تلف حولها شبكة دقيقة ويوضع حولها طبقة من مادة مناسبة تعمل كمرشح للسماح بدخول المياه فقط بدون نقل جزئيات التربة معها .

(ب) ماسورة رأسية: تصل بين نهاية البيزومترات وسطح الأرض الطبيعية ويجب أن تكون هذه الماسورة غير منفذة للمياه عن طريق جدرانها.

(ج) العزل: يتكون العزل من مونة البنتونيت والأسمنت أو أية مواد أخرى غير منفذة ويوضع بين المواسير الرأسية وجوانب الحفر لعزل المنطقة المراد قياس منسوب المياه عندها. تتكون جميع أنواع البيزومترات من العناصر الثلاثة السابق ذكرها عدا الآبار المفتوحة.

١/١١/٣ الآبار المفتوحة

وهو النوع الشائع لقياس منسوب المياه ومن عيوب هذا النوع هو أن طبقات التربة المختلفة قد تحتوى على ضغوط هيدروستاتيكية مختلفة وبالتالى فإن منسوب المياه الجوفية المقاسة قد يكون غير دقيق ولذلك يعتبر هذا النوع صالحاً فقط للطبقات المتجانسة.

١/١١/٤ البيزوميترات ذات المواسير الرأسية

يستخدم هذا النوع لتلافى انهيارات الآبار المفتوحة وذلك بوضع مواسير رأسية مفتوحة كما هو مبين بالشكل (١-٥١) وبهذه الطريقة فإنه يمكن عزل الطبقات المختلفة عن بعضها عن طريق وضع سدادات من مونه البنتونيت والأسمنت أعلى المنسوب المراد قياس المياه الجوفية عنده، وفى هذا النوع من البيزومترات لا توضع نهايات منفذة ولكن قد يسمح بوجود ثقوب أو تشققات فى أجزاء المواسير عند الطبقات المراد قياس منسوب المياه لها وغالباً ما يستخدم هذا النوع فى التربة المنفذة للمياه.

١/١١/٥ البيزوميترات ذات النهايات المنفذة

يتم توصيل النهايات المنفذة بمواسير رأسية رفيعة نسبياً حتى تقلل من زمن التعادل والشكل (١-٥٢) يوضح هذا النوع . وهو معروف بأسم (كازاجراند) الذى يتكون من حجر سيراميكى غير معدني. ومن عيوب هذا النوع قابليته للكسر ولهذا فقد تم الاستعاضة عنه بأنواع أخرى معدنية بنفس الأبعاد على ألا يزيد حجم الفتحة (من الفتحات المنفذة للماء داخلها) عن ٥٠ ميكرون حتى لا يسمح بمرور الذرات داخلها والجدول رقم (١-٢٤) يبين مزايا وعيوب كل من أنواع البيزوميترات.

١/١١/٦ أنواع أخرى

هناك العديد من الأنواع الأخرى من البيزوميترات للأبحاث المختلفة منها الكهربائي والهيدروليكي والهوائي.

١/١١/٧ تحديد مناسيب المياه أثناء الجسة وبيان إختلافها أثناء وبعد انتهائها

من المتبع أخذ قراءات منسوب المياه عند بداية ظهورها فى الجسات كما يلزم أيضاً التأكد من ثبات منسوب المياه داخل الحفر بعد الإنتهاء منها وذلك بأخذ قراءة نهائية بعد ٢٤ ساعة من

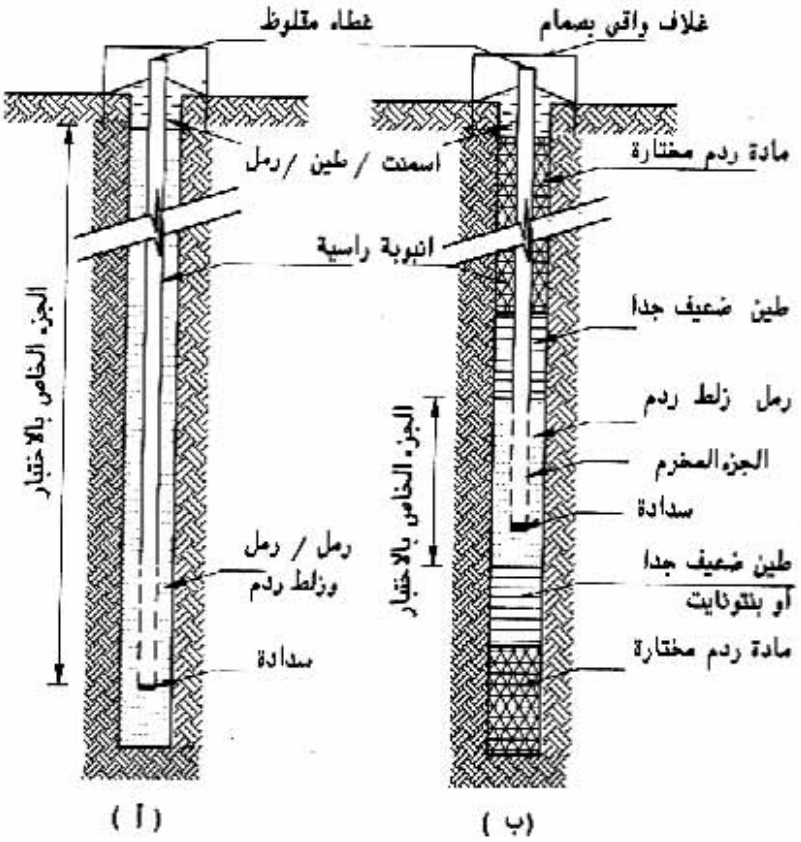
الإنتهاء من الجسة . ويفضل رسم العلاقة بين منسوب المياه والوقت والتأكد من ثبات القراءة . وفى حالة إنهيار حفر الجسات فإنه يمكن الحصول على القراءات النهائية عن طريق وضع مواسير مفتوحة ومؤقتة لحين الحصول على القراءات النهائية (بعد ٢٤ ساعة).

جدول (١- ٢٥) مزايا وعيوب أنواع البيزومترات

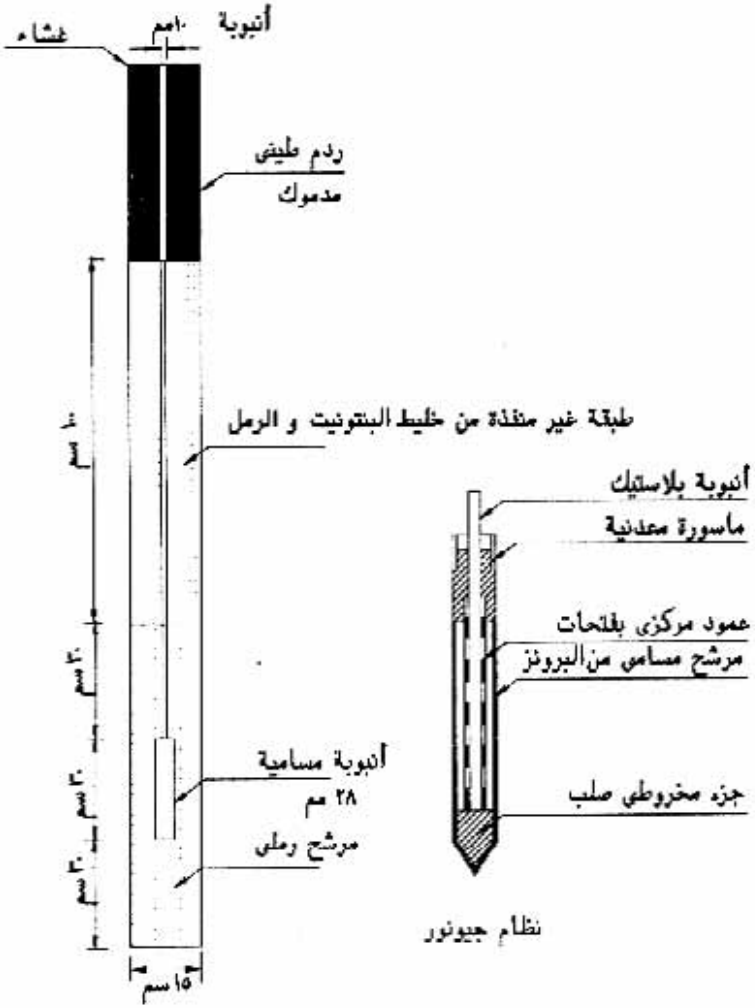
نوع البيزومتر	المزايا	العيوب
البيزومترات ذات المواسير الرأسية	- بسيط وسهل الإستعمال ومتعارف عليه - يستخدم بدون نهايات مكلفة	معدل ثبات القراءة بطىء لذا فإنه يستخدم للتربة ذات النفاذية العالية .
البيزومترات التى تعمل بالهواء	معدل ثبات القراءة سريع ويمكن أخذ القراءات من السطح	لابد من الحرص فى عدم دخول الهواء الجوى داخل مواسير ضغط الهواء . لابد من معايرة الأجهزة بدقة قبل العمل .
البيزومترات الكهربية	- يمكن أخذ القراءات من نهايات على سطح الأرض - معدل ثبات القراءة سريع - دقه عالية . - يمكن أخذ القراءات بطريقة أوتوماتيكية .	- غالى الثمن . - قد يحتاج إلى تصحيح لفرق درجات الحرارة - أخطاء عدم الدقة فى أخذ القراءات الأولية قد تؤثر على دقة باقى القراءات .

٨/١١/١ تحديد إختلاف مناسيب المياه الجوفية مع مدى زمنى فى الموقع ككل

فى بعض المشاريع فإنه يتطلب تحديد منسوب المياه وإختلافها مع الزمن ويتم ذلك بوضع البيزوميترات المناسبة وعلى الأعماق المطلوب دراستها ثم أخذ القراءات داخل هذه البيزوميترات دورياً وذلك لدراسة تأثر مناسيب المياه بالعوامل الخارجية مع الزمن.



شكل (١-٥١) بيزومترات ذات مواسير رأسية



شكل (١-٥٢) بيزومترات ذات نهايات منفذة

٩/١١/١ طرق القياس وأخذ العينات

يستخدم العديد من الأجهزة فى قياس منسوب المياه منها الشريط المساحى المدرج إلى مترات وسنتيمترات وهو ما يعطى دقة حتى ١٠ مم ويمكن دهان هذا الشريط بالطباشير لتحديد مستوى المياه بدقة كما يمكن أيضاً إستخدام أجهزة كهربائية تعطى إشارات ضوئية وصوتية عند تلامسها مع سطح المياه. ويمكن إستخدام أجهزة بسيطة كقارورات المياه المدلاه داخل الحفر لأخذ عينة المياه من داخل الحفر ، أو إستخدام أجهزة أكثر دقة والتى تحتوى على صمام يفتح عند المناسيب المطلوب أخذ عينات المياه عندها . ويجب ملاحظة ضرورة أخذ عينات من التربة عند نفس مستوى منسوب عينة المياه لإجراء التحليل الكيميائى على كل من عينة التربة والمياه.

١٢/١ الدراسة الكيميائية لمواد التربة المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات

١/١٢/١ مقدمة

تختلف خواص مواد البناء المستعملة فى الخرسانة مما يؤثر على نوعية ونسب المركبات الكيميائية بالخرسانة. وغالباً ما تحتوى الخرسانة على مركبات الكالسيوم والمركبات السليسية بنسب كبيرة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل مركبات الألومنيوم ومركبات الحديد والمغنسيوم، وقد تتواجد أيضاً مركبات الصوديوم والبوتاسيوم. ومن الثابت أن تأثر الخرسانة كيميائياً بالمواد الضارة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها ينصب فى المقام الأول على التأثير على مركبات الكالسيوم. ويعتبر وجود المياه عاملا ضرورياً للتفاعلات الكيميائية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بخرسانة الأساسات للتعرف على الأملاح المتواجدة بالتربة وكذلك المياه الجوفية فى حالة تواجدها . ويجب أخذ الاحتياطات اللازمة بفرض إحتمال تواجد المياه أو الرطوبة على المدى البعيد أياً كان مصدرها حيث أن وجودها قد يؤدى إلى نشاط كيميائي بين مكونات الخرسانة والوسط المحيط .

٢/١٢/١ الهدف

يهدف هذا البند إلى تقييم العناصر الضارة التى تتواجد فى الماء والتربة والغاز المحيطة بالخرسانة المتصلدة .

٣/١٢/١ المركبات الضارة بالخرسانة وتأثيرها

فيما يلى سرد للمركبات الضارة بالخرسانة ، وشرح موجز لتأثيرها :

٩/١١/١ طرق القياس وأخذ العينات

يستخدم العديد من الأجهزة فى قياس منسوب المياه منها الشريط المساحى المدرج إلى مترات وسنتيمترات وهو ما يعطى دقة حتى ١٠ مم ويمكن دهان هذا الشريط بالطباشير لتحديد مستوى المياه بدقة كما يمكن أيضاً إستخدام أجهزة كهربائية تعطى إشارات ضوئية وصوتية عند تلامسها مع سطح المياه. ويمكن إستخدام أجهزة بسيطة كقارورات المياه المدلاه داخل الحفر لأخذ عينة المياه من داخل الحفر ، أو إستخدام أجهزة أكثر دقة والتى تحتوى على صمام يفتح عند المناسيب المطلوب أخذ عينات المياه عندها . ويجب ملاحظة ضرورة أخذ عينات من التربة عند نفس مستوى منسوب عينة المياه لإجراء التحليل الكيميائى على كل من عينة التربة والمياه.

١٢/١ الدراسة الكيميائية لمواد التربة المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات

١/١٢/١ مقدمة

تختلف خواص مواد البناء المستعملة فى الخرسانة مما يؤثر على نوعية ونسب المركبات الكيميائية بالخرسانة. وغالباً ما تحتوى الخرسانة على مركبات الكالسيوم والمركبات السليسية بنسب كبيرة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل مركبات الألومنيوم ومركبات الحديد والمغنسيوم، وقد تتواجد أيضاً مركبات الصوديوم والبوتاسيوم. ومن الثابت أن تأثر الخرسانة كيميائياً بالمواد الضارة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها ينصب فى المقام الأول على التأثير على مركبات الكالسيوم. ويعتبر وجود المياه عاملا ضرورياً للتفاعلات الكيميائية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بخرسانة الأساسات للتعرف على الأملاح المتواجدة بالتربة وكذلك المياه الجوفية فى حالة تواجدها . ويجب أخذ الاحتياطات اللازمة بفرض إحتمال تواجد المياه أو الرطوبة على المدى البعيد أياً كان مصدرها حيث أن وجودها قد يؤدى إلى نشاط كيميائي بين مكونات الخرسانة والوسط المحيط .

٢/١٢/١ الهدف

يهدف هذا البند إلى تقييم العناصر الضارة التى تتواجد فى الماء والتربة والغاز المحيطة بالخرسانة المتصلدة .

٣/١٢/١ المركبات الضارة بالخرسانة وتأثيرها

فيما يلى سرد للمركبات الضارة بالخرسانة ، وشرح موجز لتأثيرها :

(أ) الأحماض الحرة وبعض الغازات التى تهاجم الخرسانة فى وجود الرطوبة
(ب) الكبريتات
(ج) بعض أملاح المغنيسيوم
(د) أملاح الألمونيوم
(هـ) الماء العذب
(و) الدهون والزيوت
وهناك بعض المصادر الأخرى والتى سيتم ذكرها فيما بعد .

١/٣/١٢/١ الأحماض الحرة

الأحماض الحرة free acids لها قدرة على إذابة المركبات الأسمنتية ، كما إنها تضر بالطوب والركام إذا كان محتويا على كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم .
ويمكن التعرف على وجود الأحماض بقياس الأس الهيدروجينى فإذا قل الأس الهيدروجينى عن ٦,٥ فإن ذلك يعنى أن الوسط له تأثير ضار بالخرسانة . وفيما يلى توضيح للتأثير الضار للأحماض الحرة على الخرسانة :

(أ) الأحماض المعدنية

الأحماض المعدنية mineral acids لها القدرة على إذابة الأسمنت وتؤثر على الركام فى حالة احتوائه على أملاح الكربونات ومن هذه الأحماض- حامض الكبريتيك، وحامض الهيدروكلوريك، وحامض النيتريك .

(أ-١) كبريتيد الهيدروجين: (يد٢ كب) hydrogen sulphide (H_2S)

قدرته على إذابة الخرسانة قليلة نسبيا ، وهو يتخلل الخرسانة الجافة على هيئة غاز ويذوب فى وجود الرطوبة ويعطى حامض الكبريتيك وأملاح الكبريتات فى وجود زيادة من الهواء. كما أن الكبريتيدات غير القابلة للذوبان مثل (البيريت والمركسيت) قد تتأكسد إلى الكبريتات وحامض الكبريتيك فى الجو الرطب المحتوى على الأكسجين .

(أ-٢) ثانى أكسيد الكبريت

يمتص ثانى أكسيد الكبريت sulphur dioxide داخل الخرسانة على هيئة غاز ويذوب فى الرطوبة ويكون حامض الكبريتوز(يد٢ كب أ٣) الذى يتأكسد إلى حامض الكبريتيك (يد ٢ كب أ ٤) وأملاح الكبريتات بند الكبريتات بند (١/١٢/٣(أ)) .

(أ-٣) حامض الكربونيك الذائب

يهاجم حامض الكربونيك carbonic acids الخرسانة مثل باقى الأحماض الضعيفة فيذوب هيدروكسيد الكالسيوم ولا يعتبر الأس الهيدروجينى مقياساً لتركيز الجير الذائب فى حامض الكربونيك ولكن يمكن تقديره طبقاً للبند (١/١٢/٧/٩) .

(ب) الأحماض العضوية الحرة

الأحماض العضوية free organic acid أقل خطورة من الأحماض غير العضوية. والأحماض العضوية مثل حامض الخليك- وحامض اللاكتيك- وحامض البيوتريك تذيب الكالسيوم من مكونات الأسمنت والطوب وتكون ملح الحامض . كما أن بعض الأحماض العضوية تكون طبقة حامية مثل حامض الأوكساليك والترتريك .

والأحماض الحيوانية ليس لها تأثير يذكر على الخرسانة المتصلدة . وقد يحدث أن يحل الهيدروجين محل الأيونات الموجبة فى الأملاح العضوية لينتج أحماض غير عضوية . كما أن تلك الأحماض تؤثر على تصلد الخرسانة الطازجة إذا ما وصلت إليها كمية صغيرة من النفايات كمصدر للأحماض العضوية .

١/١٢/٣/٢ الكبريتات

تتفاعل الكبريتات sulphates مع مركبات الكالسيوم والألومنيوم فى الأسمنت والطوب وتكون مركبات ذات قابلية شديدة لإمتصاص الماء وهذا يسبب الإنتفاخ فى الخرسانة مما يؤدى إلى الشروخ الشعرية .

١/١٢/٣/٣ أملاح المغنسيوم

كلوريدات وكبريتات المغنسيوم magnesium salts تذيب هيدروكسيد الكالسيوم من الأسمنت والطوب وتكون هيدروكسيد المغنسيوم الرخو مكوناً كتلة جيلاتينية وذلك بالإضافة إلى مهاجمة الكبريتات لمركبات الكالسيوم والألومنيوم فى الأسمنت بند(١/١٢/٣/٢) .

١/١٢/٣/٤ أملاح الأمونيوم

تذيب أملاح الأمونيوم ammonium salt عدا كربونات الأمونيوم- أوكسلات الأمونيوم وفلوريد الأمونيوم هيدروكسيد الكالسيوم فى الوحدات الأسمنتية وتظهر رائحة الأمونيا (النشادر)

التى تذوب فى الماء. وتؤثر كبريتات الأمونيوم على الخرسانة كما هو مبين بالبند (١/١٢/٣/٢)- أما الأمونيا (النشادر) فليس لها تأثير ضار على الخرسانة .

١/١٢/٣/٥ الماء العذب

الماء العذب soft water ذو عسر كلى أقل من (٥٠٠ جزء/ مليون) ويحتوى على أملاح الكالسيوم والمغنسيوم أو الكالسيوم فقط. ووجود نسبة ضئيلة من هذه الأملاح يؤدى إلى إذابة هيدروكسيد الكالسيوم فى الأسمنت والطوب وعلى أى الأحوال لا يشكل العسر الكلى خطراً كبيراً على الخرسانة ويمكن تعيين العسر طبقاً للبند(١/١٢/٧/٤).

١/١٢/٣/٦ الدهون والزيوت

تتأثر الخرسانة بالدهون والزيوت fats and oils ويختلف التأثير بإختلاف التركيب الكيميائى لتلك الدهون والزيوت وعلى حالتها الطبيعية (سائل أم صلب) .

(أ) الدهون والزيوت النباتية والحيوانية

تؤثر الدهون والزيوت النباتية والحيوانية vegetable and animal fats and oils على الخرسانة وهى عبارة عن أسترات الأحماض الدهنية وهى تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم فى الأسمنت لتكون أملاح الكالسيوم للأحماض الأمينية (الصابون) . وحيث أن نفاذية الدهون والزيوت النباتية والحيوانية خلال الخرسانة بطيئة لذا لا يشكل وجودها خطراً جسيماً .

(ب) الزيوت المعدنية والدهون

لا تؤثر الزيوت المعدنية والدهون mineral oils and fats على الخرسانة فى حالة خلوها من الأحماض والدهون النباتية أو الحيوانية .

(ج) زيوت القار

تحتوى دائما الزيوت المتوسطة والزيوت الثقيلة cool tar oils على الفينول (حامض الكربوليك) ومشتقاته وهذا الحمض يكون مع الخرسانة أملاح الفينولات. والخرسانة غير المسامية لا تتأثر تأثراً محسوساً بتلك المركبات .

١/١٢/٤ تواجد المواد المهاجمة للخرسانة

١/١٢/٤/١ المياه الأرضية

مصادر المياه الأرضية متعددة وهى كالآتى:

(أ) مياه البحر

الأملاح الأساسية التى تهاجم الخرسانة هى الكبريتات والكلوريدات وأملاح المغنسيوم وتحتوى مياه البحر sea water الأبيض المتوسط والبحر الأحمر على نسب عالية من تلك الأملاح وتتراوح الأملاح الذائبة فيهما من ٣٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ جزء فى المليون .

(ب) مياه الآبار

مياه الآبار spring water الصالحة للشرب عادة تكون نقية من الناحية الكيميائية، وقد تحتوى على الجير الذائب فى حامض الكربونيك ويجب الحرص عند استعمالها فى أعمال الخرسانات .

(ج) مياه المستنقعات

تحتوى مياه المستنقعات moor water على مواد تهاجم الخرسانة فى صورة جير ذائب فى حامض الكربونيك وكبريتات واحماض عضوية .

(د) المياه الجوفية والمختزنة

تحتوى المياه الجوفية ground water على الكالسيوم الذائب فى حامض الكربونيك وكبريتات المغنيسوم – وكبريتيد الهيدروجين– والأمونيا، وقد تحتوى على مواد عضوية ضاره بنسب عالية وذلك فى حالة تداخل مياه ضارة مثل مياه الصرف الصحى والمياه التى قد تتسلب من مصدر سطحى أو جوفى وتختزن فى التربة وتتسلب من الشقوق أثناء الحفر وتحتوى على نسبة عالية جداً من الأملاح كما يحدث فى خارج مدينة السويس أو فى الصحراء بين الواسطى والفيوم على سبيل المثال حيث ترتفع نسبة الكبريتات لأكثر من ٨٠٠٠ جزء فى المليون (وهذا يفوق المتواجد بمياه البحر) .

(هـ) مياه الأنهار

مياه الأنهار river water نقية تماماً وربما تحتوى على بعض المركبات الضاره بالخرسانة ولكن نسبها عموماً لا تصل إلى حد الخطورة على الخرسانة .

(و) مياه الصرف الصحى

تحتوى مياه المجارىwaste water على مواد عضوية ومواد غير عضوية وخصوصاً الأحماض العضوية وغير العضوية وأملاحهما. وتتواجد هذه المياه بكميات كبيرة فى المناطق

الصناعية ولإستخدام تلك المياه فى خلط الخرسانة يجب ألا تحتوى على نسب أعلى من النسب المسموح بها فى أعمال الخرسانات. تحتوى المناطق الصناعية على مخلفات بها عناصر موضحة فى البند (٣/١٢/١) كما أن المياه الناتجة من مصانع حفظ المأكولات والجلفنة (الطلاء) تحتوى على عناصر غير عضوية مثل الكبريتات والأحماض المعدنية وتحتوى مياه الصرف لهذه المصانع ومصانع الكوك أيضاً على أملاح الأمونيا والفينول .

٢/٤/١٢/١ التربة

(أ) تربة تحتوى على الكبريتات

تتكون من طبقات رسوبية من الجبس القابل للذوبان والجبس غير المتميئ بسمك كبير فى بعض المناطق كسيناء ورأس غارب والغربانيات بالصحراء الغربية وقد يتواجد الجبس أيضاً مختلطاً بالتربة والترسيبات السطحية وخاصة بعض المناطق الصحراوية على هيئة حبيبات أو على هيئة طبقة قد يصل سمكها إلى عدة سنتيمترات. وقد يكون الجبس غير متميىء وقد تكون الكبريتات قابلة للذوبان فى الماء .

(ب) تربة البرك

تحتوى تربة البرك moor soils المردومة على المواد المذكورة فى بند (١/٤/١٢/١)(ج)) بالإضافة إلى كبريتات الحديد (بيريت+ مركسيت ح كب) التى تتواجد أيضاً بالتربة الطفلية.

(ج) النفايات والمخلفات الصناعية

يعتمد محتوى النفايات والمخلفات الصناعية dumps of industrial waste products على مصدرها. وعادة تتواجد بها المواد المذكورة بالبند رقم (٣/١٢/١) بكميات كبيرة والمحلول المائى لهذه المواد يهاجم الخرسانة.

٣/٤/١٢/١ الغازات

من الممكن ان ينتج عادم الصناعة ومخلفات الحريق المصحوبة بغازات gases أحماض معدنية وأحماض عضوية وثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين . وتذوب الغازات إما فى الرطوبة أو فى مياه الأمطار لتتكون محاليل تهاجم الخرسانة . أما الأملاح المتكونة مثل الكبريتات فمن الممكن أن تذوب فى ظروف ملائمة وتهاجم الخرسانة، والخرسانة لا تتأثر بغاز ثانى أكسيد

الكربون الذى ينتج كعادم للإحتراق ولكن إذا زادت نسبته فإنه يتفاعل مع الخرسانة فيساعد على حماية الحديد ضد التآكل.

١/١٢/٥ تقييم الماء والتربة والغازات

بصفة عامة فإنه من الممكن إختيار عينة من المياه الأرضية طبقاً للبند (١/٥/١٢/١) لتقييم مدى مهاجمتها للخرسانة. كما أنه يمكن تقييم المواد الضارة بالخرسانة فى التربة المحيطة بالأساس وذلك بإجراء الإختبار الموضح بالبند(٨/١٢/١) إما على التربة المشبعة أو على التربة الجافة فى حالة عدم وجود ماء بالموقع .

١/٥/١٢/١ المياه الأرضية

(أ) الفحص الظاهرى

تتميز المياه الضارة عند الفحص الظاهرى باللون الداكن والرائحة ووجود ترسيبات جبس وخروج غاز (غاز المستنقعات- حامض الكربونيك) وتأثر عباد الشمس بالغازات المتصاعدة (يتغير لون ورقة عباد الشمس الأزرق إلى الأحمر) .

(ب) التحليل الكيميائى

يتم التحليل الكيموائى chemical examination للمياه بتقدير المحتويات الآتية:

(ب-١) الأس الهيدروجينى .

(ب-٢) الرائحة .

(ب-٣) إختزال برمنجنات البوتاسيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٤) العسر الكلى (الكالسيوم+ المغنسيوم) .

(ب-٥) العسر بالكربونات .

(ب-٦) العسر لغير الكربونات .

(ب-٧) المغنسيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٨) الأمونيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٩) الكبريتات على هيئة كب أ ٣ (مجم/ لتر) .

(ب-١٠) الكلوريدات على هيئة كل (مجم/ لتر) .

(ب-١١) الجير الذى يذوب بحامض الكربونيك (مجم/ لتر) .

الكربون الذى ينتج كعادم للإحتراق ولكن إذا زادت نسبته فإنه يتفاعل مع الخرسانة فيساعد على حماية الحديد ضد التآكل.

١/١٢/٥ تقييم الماء والتربة والغازات

بصفة عامة فإنه من الممكن إختيار عينة من المياه الأرضية طبقاً للبند (١/٥/١٢/١) لتقييم مدى مهاجمتها للخرسانة. كما أنه يمكن تقييم المواد الضارة بالخرسانة فى التربة المحيطة بالأساس وذلك بإجراء الإختبار الموضح بالبند(٨/١٢/١) إما على التربة المشبعة أو على التربة الجافة فى حالة عدم وجود ماء بالموقع .

١/٥/١٢/١ المياه الأرضية

(أ) الفحص الظاهرى

تتميز المياه الضارة عند الفحص الظاهرى باللون الداكن والرائحة ووجود ترسيبات جبس وخروج غاز (غاز المستنقعات- حامض الكربونيك) وتأثر عباد الشمس بالغازات المتصاعدة (يتغير لون ورقة عباد الشمس الأزرق إلى الأحمر) .

(ب) التحليل الكيميائى

يتم التحليل الكيموائى chemical examination للمياه بتقدير المحتويات الآتية:

(ب-١) الأس الهيدروجينى .

(ب-٢) الرائحة .

(ب-٣) إختزال برمنجنات البوتاسيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٤) العسر الكلى (الكالسيوم+ المغنسيوم) .

(ب-٥) العسر بالكربونات .

(ب-٦) العسر لغير الكربونات .

(ب-٧) المغنسيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٨) الأمونيوم (مجم/ لتر) .

(ب-٩) الكبريتات على هيئة كب أ ٣ (مجم/ لتر) .

(ب-١٠) الكلوريدات على هيئة كل (مجم/ لتر) .

(ب-١١) الجير الذى يذوب بحامض الكربونيك (مجم/ لتر) .

- ويستدل على الغاز المتصاعد من رائحته (كبريتيد الهيدروجين- الكبريتيد- المركبات العضوية) فى حالة عدم تواجده بكمية كافية يتم إضافة المحلول القلوى بعد عملية التحميض ثم عملية التأكسد التى تتم بإختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم، ويجرى الإختبار مرتين وخصوصاً فى حالة المياه العفنة المحتوية على كبريتد الهيدروجين التى تهاجم الخرسانة وأيضاً إذا كان إختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم تزيد عن ٥٠ مجم/ لتر فى عملية المياه المرشحة وعموماً فالتقييم القائم على الخبرة ضرورى جداً وخصوصاً فى تقييم المياه الناتجة من الصناعات.

(ج) حدود المكونات المهاجمة فى المياه الأرضية

يبين الجدول رقم (١-٢٦) حدود التقييم للمكونات الضارة فى المياه الأرضية والقيم الموضحة بالجدول لها أهميتها لتقييم المياه الراكدة والمياه ذات الحركة البطيئة لاحتوائها عادة على نسب كبيرة من المواد الضارة التى لا تقل نسبتها بالمياه باستمرارية تفاعلها مع الخرسانة.

جدول (١-٢٦) حدود التقييم للمكونات الضارة بالمياه

مسلسل	الفحص	الأضرار		
		أضرارقليلة	أضرارشديدة	أضرار خطيرة
١	الأس الهيدروجينى	٦,٥-٥,٥	٥,٥-٤,٥	< ٤,٥
٢	حامض الكربونات على هيئة ك أ$_{٢}$ (مجم / لتر)	١٥-٣٠	٣٠-٦٠	< ٦٠
٣	الأمونيا ن يد$_{٤}^{+}$ (مجم / لتر)	١٥-٣٠	٣٠-٦٠	< ٦٠
٤	الماغنسيوم ما$^{+٢}$ (مجم / لتر)	١٠٠-٣٠٠	٣٠٠-١٥٠٠	< ١٥٠٠
٥	الكبريتات كب أ$_{٤}$ (مجم / لتر)	٢٠٠-٦٠٠	٦٠٠-٢٠٠٠	< ٢٠٠٠

تقيم خطورة المياه المختبرة على الخرسانة بواسطة الجدول رقم (١-٢٦) وتكون المياه ذات ضرر بالغ فى حالة زيادة أى من القيم من البنود مسلسل ١-٥ عن الحد المسموح به . وتحدد الأضرار بناء على قيم بندين فأكثر وتؤخذ القيمة العليا للضرر عند التقييم.

ملحوظة

بالإضافة إلى أهمية تقييم المكونات الضارة فى الماء فمعدل التأثير الضار على الخرسانة يتزايد مع درجات الحرارة العالية والضغط العالى أو تعرض الخرسانة لمياه متحركة أو تحت ضغط هيدروستاتيكى أو الرج السريع ويقل معدل تأثير الخرسانة فى درجة الحرارة المنخفضة، وكذلك فى وجود كميات قليلة من المياه، ووجود مياه تتحرك ببطء هذا لأن المكونات الضارة تتزايد نسبياً ببطء كما هو فى حالة التربة قليلة النفانية (معامل النفانية $k < ١٠^{-٣}$ م/ ثانية) .

٢/٥/١٢/١ التربة

(أ) يحتمل ان تكون التربة ضارة فى الاحوال الآتية:

(أ-١) ذات لون يختلف عادة عن اللون العادى للتربة .

(أ-٢) رمادية وخاصة إذا إحتوت على صدأ بنى مصفر والتربة ذات اللون الرمادى الفاتح المائلة إلى البياض والمتواجدة تحت طبقة من التربة ذات لون بنى غامق يميل إلى الأسود.

(أ-٣) تدل النباتات المتحللة على وجود الحامضية فى التربة .

ويجب التحذير بالخطورة فى حالة وجود تلامس بين خرسانة الأساسات وطبقة من الجبس والجبس اللامائى أو أملاح الكبريتات الأخرى.

(ب) التحليل الكيميائى للتربة

يجب أن يشمل التحليل الكيميائى للتربة الآتى:

(ب-١) الحامضية العضوية organic acidity

(ب-٢) محتوى الكبريتات (كب أ ٣)% sulphate (SO_3%) للتربة المجففة بالهواء.

(ب-٣) محتوى كبريتيد (كب)% sulphide (S%) للتربة المجففة بالهواء.

وهذا التحليل يدل على أهم خواص ومكونات التربة الضارة كيميائياً بالخرسانة والتقييم الخاص بواسطة الخبير ضرورى جداً فى حالة التلوث الصناعى وكذلك فى حالة التربة المحتوية على كبريتيد أكثر من ١٠٠ مجم/ ك على هيئة كب$^{-٢}$ للتربة المجففة فى الهواء (أكثر من ٠,٠١% كب$^{-٢}$).

(ج) التربة المهاجمة

يمكن تقييم مدى خطورة التربة المبللة أو المشبعة بالماء على خرسانة الأساسات فى ضوء الجدول رقم (١ ٢٧) مع الأخذ فى الإعتبار أن قيم هذه الحدود تقل إذا ما قلت نفاذية التربة.

جدول (١-٢٧) حدود وتقييم خطورة التربة المهاجمة على الخرسانة

الإختبارات	الخطورة	
	بسيطة	جسيمة
الحامضية طبقاً للبند (٢/٨/١٢/١)	أعلى من ٢٠ ملى	ـــــ
الكبريتيات (كب أ ٣) المجففه والمبردة هوائياً(%)	٠,١٧ -٠,٤٢	أعلى من ٠,٤٢

ملحوظة

يستعمل الأسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات عندما تزيد نسبة الكبريتات بالماء عن ٤٠٠ مجم/ لتر (كب $آ^{٣}$) عدا مياه البحر، أو فى حالة زيادة الكبريتات عن ٠,٣ % للتربة المجففة هوائياً والحدود المقترحة لتواجد هذه الأملاح موضحة بالجداول رقم (١-٢٨) إلى (١-٣٠) .

٣/٥/١٢/١ الغازات

يمكن بالخبرة تقييم خطورة الغاز فى حالة تواجده بكثرة فى الوسط المحيط بالخرسانة ويمكن تحليله لمعرفة مكوناته والتعرف أيضاً على الغاز المتواجد بالخرسانة للمقارنه .

جدول (١-٢٨) تأثر الخرسانة بالتربة والمياه المحتوية على تركيزات مختلفة من الكبريتات

الكبرتيات * / درجة التأثير	التربة	المياه الجوفيه
	الكبرتيات القابلة للذوبان فى الماء (كب أ ٣) %	الكبرتيات فى المياه (كب أ ٣) جزء فى المليون
تأثير ضعيف	صفر - ٠,٠٨	صفر-١٢٥
تأثير ايجابى	٠,٠٨ - ٠,١٧	١٢٥-٨٠٠
تأثير محسوس	٠,١٧ - ٠,٤٢ *	٨٠٠- ١٦٠٠
تأثير خطير	أكثر من ٠,٤٢	أكثر من ١٦٠٠

* كبرتيات مهاجمة للخرسانة

جدول (١-٢٩) تأثر الخرسانة بالكبريتات فى وجود الكلوريدات

مهاجمة المياة فى الظروف العادية / درجة المهاجمة	الكبريتات (كب أ ٣) الذائبة فى الماء		
	كل⁻ > ١٠٠٠ مجم/ لتر	ما ٢+ > ١٠٠ مجم / لتر ن يد ٤+ > ١٠٠ مجم م لتر كل⁻ > ١٠٠٠ مجم/ لتر	ما ٣+ ≤ ١٠٠ مجم/ لتر ن يد ٤+ ≤ ١٠٠ مجم / لتر
	مجم / لتر	مجم / لتر	مجم / لتر
عملياً ليس خطير	أقل من ١٥٠	أقل من ٢٠٠	أقل من ١٠٠
ضعيف المهاجمة	١٥٠ - ٣٠٠	٢٠٠-٣٥٠	١٠٠-١٥٠
متوسط المهاجمة	٣٠٠ -٥٠٠	٣٥٠-٦٠٠	١٥٠-٣٠٠
عالى المهاجمة	٥٠٠-١٠٠٠	٦٠٠ - ١٢٥٠	٣٠٠ -٥٠٠
خطير المهاجمة	أكبر من ١٠٠٠	أكبر من ١٢٥٠	أكبر من ٥٠٠

* ما ٢+ = الماغنسيوم (أيون)
* كل⁻ = كلور (أيون)
* ن يد ٤+ = الأمونيا (أيون)

جدول (١ - ٣٠) الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة

الحالة رقم	الكبريتات على هيئة كب أ ٣			خرسانة جيدة الصنع			
	التربة		المياه الجوفية	نوع الأسمنت	أقل محتوى الأسمنت (كجم/م٣) أعلى قطر مكافيء للركام المستعمل			نسبة الماء / الأسمنت
	كب أ٣ الكلى (%)	كب أ٣ محلول ١ تربة : ٢ ماء (جم / لتر)	كب أ٣ جزء فى المليون		٤٠مم	٢٠مم	١٠مم	
١	أقل من ٠,٢	–	أقل من ٣٠٠	أسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت حديدى	٢٤٠	٢٨٠	٣٣٠	٠,٥٥
٢	٠,٢ – ٠,٥	–	٣٠٠ – ١٢٠٠	أسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت حديدى أسمنت مقاوم للكبريتات	٢٩٠ ٢٤٠	٣٣٠ ٢٨٠	٣٨٠ ٣٣٠	٠,٥٠ ٠,٥٥
٣	٠,٥ – ١	١,٩ – ٣,١	١٢٠٠ – ٢٥٠٠	أسمنت مقاوم للكبريتات	٢٩٠	٣٣٠	٣٨٠	٠,٥٠
٤	١ – ٢	٣,١ – ٥,٦	٢٥٠٠ – ٥٠٠٠	أسمنت مقاوم للكبريتات	٣٣٠	٣٧٠	٤٢٠	٠,٤٥
٥	أكثر من ٢	أكثر من ٥,٦	أكثر من ٥٠٠٠	مثل البند (٤) مع الدهان بمادة خاملة لا تذوب فى الماء لتكوين طبقة حامية مثل الأسفلت أو بيتومين مستطب				

ملاحظات :

١ – إذا زادت نسبة ثالث أكسيد الكبريتات المذابة بالحامض (الكبريتات الكلية) فى عينة التربة عن ٠,٥% يجب تعيين نسبة الكبريتات الذائبة فى الماء على هيئة ثالث أكسيد الكبريت حيث أن التربة الجبسية المحتوية على عروق من الجبس تحتوى على كبريتات لا تذوب فى الماء فى الظروف العادية وتعتبر غير ضارة إذا ما احتفظ الوسط المحيط بها دون تغيير يساعد على ذوبانها والذى يؤدى الى نسبة ثالث أكسيد الكبريت الى الحد الضار .

٢ – يمكن التغاضى عن استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات فى خرسانة الأساسات الضحلة فى التربة الصحراوية حيث تغيب المياه الأرضية عند الإنشاء مع احتمال تواجدها مستقبلاً – ولكن يلزم دهان أوجه الخرسانة المسلحة بوجهين على الأقل من البيتومين المؤكسد أو أى مادة عازلة مع زيادة سمك الغطاء الخرسانى حول حديد التسليح. كما يحدد سمك الخرسانة العادية أسفل القواعد المسلحة باعتبار أن إجهادات التحميل تنتقل من القواعد المسلحة خلال القواعد العادية إلى التربة بمستويات تميل ١:٢ (٢ رأسى : ١ أفقى) .

٣ – فى الأساسات الخازوقية تزداد نسبة الأسمنت فى الخرسانة عن الموضحة بالجدول بمقدار ١٠٠كجم للمتر المكعب حسب نوع الخازوق .

٤ – يحظر إستخدام الأسمنت الحديدى فى خرسانة الخوازيق.

٦/١٢/١ طريقة أخذ عينة المياه أو التربة للتحليل الكيميائى

١/٦/١٢/١ إرشادات عامة

يعتبر تحضير عينة الإختبار سواء كانت سائلة أم صلبة فى غاية الأهمية حيث أن نتائج التحليل الكيميائى يعتمد عليها فى تحديد مدى خطورة المصدر. ولذا يجب أن يتبع عامة كل من البندين (١/٦/١٢/١) ، (٢/٦/١٢/١) بمنتهى الدقة. وفيما يلى إرشادات عامة لأخذ العينات :

(أ) يجب إختيار أماكن متفرقة بالموقع وتؤخذ منها عينات التربة والمياه الأرضية. وتتبع الخطوات اللازمة لحفظ العينات بحالتها الطبيعية لحين الوصول إلى مكان الفحص. وإذا إتبعت خطوات غير سليمة فى أخذ عينة الإختبار للسائل فإن بعض غاز ثانى أكسيد الكربون أو كبريتيد الهيدروجين ربما يفقد ، وبالنسبة لعينات التربة ربما يحدث تغيير فى كمية الكبريتيدات وخصوصاً كبريتيد الحديد . وعموما فإن عينة المياه يجب ألا تتعرض لأى تغيير ولا تخلط بأى نوع من المياه مثل المياه السطحية ويجب أن تغلق العبوات بإحكام.

(ب) يجب أن يحدد عدد العينات المراد أخذها من المياه والتربة للتقييم .

(ج) يعاد أخذ عينة أخرى فى حالة ملاحظة إختلاف محسوس لسطح المياه الجوفية أو الإختلاط بالمياه السطحية .

(د) تؤخذ عينة من التربة والمياه عند المستوى الذى يتواجد بها طبقات مختلفة من التربة أو المياه الجوفية .

٢/٦/١٢/١ أخذ عينة المياه

يجب أولا سحب المياه الجوفية بواسطة مضخة وتؤخذ العينة من المياه مباشرة من داخل حفرة الجسة . توضع العينة فوراً فى زجاجات نظيفة وجافة ومجهزة فى مكان أخذ العينات وتترك فقاعة صغيرة من الهواء بين سطح مياه العينة والسدادة وتعبأ عينة للمعمل سعة ٢ لتر وعينتين سعة ٠,٥٠ لتر كالآتى :

(أ) تؤخذ العينة الأولى فى عبوة زجاجية سعة ٢ لتر لقياس الأس الهيدروجينى والرائحة والإختبار بواسطة برمنجنات البوتاسيوم والعسر ومحتوى المغنسيوم والأمونيا والكبريتات والكلوريدات وإختبار الحامض بالميثيل البرتقالى .

(ب) يضاف ٥ جرام من بودرة الرخام إلى العبوة الثانية سعة ٠,٥ لتر قبل أخذ العينة وتستعمل فى قياس الجير المذاب بحامض الكربونيك .

(ج) يضاف ٣ جرام من خلات الزنك للعبوة الثانية سعة ٠,٥ لتر قبل أخذ العينة لتعيين الكبريتيد ويراعى الدقة التامة فى أخذ هذه العينة .

٣/٦/١٢/١ أخذ عينة الإختبار للتربة

توضع التربة فى عبوة مناسبة (زجاجة ذات فتحة واسعة أو برطمان) بسعة حوالى ٢ لتر ويجب ألا تكون العينة محتوية على فراغات كبيرة . ويتم غلق العبوة جيداً وتستعمل هذه العينة فى إجراء جميع الإختبارات الكيميائية وأيضاً لإجراء الإختبارات الطبيعية والميكانيكية .

٧/١٢/١ تحليل عينة المياه

١/٧/١٢/١ الأس الهيدروجينى

يستخدم الأس الهيدروجينى pH value فى قياس درجة الحامضية والقلوية للمياه وتنحصر قيمة الأس الهيدروجينى الذى يمثل حد الخطورة فى نطاق ضيق مما يستلزم الدقة المتناهية فى تحديد قيمته.

٢/٧/١٢/١ الرائحة

تنحصر أهمية رائحة odour المياه للإستدلال على ما تحتويه من غاز كبريتيد الهيدروجين ووجود الكبريتيد والمركبات العضوية. ويستدل على ذلك بالمقارنة بين رائحة المياه قبل وبعد إضافة حامض الهيدركلوريك إليها. وأهمية إضافة الحامض هو التعرف على رائحة كبريتيد الهيدروجين والمواد العضوية فى حالة وجود قلوية بالمياه.

٣/٧/١٢/١ إختزال برمنجنات البوتاسيوم

المقصود بإختزال برمنجنات البوتاسيوم reduction of potasium permangant هو إمكانية أكسدة المواد العضوية وغير العضوية فى المياه . ويجرى هذا الإختبار على عينة مرشحة من المياه وفى وسط قلوى لأكسدة الكبريتيد إلى كبريت لإمكانيـــة تحديد كميته بدقة لتفادى أى مشـــاكل بسبب تواجد أملاح الكبريتات . ويتبع ما يلى:

(أ) تغلى عينة المياه مع محلول برمنجنات البوتاسيوم ٠,٠١ عيارى فى وجود هيدروكسيد الصوديوم .

(ب) تعين كمية برمنجنات البوتاسيوم التى تم إختزالها بواسطة المعايرة .

٤/٧/١٢/١ العسر

المقصود بالعسر hardness هو العسر الكلى الناتج من وجود الكربونات وغير الكربونات . والعسر الكلى دلالة على كمية أملاح القلويات الأرضية المتكونة على هيئة بيكربونات . والعسر الناتج من المركبات الغير كربونات هى أملاح القلويات الأرضية الموجودة على هيئة كلوريدات أو كبريتات أو نيترات....الخ) . والأملاح المسئولة عن العسر هى أملاح الكالسيوم أو أملاح الكالسيوم والمغنسيوم مع أملاح الأسترنشيوم والباريوم (نادرة) . ويمكن تعيين العسر من أيون الكالسيوم أو المغنسيوم أو الباريوم أو السزيوم بتعيين العسر الكلى بالمعايرة فى وجود محلول مثبت الأس الهيدرجينى عند القيمة ١٠ ووجود محلول (EDTA) رباعى حامض الخليك الأثيلى لثنائى أمين ملح ثنائى الصوديوم فى وجود الكاشف (إ يريوكروم بلاك ت) . والعسر الناتج من وجود الكربونات يتعين بواسطة المعايرة مع ٠,١ محلول عيارى من حامض الهيدروكلوريك بإستعمال محلول الميثيل البرتقالى (كاشف) بنسبة ضئيلة . أما العسر الناتج من المواد غير الكربونات هو حاصل طرح الكربوناتية من العسر الكلى .

٥/٧/١٢/١ المغنسيوم (Mg^{++})

من الإختبار بالبند(٤/٧/١٢/١)الخاص بتعيين العسر الكلى وهو العسر الناتج من وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم معاً يجرى الإختبار بإستعمال كاشف آخر فى وسط قلوى (الأس الهيدروجينى ١٢,٥) والعسر الناتج من أيون المغنسيوم هو ناتج طرح العسر الناتج من الكالسيوم من العسر الكلى .

٦/٧/١٢/١ الأمونيوم (ن يد ٤$^{+}$)

تحتوى المخلفات الصناعية على نسبة عالية من الأمونيا قد تصل إلى أكثر من ١٠ مجم/ لتر وتتواجد بالمياه لسرعة ذوبانها فيه. وللكشف عليها يضاف محلول نسلر (كاشف) إلى عينة الماء فيعطى لون أصفر واللون البنى فى وجود الأمونيا. وتجرى مقارنة بين اللون المعطى من محلول نسلر إلى١٠٠ سم^{3} من العينة يحتوى على ١٠ مجم/ لتر أمونيوم ويراعى حتمية تعيين نسبة

الأمونيوم فى حالة زيادة كميتها عن ١٠ مجم/ لتر طبقاً للكشف السابق . وهذا لأن المركبات المتحدة عادة مع الأمونيوم لها تأثير ضار على الخرسانة فعادة تتحلل قبل إجراء الكشف عليها لذا يغلى عينة المياه المراد إختبارها ويبخر إلى نصف حجمه فتتطاير الأمونيا ذات المركبات غير الضارة ويتم تعيين الأمونيا الغير متطايره والتى لها التأثير الضار بالخرسانة .

ولمعرفة المركبات المتحدة بالأمونيوم يجرى إختبار تقطير للمحلول عالى القلوية للتعرف على نواتج التكسير من اليوريا ومركبات نيتروجينية عضوية أمينية والتى تعتبر ضارة بالخرسانة . ويجرى التقطير بإضافة حوالى ٥٠ جم من هيدروكسيد بوتاسيوم على المحلول الذى سبق تبخيره إلى نصف الكمية ويجمع المواد النيتروجينية (الأمونيا والأمينيات) الناتجة من التقطير بواسطة حامض الكبريتيك وتعين الأمونيا بواسطة تقدير كمية الحامض الغير متحدة بالأمونيا .

٧/٧/١٢/١ الكبريتات (كب أ ٤)

تعين الكبريتات (SO_3) sulphates بواسطة كلوريد الباريوم عن طريق التحليل الوزنى . ولا يستحب إستخدام الطرق الأخرى لسرعة تغيير محتوى الكبريتات فى المحاليل بكثرة.

٨/٧/١٢/١ الكلوريدات (كل¯)

تعين الكلوريدات (CL¯) chlorides بمعايرتها مع نترات الفضة على هيئة كلوريد الفضة بطرق التحليل الحجمى حيث يترسب كلوريد الفضة بواسطة محلول (٠,١)عيارى من نترات الفضة فى وجود ثانى كرومات البوتاسيوم (كاشف) وتحسب (كل¯) .

٩/٧/١٢/١ ثانى أكسيد الكربون (حامض الكربونيك)

يعين ثانى أكسيد الكربون carbon dioxide الذائب على هيئة حامض الكربونيك (carbonic acid) بواسطة طريقة "هير" التى تعين الكربونيك المختزل بواسطة الميثل البرتقالى (كاشف) ومعايرته بدقة بواسطة محلول (٠,١) عيارى من حامض الهيدروكلوريك فى١٠٠ سم٣ من الماء بدون معالجة وأيضاً على نفس الحجم من الماء المعالج بواسطة الرخام وتعين كمية ثانى أكسيد الكربون (بالمليجرام لكل لتر) وذلك بضرب حجم حامض الهيدروكلوريك المختزل فى ٢٢ لكل عينة.

٨/١٢/١ التحليل الكيميائى للتربة

١/٨/١٢/١ تجهيز عينة الإختبار للتربة

تؤخذ عينة الإختبار للتربة من عينة مفتتة ومجففة عند درجة حرارة ٢٠ م° ورطوبة(٦٠±١٠)% حتى يثبت الوزن ومسموح بتجفيف العينة بالتدرج حتى ١٠٥ م° (فى حالة إحتواء التربة على نسبة عالية من الرطوبة) وينخل جزء من العينة المجففة بالهواء فى مناخل بدون تنعيم لحبيبات العينة . يجرى الإختبار على الحامضية طبقاً للبند(٢/٨/١٢/١) (وإختبار تعيين الكبريتات طبقاً للبند (٣/٨/١٢/١)) والجزء الآخر من التربة المبرد هوائياً ينعم إلى نعومة أقل من ٠,٠٩مم ويتم بإختبارة تعيين نسبة المواد العضوية والكلوريدات والأس الهيدروجينى.

٢/٨/١٢/١ الأحماض العضوية

الحامضية العضوية هى دلالة عن كمية الهيدروجين المبدل، الناتج من المكونات الحيوانية للتربة. ويجرى الإختبار على ١٠٠ جرام من التربة بحجم حبيبى ٢ مم التى ترج لمدة ساعة مع ٢٠٠ ملى لمحلول١ عيارى خلات الصوديوم فيحل أيون الهيدروجين محل أيون الصوديوم مكوناً كمية مكافئة من حامض الخليك وتقدر الحموضة بكمية المليمتر من ٠,١ عيارى من الحامض المتكون خلال تفاعل ١٠٠جم من العينة مع محلول خلات الصوديوم.

٣/٨/١٢/١ الكبريتات (كب أ ٤)

تعالج عينة التربة خمسة مرات بواسطة حامض الهيدروكلوريك ١:١ وتجفف العينة عند ١١٠°م ثم تبلل بحامض الهيدروكلوريك المركز ويضاف بعد ذلك الماء المغلى . وتعين الكبريتات بواسطة كلوريد الباريوم على هيئة كبريتات الباريوم بطريقة الوزن للراسب تحسب على هيئة جرام كب أ ٤ لكل ١٠٠ جرام من التربة المجففة هوائياً .

٤/٨/١٢/١ الأس الهيدروجينى

يتماسك الأس الهيدروجينى لمخلوط الماء: التربة(٢,٥ : ١) (بعد ٢٤ ساعة من الخلط) بجهاز قياس الأس الهيدروجينى .

٥/٨/١٢/١ الكلوريدات (كل¯)

تعين نسبة الكلوريدات على هيئة (كل¯) بالتحليل الوزنى لرشيح مائى لوزنة معلومة من التربة طبقاً للبند (٨/٧/١٢/١) .

٦/٨/١٢/١ المواد العضوية

يضاف محلول عيارى من ثنائي كرومات البوتاسيوم على وزنة معلومة من التربة فتتأكسد المواد العضوية organic matter ، وتحسب ثنائى كرومات البوتاسيوم غير المتحدة بواسطة محلول ٠,٥ عيارى كبريتات الحديدوز وتقدر نسبة المواد لعضوية لأقرب ٠,١% .

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

١/١٣/١ مقدمة

يعتبر إعداد تقرير دراسة التربة والأساسات من الأعمال التحضيرية الأساسية فى مجال البناء والتشييد من حيث إعطاء البيانات والتوصيات اللازمة للتصميم الهندسى بهدف ضمان السلوك الآمن للمنشآت من خلال تحقيق إتزان وإستقرار أساساتها فى الأعماق الضحلة أو العميقة عن سطح الأرض متوافقة فى ذلك مع ظروف التربة الاستاتيكية والديناميكية .

ولتحقيق هذا الهدف لابد أن يكون المهندس المعد لتقرير دراسة التربة والأساسات واعياً لخصائص التربة من زاوية تأثيرها على تصميم أساسات المنشأ حسب نوع هذا المنشأ والغرض من إنشائه ، وإستخداماته والسماح المناسب لحركته ولسلوكه العام والاقتصاديات المتضمنة فى عملية الانشاء . كما يجب على المهندس عند إصدار تقرير دراسة التربة أن يكون متفهماً للعلاقة بين سلوك التربة والأساس والمنشأ كوحدة متصلة متكاملة .

وبديهى أن دقة الإستكشاف لخصائص التربة وشموليته ، وبالتالى جودة مستوى التقييم لتلك الخصائص يعتمد على أهمية المنشأ وعلى المعلومات السابقة عن المنطقة من حيث جيولوجيتها والظروف البيئية المحيطة بها والبيانات الهندسية عن الأعمال السابقة فى نطاقها وما ربما قد أحاط بها من صعوبات أو مشاكل . ولابد للمهندس أن يحرص على الحصول على القدر المناسب من المعلومات عن المنشأ والتربة لإعطاء القدر المناسب أيضاً من التوصيات بما يضمن أمان المنشأ أثناء وبعد إنشائه طوال الفترة التقديرية لعمره الإفتراضى .

٥/٨/١٢/١ الكلوريدات (كل¯)

تعين نسبة الكلوريدات على هيئة (كل¯) بالتحليل الوزنى لرشيح مائى لوزنة معلومة من التربة طبقاً للبند (٨/٧/١٢/١) .

٦/٨/١٢/١ المواد العضوية

يضاف محلول عيارى من ثنائي كرومات البوتاسيوم على وزنة معلومة من التربة فتتأكسد المواد العضوية organic matter ، وتحسب ثنائى كرومات البوتاسيوم غير المتحدة بواسطة محلول ٠,٥ عيارى كبريتات الحديدوز وتقدر نسبة المواد لعضوية لأقرب ٠,١% .

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

١/١٣/١ مقدمة

يعتبر إعداد تقرير دراسة التربة والأساسات من الأعمال التحضيرية الأساسية فى مجال البناء والتشييد من حيث إعطاء البيانات والتوصيات اللازمة للتصميم الهندسى بهدف ضمان السلوك الآمن للمنشآت من خلال تحقيق إتزان وإستقرار أساساتها فى الأعماق الضحلة أو العميقة عن سطح الأرض متوافقة فى ذلك مع ظروف التربة الاستاتيكية والديناميكية .

ولتحقيق هذا الهدف لابد أن يكون المهندس المعد لتقرير دراسة التربة والأساسات واعياً لخصائص التربة من زاوية تأثيرها على تصميم أساسات المنشأ حسب نوع هذا المنشأ والغرض من إنشائه ، وإستخداماته والسماح المناسب لحركته ولسلوكه العام والاقتصاديات المتضمنة فى عملية الانشاء . كما يجب على المهندس عند إصدار تقرير دراسة التربة أن يكون متفهماً للعلاقة بين سلوك التربة والأساس والمنشأ كوحدة متصلة متكاملة .

وبديهى أن دقة الإستكشاف لخصائص التربة وشموليته ، وبالتالى جودة مستوى التقييم لتلك الخصائص يعتمد على أهمية المنشأ وعلى المعلومات السابقة عن المنطقة من حيث جيولوجيتها والظروف البيئية المحيطة بها والبيانات الهندسية عن الأعمال السابقة فى نطاقها وما ربما قد أحاط بها من صعوبات أو مشاكل . ولابد للمهندس أن يحرص على الحصول على القدر المناسب من المعلومات عن المنشأ والتربة لإعطاء القدر المناسب أيضاً من التوصيات بما يضمن أمان المنشأ أثناء وبعد إنشائه طوال الفترة التقديرية لعمره الإفتراضى .

ويتضـــمن هـــذا المـــلحق الإشتراطات اللازم إستيفائها لكى يفى تقرير دراسة التربة والأساسات بالغرض الذى يعد من أجله .

٢/١٣/١ الأقسام الرئيسية لتقرير التربة والاساسات

يجب أن يتضمن التقرير الأقسام الرئيسية الآتية :

١/٢/١٣/١ القسم الإدارى

يجب أن يستوفى هذا القسم فى استهلال التقرير ، ويتضمن تعريف بالجهة الطالبة للتقرير والجهة المالكـــة ويجـــوز – فى ملحقات التقرير – إضافة بيانات خطاب التكليف أو بيانات العقد الخاص بالقيام بأعمال إستكشاف ودراسة التربة وإعداد التوصيات للأعمال اسفل سطح الأرض .

كمـــا يمكن أن يتضمن هذا القسم التعريف بالاستشارى العام للمشروع والمقاول ومقاولى الباطن الذين سيكلفون بتنفيذ الأعمال المتصلة بإستكشاف الموقع ، والتاريخ المتوقع لبدء التنفيذ إذا كانت هذه المعلومات متاحة ولها صلة بالجوانب الفنية الجيوتقنية للمشروع .

٢/٢/١٣/١ القسم التمهيدى

يتضـــمن هذا القسم الغرض من التقرير ومجاله وأهدافه وحدود صلاحيته . ويجب توضيح ما إذا كـــان الـــتقرير سيتناول أعمال إستكشاف أولية أو أعمال إستكشاف تفصيلية للموقع . يجب كذلك توضـــيح ما إذا كان التقرير منصبا لعرض خصائص التربة – من خلال التوصيف وتحليل نتائج الإختـــبارات الحقـــلية والمعـــملية (تقريـــر حقائق) – أم سيتضمن التقرير أيضاً التوصية بنوع الأساســـات المناســـبة لوحـــدات المشروع والملاحظات الخاصة بالتنفيذ لمنشآت يراد إنشاؤها أو لمنشآت قائمة بالفعل ويراد إستكمالها أو تقييم حالتها بالنسبة لدرجة أمان أساساتها أو أمانها بصفة عامة.

ويتضمن هذا القسم أيضا وصفاً للمشروع والمنشآت مبيناً ذلك فى مخطط أو خريطة للموقع . كما يتضـــمن بيان بمساحة كل منشأ وعدد طوابقه ، أو ارتفاعه ، ومسافة إمتداده أسفل سطح الأرض فى بدرومـــات أو خلافـــه ونظامه الإنشائى . ويجب أيضاً التنويه على أهمية المنشآت موضوع التقرير من خلال وصف مجمل عن إستخداماتها .

يفضـــل أيضاً أن يتضمن هذا القسم التنويه عن الاطلاع على أى مستندات هندسية عن المشروع ومنها اللوحات المعمارية والإنشائية .

١/١٣/٢/٣ القسم الفنى العام

يتضمن هذا القسم معلومات عامة فنية تغطى ما يمكن من الجوانب الآتية :

(أ) جغرافية وتاريخ الموقع .

(ب) طبيعة المنشآت المجاورة

(ج) وجود المنشآت ذات الانعكاسات البيئية المؤثرة .

(د) هيدرولوجية الموقع والتوقعات بالنسبة لاحتمال تغيرها .

(هـ) جيولوجية الموقع والسمات التركيبية المؤثرة على حركة واتزان التربة مثل الفوالق ومخرات السيول إن وجدت .

(و) الحالـــة الديناميكية للموقع وإحتمالات تعرضه للاهتزازات ، نتيجة تفجيرات قريبة أو حركة نقل ثقيلة أو قريبة من معدات عاليه الاهتزازات أو نشاط زلزالى – الخ .

(ز) وجـــود الموقـــع أو أجـــزاء منه فى مناطق عدم اتزان ، مثل السفوح والشواطىء المعرضة للنحر – الخ

(ح) المعلومات المتاحة من الصور الأرضية أو الجوية .

(ط) المعلومات المتاحة من الحفر القديمة بالموقع أو بالقرب منه .

(ل) المعلومات المتاحة من الآبار بالموقع أو بالقرب منه .

(م) المعلومات المتاحة من الخبرات بالمشروعات الهندسية السابقة بالموقع او بالمناطق المحيطة.

(ى) المعلومات المساحية عن الموقع .

ويمكن أن تتضمن مرفقات التقرير المستندات التى تؤيد البنود والمعلومات المذكورة أعلاه ، واذا لم يمكن ذلك يشار إلى مصادر تلك المعلومات .

٤/١٣/٢/١ القسم الفنى الجيوتقنى

يحتوى التقرير فى هذا القسم على الآتى :

(أ) وصف الأعمال الحقلية :

يـــتم وصـــف اســـلوب تـــنفيذ الإستكشاف ، ويذكر نوع الجس ومواصفات الماكينات والمعدات المســـتخدمة وطريقة الحفر وأخذ العينات وأعماق الجسات . وبالنسبة إلى الحفر الإختبارية يذكر

طـــريقة التنفيذ وأسلوب سند الجوانب وخفض المياه الجوفية – إذا لزم – وطريقة أخذ العينات . ويجـــب ذكر تاريخ بدء وانتهاء كل عمل من الأعمال الحقلية . ويمكن إرفاق صورة من محضر استلام الموقع ومحاضر تسليم الجسات والاعمال الحقلية الأخرى .

واذا إشـــتملت الاعمـــال الحقـــلية إجراء تجارب سواء كان ذلك داخل الجسات – مثل اختبارات الاختراق القياسى بإستخدام الملعقة أو المخروط أو تجارب المروحة – إلخ – أو التحميل – إلخ ، تذكر هذه التجارب ويشار الى مواصفاتها .

ويشـــار فى قطـــاع الجسة – أو فى صفحة تسجيل نتائج الإختبارات – إلى مناسيب الأرض التى أجريت عندها الجسات و الإختبارات الحقلية الأخرى- منسوباً إلى روبير محدد إن وجد .

ويجب أيضاً ذكر اسم مقاول الجسات والقائم بتنفيذ الاختبارات الحالية والمشرف عليها .

وبالنسبة إلى المياه الجوفية (أو الأرضية) يسجل المنسوب الذى بدأت الظهور عنده والمنسوب بعـــد ٢٤ ساعة على الأقل من الإنتهاء من الجسة أو حفرة الاختبار . كما يمكن فى الحالات التى يطـــلب فيها ذلك تسجيل المعدل الزمنى لإرتفاع أو إنخفاض منسوب المياه الجوفية فى مراحل معينة من الجس .

وفى حالـــة تـــنفيذ بيزومترات لرصد حركه المياه الجوفية يرفق بالتقرير رسم تفصيلى للبيزومتر ومواصفاته ومنسوبه بالإضافة التى نتائج الرصد .

اذا لوحـــظ فى الموقع أثناء تنفيذ أعمال الإستكشاف حدوث أى ظواهر يمكن أن تؤثر على نتائج الإستكشـــاف فـــتذكر تفاصيلها ، مثال ذلك الأمطار الغزيرة والزلازل والإنهيارات الأرضية وفى حالة فشل إنجاز أى من الأعمال يشار إلى ذلك وتذكر الأسباب .

(ب) وصف طبيعة التربة :

يـــتم وصـــف التربة فى بنود كافية وذلك بعد استعراض نتائج التقارير الحقلية عن أعمال الجس والحفـــر والاختـــبارات الحقـــلية واستعراض تتابع طبقات التربة فى الجسات والحفر ويجب أن يتضـــمن التقرير على الاقل ملحقاً بقطاعات الجسات او حفر الاختبار موضحاً عليه بيانات الجس الســـابق ذكرها بالبند (أ) أعلاه . كما يجب أن تتضمن هذه القطاعات كحد أدنى مقياساً للعمق من ســـطح الجس أو الحفر بمقياس رسم مناسب ، وقطاعاً ويوضح طبقات الأرض ، وعمق نهايات هـــذه الطـــبقات ، وتصـــنيفاً جيوتقنيا لكل طبقة ، ونتائج اختبارات الاختراق القياسى أو الضغط

المحـــورى ، وكذلك نسبة الإستخلاص ومعامل جودة الصخر فى حالة الجس فى التربة الصخرية او الحجرية .

ويفضل فى حالة تنفيذ جسات متعددة بالموقع رسم قطاعى طولى – أو قطاعات طولية – لتكوين التربة ، وينوه أن هذا القطاع إسترشادى (نظراً لاحتمالات تغير التربة فى المسافات بين الجسات تغيراً عشوائياً) .

ويجـــب أن تتضمن بنود وصف طبيعة التربة بنداً عن المياه الجوفية والقياسات الخاصة بمناسيبها ويمكـــن ان يصـــاحب الأشكال التى تبين طبيعة التربة (القطاعات) صور فوتوغرافية للعينات المســـتخرجة ولجـــدار الحفر فى الجسات أو حفر الاختبار ، وصور توضح طبوغرافية الأرض والمياه السطحية إذا وجدت .

(ج) الإختبارات الحقلية :

فى حالـــة إجـــراء إختـــبارات حقلية يجب أن يتضمن التقرير ملحقاً بنتائج هذه التجارب ويجب التـــنويه عـــلى أن هـــذه الـــتجارب أجريت حسب البنود الواردة بالكود المصرى ليمكانيكا التربة وتصـــميم وتنفيذ الأساسات (يذكر البند) شاملاً ذلك طرق إجراء التجارب والحسابات وتسجيل النـــتائج وكافـــة المواصـــفات المنصـــوص عـــليها . ويجب أن تخصص بنود لتحليل نتائج هذه الإختبارات وإيضاح الإستنتاجات منها بحيث تترابط هذه الإستنتاجات مع التوصيات المقترحة بما يجب اتباعه فى التصميم والتنفيذ كما سيرد فى التقرير فيما بعد .

ويجـــب فى حالـــة تـــنفيذ الجسات فى طبقات التربة الرملية إجراء تجارب الاختراق القياسى فى الجسات وتسجيل نتائجها وتحليلها والتعليق عليها .

(د) الإختبارات المعملية :

يجـــب إجـــراء الإختـــبارات المعملية اللازمة لتصنيف التربة وذلك باتباع البنود الواردة بالجزء الـــثانى مـــن الكـــود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات شاملاً ذلك طرق اجراء الإختبارات والحسابات وتسجيل النتائج وكافة المواصفات المنصوص عليها .

وبالنســـبة للأعمـــال التى تتطلب من التوصيات الأخذ فى الإعتبار الصفات الميكانيكية للتربة مثل الـــنفاذية أو مقاومـــة القـــص أو الهـــبوط أو مذاقة الانهيار أو مواصفات الدمك أو نسبة تحميل كاليفورنيـــا.. إلـــخ ، أو الصـــفات الميكانيكية للصخور مثل مقاومة الضغط المحورى أو مقاومة القـــص أو معاملات المرونة او الزحف او الشد او القابلية للتفكك – إلخ – يجب اجراء التجارب

اللازمة بحيث تكون التوصيات الواردة بالتقرير نابعة من حساب جيوتقنى متعارف عليه حسب ما هو وارد بالأجزاء التسعة من الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات .
ويجـــب أن تخصص بنود فىهذا القسم من التقرير لتحليل النتائج وإيضاح الإستنتاجات منها . كما يجـــب أن يخصص بند فى هذا القسم من التقرير لبيان نتائج التحليل الكيميائى للمياه الجوفيه (أو الأرضـــية) و /أو التربة ، و/ أو المستخلص المائى للتربة وتأثيرها على مواد الانشاء وخاصة الخرسانات المسلحة فى ضوء ما وارد بهذا الجزء الاول من الكود .

٥/٢/١٣/١ القسم الاستشارى

فى حالـــة أن يكـــون الغـــرض من التقرير إعطاء التوصيات اللازمة للتصميم الهندسى يجب أن تخصص بنود لذلك فى هذا القسم تتضمن نوع الأساسات للمنشآت المختلفة للمشروع (التى أجرى إستكشاف التربة كمستلزم لإنشائها) التى تناسب طبيعة المنشآت والتربة والمناسيب الملائمة لهذه الأساسات .
وإذا كـــان الغـــرض من التقرير اعطاء التوصيات لمنشآت قائمة بالفعل ومراد إستكمالها أو تقييم حالـــتها يجب أن تتضمن التوصيات التأكيد على أن نوع الاساسات المنفذة وعمق التأسيس يناسب طـــبيعة التربة والمنشأ والظروف البيئة التى يتعرض – او التى سوف يتعرض – لها مستقبلاً من عدمه ، ثم يلى ذلك التوصية بما يتبع حسب الغرض المطلوب ،
ويتضمن أيضاً القسم الاستشارى من التقرير التوصيات بإجراءات خاصة أثناء التنفيذ منها طريقة خفض المياه الجوفية وطريقة ومواصفات دمك التربة الطبيعية فى منسوب التأسيس أو دمك تربة إحـــلال أســـفل الأساسات ومراقبة مبانى الجار وتأمين سلامتها أثناء وبعد التأسيس وكافة البنود اللازمـــة لإنجـــاز الأعمال تحت سطح الأرض بأمان كامل لتحقيق أمان المنشآت الكامل أيضاً .
ويجب الأخذ فى الاعتبار إحتمال وصول منسوب المياه الأرضية إلى منسوب التأسيس على الأقل خاصة فى المناطق العمرانية الجديدة نتيجة للعوامل البيئية أو الطبيعية وتأثير ذلك على الأساسات والمنشأ .

٣/١٣/١ اشتراطات عامة

يجب أن يستوفى تقرير دراسة التربة والأساسات الاشتراطات العامة الآتية :
(أ) يجب أن يكتب التقرير بلغة سليمة يراعى فيها الالتزام بالمصطلحات والرموز المتعارف عليها والمنصوص عليها بالكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات .

(ب) يجب أن يراعى فى كافة الرسومات والمخطوطات بالتقرير اصول وقواعد الرسم الهندسى وطرق الايضاح السليمة .

(ج) يراعى رسم قطاعات الجسات بحيث يتم اظهار طبقات التربة بالمصطلحات الواردة بالجزء الاول من الكود .

(د) يجب أن يوضح كاتب التقرير إسمه وإسم المنشأة الهندسية أو التجارية التى ينتمى إليها وأسماء من شاركوا فى إعداد التقرير ، وتاريخ كتابة التقرير .