الفصل التاسع

الأساسات

تلعب العوامل والظروف الجيولوجية بالمناطق المختلفة دوراً هاماً في تخطيط وتحديد مواصفات أساسات المباني والمنشآت الهامة، وبصفة عامة توجد ثلاث حالات لطبيعة الأرض في مواقع المنشآت الهندسية وهي:

أولاً: أن تكون الصخور المكشوفة على سطح الأرض أو بالقرب من السطح صخوراً صلبة صماء خالية من الفواصل والفوالق، وفي هذه الحالة توضع أساسات المباني مباشرة على الصخور الصلبة. وتمثل هذه الحالة أفضل الظروف الجيولوجية لإقامة أساسات المباني والمنشآت الهندسية: ومن ضمن الأمثلة لذلك مدينة أسوان التي توضع أساسات كثير من مبانيها مباشرة فوق صخور جرانيتية، وكذلك أساسات مدينة الأقصر المقامة فوق صخور الحجر الجيري الكتلية المكونة لهضبة الأقصر.

ثانيا: أن يكون سطح الأرض مغطى برواسب فتاتية أو صخوراً مفككة قليلة العمق، يوجد بعدها مباشرة الصخور الصلبة الصماء، وفي هذه الحالة يفضل اقتصادياً اختراق الرواسب المفككة وإقامة الأساسات على الصخور الصلبة. وتمثل هذه الحالة بعض مناطق مدينة نصر ومناطق الهرم حيث تقام أساسات المباني فوق طبقات التربة الرملية، ويختلف سمك الصخور المفككة، والتي يوجد تحتها الصخور المتماسكة أو الصلبة، من منطقة إلى أخرى.

ثالثاً: أن يوجد على سطح الأرض تربة، تتكون عادة من مواد طينية ورملية ناتجة من ترسيب مواد حملتها الرياح أو الأنهار والقنوات المائية من مناطق بعيدة، وتوجد الصخور الصلبة على أعماق كبيرة لدرجة أنه لا يمكن استخدامها لإقامة الأساسات عليها، وفي هذه الحالة توضع أساسات المباني والمنشآت الهندسية فوق التربة الضعيفة التي تكون الطبقات السطحية للأرض. ويمثل هذه الحالة كثير من مناطق مدينة القاهرة المبنية على طمي النيل. ويوضح جدول (٣٠) الظروف الجيولوجية المختلفة للأساسات.

جدول (٣٠) الظروف الجيولوجية للأساسات

جيولوجية الأساسات	بعض الأمثلة
(١) تربة	حصى ورمل- رمل طيني- طمي- طين رملي - طين
(٢) رواسب أو صخور مفككة	خليط من الحصى والرمل والطين والفتات الصخرى بنسب مختلفة
(٣) صخور صلبة متماسكة	صخور رملية- رملية جيرية- جيرية رملية- جيرية- جرانيت- بازلت

التقسيم الهندسى

للصخور الصلبة أو المتماسكة بغرض إنشاء الأساسات

إن الأهمية الجيولوجية لأساسات المبانى والمنشآت هو تحديد صلابة الصخر، ومعرفة نوع وتراكيب الصخور تحت السطحية، مع مراعاة العوامل التى يمكن أن تنشأ من تأثير الزلازل وذلك فى حالة المبانى العالية والضخمة والمنشآت الهندسية الحيوية كالسدود والخزانات. ومن الناحية الهندسية تقدر صلابة الصخر بخاصيتين أساسيتين هما القوة الضغطية للصخر ومقاومته لعوامل الاحتكاك والبرى، أو القوة الضغطية والنسبة المئوية للمعادن المكونة للصخر والتى تزيد صلابتها عن ٥,٥ طبقاً لمقياس موهز للصلابة. وعلى أساس صلابة المعادن المكونة للصخر قسم كرفان الصخور من الناحية الهندسية إلى خمسة أنواع هى صخور لينة جدا، ولينة ومتوسطة الصلابة، وصلبة، وعالية الصلابة، كما يتضح من جدول (٣١).

(جدول ٣١) تصنيف الصخور من الناحية الهندسية

القوة الضغطية للصخر كج/سم٢	النسبة المئوية للمعادن التى صلابتها أكبر من ٥.٥			
	صفر–٢٥٪	٢٥٪–٥٠٪	٥٠٪–٧٥٪	٧٥٪–١٠٠٪
أقل من ٦٠ كج،سم٢	لين جدًا		لين	
٦٠٠ – ١٠٠٠	لين			متوسط الصلابة
١٠٠٠ – ١٤٠٠	لين		متوسط الصلابة	
١٤٠٠ – ١٨٠٠	متوسط الصلابة			صلب
١٨٠٠ – ٢٠٠٠	متوسط الصلابة		صلب	
أكثر من ٢٠٠٠ كجم/سم٢	متوسط الصلابة	صلب	عالى الصلابة	

ويوضح جدول (٣٢) بعض الأمثلة لصخور عالية الصلابة مثل البازلت الذى يحتوى على نسبة عالية من معدن الأوليفين، وصخور صلبة مثل الجرانيت، وصخور متوسطة الصلابة أو لينة مثل الدولوميت والحجر الجيرى.

(جدول ٣٢) صلابة الصخور الشائعة

نوع الصخر	صلابته	تركيبه المعدنى	صلابة المعادن
أوليفن بازلت (نارى بركانى) القوة الضغطية = ٢٦٠٠ كج/سم٢	عالى الصلابة	أوجيت =٣٠٪ بلاجيوكليز = ٢٥٪ فلسبار أوليفين = ٢٠٪ زجاج = ٢٥٪	٥,٥ ٦ ٦,٥ ٥,٥
جرانيت (نارى جوفى) القوة الضغطية = ١٦٧٠ كج/سم٢	صلب	أرثوكليزفلسبار = ٥٥ كوارتز = ٣٥٪ ميكا =١٠٪	٦ ٧ ٣
حجر جيرى (رسوبى) القوة الضغطية = ٧١٠ كج/ سم٢	لين	كلسيت = ٧٥٪ كوارتز = ٢٥٪	٣ ٧

ومن الصخور الصلبة الأخرى نذكر على سبيل المثال الديوريت، والكوارتز بورفيرى، والبورفيريت، والدوليريت، والصخر الرملى السيليسى، والكوارتزيت. وتشمل الصخور اللينة الطباشير، والطين الصفحى، والصخور الجيرية الصلصالية، والجيرية الرملية، والفحم.

ويجب ملاحظة أنه عند اختبار القوة الضغطية للصخر، أن يكون اتجاه الضغط فى نفس اتجاه ثقل المنشأ الهندسى، وذلك لأنه يوجد فرق كبير فى درجة تحمل الصخور الرسوبية للضغوط بموازاة التطابق عنه فى الاتجاه العمودى على مستوى التطابق.

اختبارات الأساسات فى الصخور الصلبة

إن الظروف الجيولوجية للأساسات فى الصخور الصلبة أو المتماسكة تختلف عن جيولوجية الأساسات فى التربة والصخور المفككة. وفى هذه الحالة يجب دراسة الصخر من النواحى الآتية:

١ – تحديد ما إذا كان الصخر المكشوف على سطح الأرض هو كتلة مستقلة تحيط بها من جميع الجهات صخور أخرى متجانسة، أو أن الصخر المكشوف يمثل الصخور الصلبة الأصلية التى تمتد لعمق كبير تحت الأرض.

٢- معرفة مدى تأثر الصخر بعوامل التجوبة الطبيعة والكيميائية.

٣- تحديد نوع الفواصل والتراكيب الأخرى التى قد توجد بالصخر ومعرفة اتجاهات هذه التراكيب وأبعادها.

٤- دراسة مستوى المياه الأرضية والعوامل المؤثرة عليه، وخاصة فى حالة السدود والخزانات.

ويوضح جدول (٣٣) الضغوط المسموح للصخور المختلفة بتحملها فى حدود الأمان.

(جدول ٣٣) حدود الأمان فى الصخور المختلفة

نوع الصخر	الضغوط كج/سم^{٢}
جرانيت-ديوريت- جرانيت بورفيرى-- بورفيريت- جابرو- دوليريت، بازلت	٤٠ - ٣٠ -- كج/سم^{٢}
صخور رملية- صخور جيرية- نيس ميكاشيست	٣٠ - ٢٠كج/سم^{٢}
صخور رملية طينية - صخور جيرية طينية	٣٠ - ١٠كج/سم^{٢}
صخور جيرية طينية (مارل)- طين صفحى- اردواز- صخور متحللة بعوامل التجوية الكيميائية-	١٠ - كج/سم^{٢}

إنشاء الأساسات فى التربة والصخور المفككة

يتوقف استقرار (ثبات) التربة أو الرواسب المفككة التى تقام عليها أساسات المبانى والمنشآت على مقدار ما تحتويه من الماء فى مسامها، وكذلك على عوامل أخرى مثل نوع وشكل الحبيبات. وطريقة ترتيبها، وطبيعة قوى الترابط بينهما، ومعامل الاحتكاك الداخلى بين حبيبات التربة، والخواص الطبيعية والكيميائية للماء الذى تحتويه التربة مثل مقدار الملوحة ونوع الأملاح المذابة. وفى معظم الأحيان، يعتمد استقرار تربة الأساسات بصفة خاصة على نوع معادن الطين (الصلصال) وأهمها الكاولينيت والمونتموريلينيت والأليت.

وبوجه عام فإن التربة والصخور المفككة تكون درجة امتصاصها للماء أكبر بكثير من الصخور الصلبة أو المتماسكة. ويلاحظ أنه فى حالة التربة تعتمد درجة امتصاص الماء على وجود أنواع معينة من معادن الطين. وفى حالة المعادن المختلفة المكونة للطين والتى لحبيباتها نفس الحجم تقريباً فإن خاصية امتصاص الماء تزداد تبعاً لدرجة تبلور معادن الطين كما يتضح من جدول (٣٤).

وجدير بالذكر أنه إذا كان امتصاص معادن الطين للماء يرجع إلى عوامل أخرى غير شغل الفراغات المسامية فى الطين فإن حبيبات معادن الطين تنتفخ بدرجات متفاوتة، ويعزى انتفاخ التربة وزيادة حجمها لأسباب عديدة نذكر منها على سبيل المثال ما يأتى :

(جدول ٣٤) درجة امتصاص معادن الطين للماء

المعدن	درجة التبلور	امتصاص الماء
اليت	جيد التبلور	زيادة امتصاص الماء ↑
كاولينيت		
كاولينيت	ضعيف التبلور	
اليت		
مونتموريلينيت		

١- إزالة الضغوط القاصة الناتجة عن زيادة حجم الغلاف المائى الذى يحيط بمعادن الطين عن طريق الخاصية الشعرية (Capillary action) .

٢- تخلل أو تسرب الماء بين طبقات السيليكا فى التركيب البللورى الداخلى لمعادن الطين التى من مجموعة المونتموريلينيت مثل المونتموريلنيت والبنتونيت الصابونيت والبيديليت.

٣- إعادة التركيب أو الترتيب الدقيق لمعادن الطين والتى لم تصل بعد إلى حالة التوازن الميكانيكى تحت ظروف معينة من الضغط والحرارة، وذلك بمجرد انخفاض الضغط وتسرب الماء بين طبقات السيليكا فى التركيب البللورى للمعادن الطينية. ويلاحظ أن ظاهرة انتفاخ الطين الصفحى فى حالة مناجم الفحم تعزى أساساً لهذا السبب.

اختبارات الأساسات فى التربة والصخور المفككة

فى حالة إنشاء المبانى وإقامة المشروعات الهندسية الهامة كالأنفاق والسدود والخزانات، تتخذ عادة قيم أتربرج لحدود الاستقرار كمقياس أو دليل على ثبات التربة والصخور المفككة التى تنشأ عليها الأساسات. وتعتمد حدود أتربرج لدرجة كبيرة على الظروف الجيولوجية وطبيعية الأرض فى حالتى التربة والرواسب المفككة.

ومن الاختبارات الهامة التى يجب إجراؤها، للمواد السطحية وتحت السطحية، لتقدير متانة التربة والصخور المفككة ومدى صلاحيتها للأساسات نذكر على سبيل المثال الاختبارات الآتية:

أولاً – حدود الاستقرار لا تربرج.

ثانيًا – خواص التجفيف.

ثالثًا – الانضغاط.

رابعًا – القوة القاصة.

خامسًا – المسامية والنفاذية.

سادسًا – مدى التقوس الثلجى.

سابعًا – الكثافة الكلية للصخر المفكك.

ثامنًا – مستوى المياه الأرضية والعوامل المؤثرة عليه.

ويستطيع المهندس بسهولة تحديد نوعية الاختبارات التى يجب إجراؤها على التربة والصخور المفككة التى تنشأ عليها الأساسات والتى تعتمد بطبيعة الحال على نوع وحجم وأهمية المنشأة الهندسية، مع ملاحظة أنه فى حالة عدم ظهور الصخور الصلبة المتماسكة على سطح الأرض أو على عمق مناسب من السطح فى موقع المنشآت الحيوية كالسدود والخزانات والأنفاق فإنه يجب عمل مجسات بالحفر الميكانيكى فى جميع أنحاء الموقع لتحديد العمق الذى توجد عنده الصخور الصلبة، كما تجرى فى نفس الوقت دراسة لمنسوب المياه الأرضية بالمنطقة وذلك بالإضافة إلى إجراء دراسات تفصيلية للتراكيب الجيولوجية كالطيات والفوالق. ومن البديهى، أنه ليس من السهولة تحديد الأعماق المناسبة لعمل الجسات لأن ذلك يتوقف على الظروف الجيولوجية للموقع ونوع الصخور وتراكيبها وضخامة المنشآت المراد إقامتها وأحيانًا يصل هذا العمق لعدة مئات من الأقدام.

وفيما يلى موجز عن بعض الاختبارات.

١ - حدود الاستقرار لا تربرج Atterberg Consistency Limits

وتشمل حد السيولة وحد اللدونة ومعامل أو عدد اللدونة وعلى أساسها تنقسم التربة إلى عدة أنواع موضحة بجدول (٣٥).

جدول (٣٥) أنواع تربة الأساسات تبعًا لمعامل اللدونة

معامل اللدونة	نوع تربة أو رواسب الأساسات	بعض الأمثلة
١- ٥ فى المائة	قوية جدا Very Lean	رمال خشنة من الكوارتز فقط أو من الكوارتزو نسبة ضئيلة من المواد الأخرى
٥-١٥ فى المائة	قوية Lean	رمل جيرى- جير رملى
١٥-٢٥ فى المائة	متوسطة Medium Fat	مواد جيرية أو دولوميتية أو طفلة
٢٥-٤٠ فى المائة	ضعيفة Fat	تربة من الأليت والكاولينيت
أكثر من ٤٠٪	ضعيفة جدا Very Fat	تربة من المونتموريلينت

ويتضح من جدول (٣٥) أن معظم المشاكل الهندسية المتعلقة بأساسات المبانى والمنشآت ترجع فى الغالب إلى زيادة نسبة معادن الطين فى التربة أو الصخور المفككة، وخاصة معادن مجموعة المونتموريلينيت والتى يتراوح معامل لدونتها من ٢٠٠ إلى ٥٨٠. وبصفة عامة يستطيع المهندس أن يختار مواقع الأساسات التى تتكون من الزلط والرمل الخشن باطمئنان، والأرض التى بها رمال متوسطة باحتراس، بينما الأرض التى تتكون من الرمل الناعم أو الناعم جدا والطمى والطين فإنها قد تكون خطيرة ويجب على المهندس معاملتها بحذر شديد واتخاذ الاحتياطات اللازمة قبل إقامة أساسات المبانى والمنشآت عليها وذلك بتقوية التربة لتثبتها واختيار النوع الملائم من الأساسات.

٢ - خواص التجفيف Drying

إن جفاف التربة بالعوامل الجوية يؤدى إلى نقص كبير فى حد اللدونة وذلك عند امتصاص التربة للماء مرة ثانية. ومن العوامل التى تؤثر على اللدونة تأكسد المواد العضوية وطرد الماء من أيدروكسيدات الحديد والألمونيوم، والتماسك الجزئى بين الحبيبات بواسطة المواد اللاحمة. ويلاحظ أن التشققات الطينية الناتجة عن انكماش التربة بعوامل الجفاف ينشأ عنها تقارب بين حبيبات معادن الطين فى التربة وينتج عن ذلك أن تزداد قوة التجاذب بين الحبيبات مما يساعد على انخفاض درجة امتصاص المعادن الطينية للماء لدرجة كبيرة.

٣ - الانضغاط Compressibility

تعتمد خاصية انضغاط التربة والصخور المفككة على نسبة ونوع معادن الطين والمواد الأخرى، وشكل وحجم الحبيبات وكيفية ترتيبها.. ويلاحظ أنه فى حالة الاختبارات التى تجرى على العينة وتكون فيها العينة محاطة من جوانبها بمواد أخرى، فإن الانضغاط ينشأ نتيجة لطرد الماء الموجود فى المسافات البينية بين الحبيبات وبالتالى نقص حجم الفراغات المسامية ويكون الانضغاط سريعًا فى حالة المواد الخشنة والمنفذة للماء مثل الحصى والرمال، بينما يكون بطيئا جدا فى حالة المواد التى تحتوى على نسبة كبيرة من معادن الطين وخاصة معادن مجموعة المونتموريلنيت. ويلاحظ أيضًا أن وجود كمية ضئيلة من معادن الطين وخاصة المونتموريلينيت فى الرمال يساعد لدرجة كبيرة على زيادة خاصية الانضغاط.

٤ - القوة القاصة Shearing strength

هى أكبر ضغط قاص يمكن أن تتحمله المادة تحت ظروف معينة، فإذا ازدادت الضغوط عن هذا المقدار فإن المادة تتكسر وتتهشم. وفى حالة التربة والصخور المفككة تعتمد القوة القاصة على عدة عوامل مثل نوع وحجم وشكل الحبيبات، ونسبة معادن الطين، ودرجة التماسك. ومعامل الاحتكاك الداخلى بين الحبيبات. وبصفة عامة، تقل القوة القاصة كلما صغر حجم الحبيبات وزادت نسبة معادن الطين والمواد العضوية. ويلاحظ أن القوة القاصة من ضمن العوامل الأساسية التى تؤثر على ثبات المنحدرات وأساسات الأنفاق والموانى والسدود والخزانات. ويلاحظ أيضًا أن القوة القاصة للتربة تحت الظروف الطبيعية تكون عادة أكبر من نفس التربة التى يقع عليها حمل المبانى والمنشآت التى تقام عليها.

٥ - المسامية والنفاذية Porosity and permeability

إن اختبارات المسامية والنفاذية لها أهمية خاصة عند إقامة السدود والخزانات والقناطر، وقد سبق دراستها ضمن الخواص الطبيعية والميكانيكية للصخور والتربة.

٦ - التقوس الثلجى أو فوران التربة Frost Heave

ينشأ عن هذه الظاهرة تقوس وارتفاع سطح التربة نتيجة لتجمد المياه وتكون بلورات من الثلج فى التربة أو الصخور المفككة. ويتوقف مقدار هذا التقوس على كمية المياه التى توجد بالتربة، والخاصية الشعرية، وسرعة تجمد الماء ومستوى المياه الأرضية، ومقدار الحمل الواقع على التربة. ويلاحظ أن وجود كمية ضئيلة من معادن الطين فى التربة أو الصخور المفككة يساعد على ظاهرة التقوس الثلجى كما يتضح من جدول (٣٦) بينما فى حالة التربة والرواسب التى تتكون من الزلط والحصى والرمال الخشنة فإنها لا تتعرض للتقوس الثلجى.

(جدول ٣٦) درجة التقوس الثلجي

المواد المكونة للتربة أو الرواسب	التقوس الثلجي
مونتموريلنيت	زيادة التقوس الثلجي ↓
اليت	
كاولينيت	
رمل ناعم جدا	

يتضح من الأسس الجيولوجية أن الأساسات التى تقام على صخور مفككة كالحصى والرمال الخشنة أو الرمال الطينية أو الطمى، وخاصة إذا كانت سميكة، والتى تقع فوق المنسوب الدائم للمياه الأرضية لا ينشأ عنها مشاكل هندسية نتيجة الترييح أو الهبوط السريع ما دام يحدث ذلك بانتظام. أما الأساسات التى تقام على صخور غير متماسكة ولها قابلية كبيرة للتماسك بالانضغاط مثل الطين الصفحى والطينة الصفراء والصلصال فإنه ينشأ عنها مشاكل كثيرة وخطيرة نتيجة عدم الانتظام فى هبوطها. أما إذا كانت التربة تحتوى على كمية كبيرة من معادن مجموعة المونتموريلنيت أو المواد العضوية أو خليط فإنها بالغة الخطورة وتحتاج إلى معالجة خاصة قبل إقامة أساسات المبانى والمنشآت عليها، وقد يفضل فى مثل هذه الأحوال من الناحية الاقتصادية اختيار مواقع أخرى تكون فيها التربة أو الصخور المفككة أكثر صلاحية لإقامة الأساسات عليها.

وفى حالة التربة أو الصخور المفككة تنفذ الأساسات عادة بعدة طرق مختلفة نذكر منها على سبيل المثال الطريقتين الآتيتين:

١- **طريقة الدعائم المنتشرة:** وذلك عن طريق عمل طبقة متصلة من الخرسانة ترتكز على الطبقة السطحية للتربة. وهناك تطوير هذه الطريقة بأن يوزع ثقل البناء على عدة بلاطات أو مصاطب صغيرة من الخرسانة وتعرف بطريقة الحواجز، بدلا من طبقة واحدة متصلة.

٢- **طريقة الخوازيق:** وذلك ببناء أعمدة من المسلح فى الأرض أو صب دعائم فى آبار، ثم يوصل بين قمم الأعمدة أو الدعائم بطريقة مناسبة حتى ترتكز عليها أعمدة المبانى.

بعض طرق تثبيت التربة

تستخدم بعض الوسائل الخاصة لتقوية التربة أو الصخور المفككة والمتحللة كيميائياً، والتى تقام عليها أساسات المبانى والمنشآت الهندسية الهامة، وذلك عن طريق تحسين خواصها الميكانيكية، وخفض درجة امتصاصها ونفاذيتها للماء للتقليل من عوامل الهبوط أو الترييح. ومن ضمن هذه الوسائل نذكر الطرق الآتية:

١- إضافة الجير إلى التربة وخاصة تلك التى تحتوى على نسبة كبيرة من معادن الصلصال التى تمتص الماء بشراهة مثل معادن مجموعة المونتمورلينيت.

٢- إضافة الجير المطفأ (لبن الجير) والرماد الخفيف الذى يحتوى عادة على السيليكا، وهذه المواد تتحد بالمعادن الصلصالية مكونة سيليلكت الكالسيوم ويكون الاتحاد سريعًا فى حالة الجير، بينما يكون بطيئاً فى حالة الرماد السيليسى.

٣- الحقن بالأسمنت وخاصة فى حالة الصخور التى بها فواصل أو فى حالة المواد الفتاتية والحصوية.

٤- الحقن بمواد مرسبة (Coagulants) ونستخدم هذه الطريقة عادة فى حالة الرمال الناعمة أو الناعمة جدا، وكذلك فى الصخور التى لها مسامية عالية، وفى الصخور التى بها فواصل دقيقة جدا.

٥- الحقن باستخدام صلصال البنتونيت أو المعلقات الأخرى التى تتميز بخاصية التيوكستروبى، والتى تساعد على التحام الفراغات البينية فى الصخور أو الفواصل الدقيقة التى توجد به.

٦- أحيانا تثبت التربة باستخدام بعض المواد العضوية مثل البترول والبتيومين واكريلات الكالسيوم وبعض مركبات البلمرات العالية ..

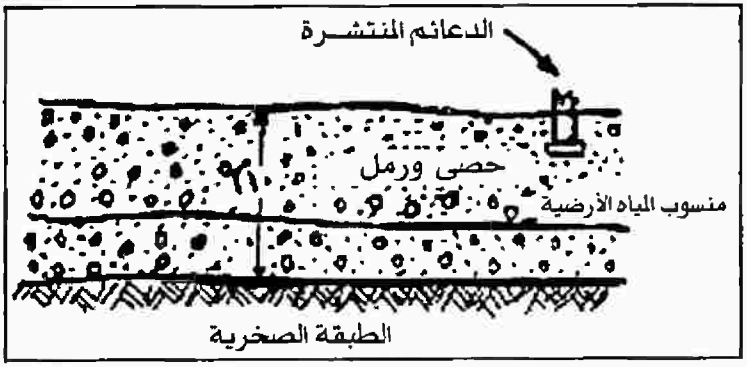
بعض الأمثلة للظروف الجيولوجية للأساسات

يمكن من خلال الأمثلة العديدة تحديد الأسس العامة التى تربط بين اختيار الأنواع المناسبة لأساسات المبانى والمنشآت، والظروف الجيولوجية لموقع الإنشاء وعادة يقوم المهندسون والعاملون فى حقل الإنشاءات بعمل برنامج استكشافى للموقع للحصول على بعض المعلومات التى تساعدهم على اختيار وتصميم الأساسات وبالإضافة إلى هذا البرنامج يلجأ المهندسون إلى الاستعانة أحياناً بالتقارير والدراسات الجيولوجية للموقع وذلك لاستكمال الدراسات المطلوبة. وتساعد هذه الدراسات أيضا على معرفة طبيعة ونوع المواد الموجودة بالمنطقة ومدى إمكانية استخدامها فى الأساسات وتوضح الأمثلة التالية بعض القطاعات الجيولوجية لبعض مناطق الإنشاءات وطريقة اختيار الأساسات التى تلائم تكويناتها.

المثال الأول:

يوضح شكل (٩٧) قطاعاً جيولوجياً لمنطقة يراد إقامة بعض المنشآت بها. وحيث إن زاوية الاحتكاك الداخلى للحصى والرمل عالية ، وكذلك ليس هناك احتمال كبير لحدوث انهيار

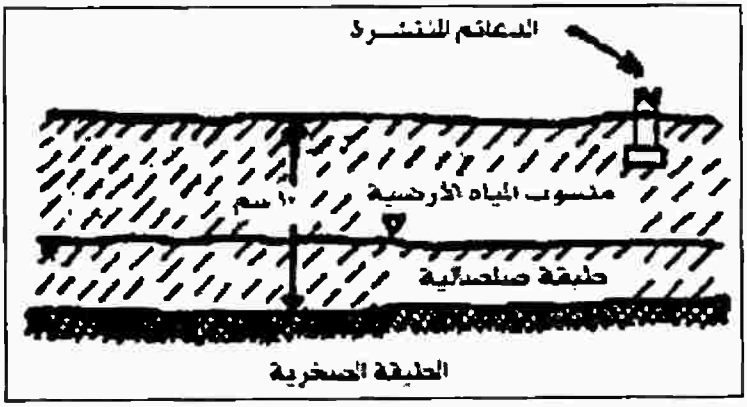
القص. كما أن درجة الهبوط فى التربة المماثلة محدود ولا يتجاوز ٥ سم فى المنشآت الكبيرة، ولذلك كانت أنسب أنواع الأساسات لمثل هذه الظروف الجيولوجية هى الدعائم المنتشرة Spread Footing.



شكل رقم (٩٧): قطاع جيولوجى للمنطقة الأولى.

المثال الثانى:

يوضح شكل (٩٨) قطاعًا آخر لمنطقة ما، وتعتبر الدعائم المنتشرة من أنسب أنواع الأساسات فى مثل هذه الظروف. ويجب أن نلاحظ أن الأساسات بطريق الخوازيق لا تناسب مطلقًا وجود طبقة صلصالية ويفضل عدم استخدامها.

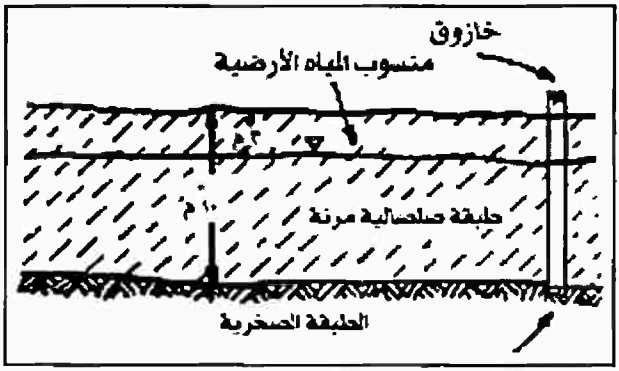


شكل رقم (٩٨): قطاع جيولوجى للمنطقة الثانية.

المثال الثالث:

يوضح شكل (٩٩) تكوينات إحدى المناطق والتى يراد إقامة بعض المبانى بها. وأنسب أنواع الأساسات لهذه المنطقة هى الخوازيق التى تصل إلى الطبقة الصخرية. وتعتبر

الخوازيق الخشبية (Friction piles) هى أنسب الأنواع لمثل هذه التربة حيث يمكن التحكم فى زيادة طولها أو إنقاصه حسب الحاجة.

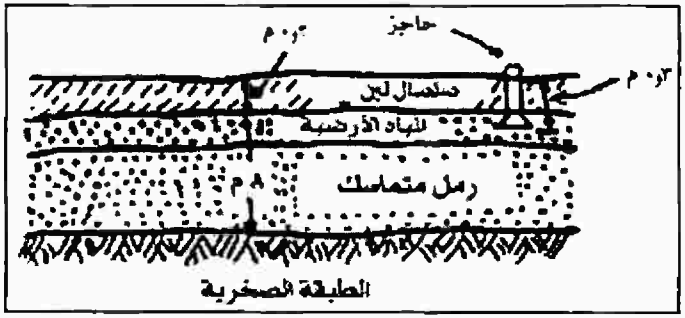


شكل رقم (٩٩): قطاع جيولوجى للمنطقة الثالثة.

وعند استخدام هذا النوع من الخوازيق يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لعدم تأثره بالمياه الأرضية. ويمكن استخدام الخوازيق الخرسانية إذا سمحت بذلك الظروف الاقتصادية للمشروع.

المثال الرابع:

يوضح شكل (١٠٠) الظروف الجيولوجية لإحدى المناطق وتعتبر الحواجز الخرسانية Concerete peers هى أنسب أنواع الأساسات على أن يكون عمقها أكبر من سمك طبقة الصلصال وعلى أن ترسو فوق طبقة الرمل بحيث تتسع نهايتها كما فى الشكل.

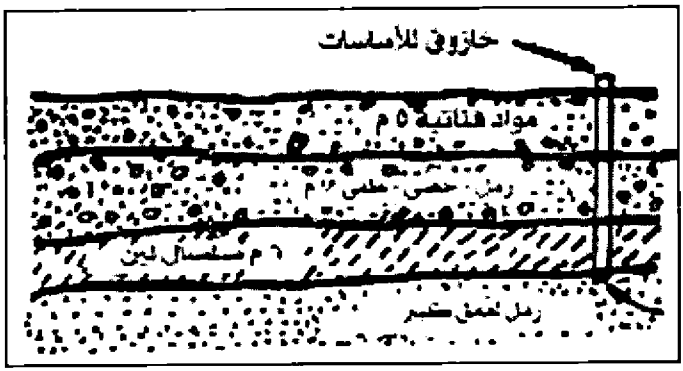


شكل رقم (١٠٠): قطاع جيولوجى للمنطقة الرابعة.

المثال الخامس:

يوضح شكل (١٠١) التكوينات الأرضية فى منطقة ما ويلاحظ أنه فى مثل هذه الظروف يفضل عدم استخدام الدعائم المنتشرة، أو الخوازيق الاحتكاكية Friction، لأن طبقة الصلصال

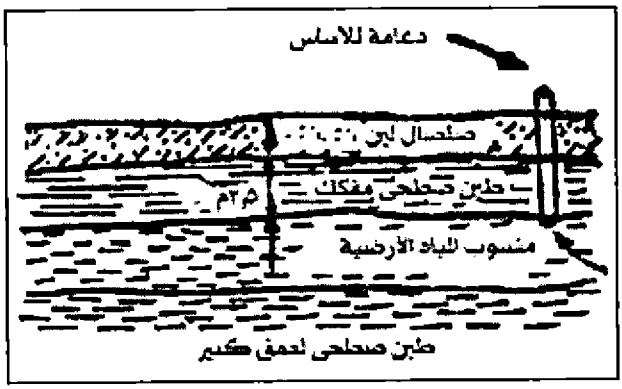
سوف تعانى هبوطاً ملحوظاً نتيجة لتماسك حبيباتـها. وتعتـبر الخوازيـق (End-bearing piles) هى أفضل أنواع الأساسات فى مثل هذه الظروف.



شكل رقم (١٠١): قطاع جيولوجى للمنطقة الخامسة.

المثال السادس:

يوضح شكل (١٠٢) مثالا آخر لمنطقة يراد أن يقام عليـها بعض المنشآت ويفضـل اسـتخدام الخوازيق الخرسانية حتى طبقة الرمل.



شكل رقم (١٠٢): قطاع جيولوجى للمنطقة السادسة.

ويتضح من الأمثلة السابقة أن اختيار نوع الأساسات التى تلائم منطقة ما يعتمد إلى حد كبير على المعلومات الجيولوجية الدالة على التكوينات الأرضية فى المنطقة، وسلوك المواد المكونة لها وكذلك منسوب المياه الأرضية والتغييرات المحتملة له.

بعض الصعوبات فى تنفيذ الأساسات

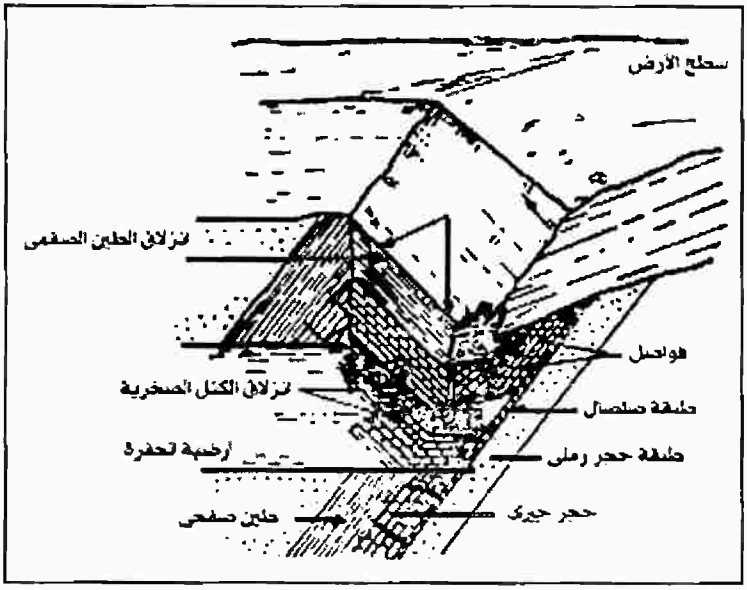
تصادف المهندسين عند تنفيذ الأساسات عامة بعض الصعوبات التى قد تحتاج إلى دراسة للتغلب عليها وأهمها ما يلى:

(أ) المشاكل التى تتعلق بعمليات الحفر:

يجب أن تشمل الدراسة الجيولوجية لأماكن الحفر المقترحة للأساس النقاط التالية:

١- شكل ومقدار الانحدار الجانبى للحفرة، وكذلك المواد المكونة لحوائطها حتى العمق المطلوب.

٢- الأماكن المحتمل حدوث إزاحات أو انهيارات للتربة أو للصخور عندها. ويوضح الشكل (١٠٣) مقطعا فى إحدى حفر الأساسات أو التكوينات الأرضية وأماكن حدوث الانزلاق.



شكل رقم (١٠٣): دراسة اتزان حفر الأساسات.

٣- اتزان مواد أرضية وحوائط الحفرة.

٤- الصعوبات المتوقعة فى عمليات الحفر.

٥- صروف المياه الأرضية على مدار السنة وما ينجم عن تذبذب مستواها من صعوبات.

(ب) مشاكل عدم اتزان التربة:

يقصد بالتربة غير المتزنة تلك التى تحتوى على:

١ – مواد سريعة التأثر بالمياه وخاصة التربة والصخور التى تنتفخ وتـزداد فـى الحجـم مثـل الصلصال المحتوى على المونتموريلنينت والتربة المحتوية على أنهيدريت الصوديوم.

٢– المواد التى تعانى هبوطا سريعاً بمجرد أن تتشبع بالرطوبة وخاصة تربة اللويس.

ويلجأ المهندسون فى كثير من الأحيان إلى إزالة هذه المواد تفاديًا للمشـاكل التـى تنشـأ عـن وجودها.

(جـ) المشاكل المتعلقة بالمياه الأرضية:

تعتبر المياه الأرضية أحياناً إحدى الصعوبات التى تصادفـها هندسـة الأساسـات إلا أن هـذه الصعوبـات تكـاد تكون غير ذى بال إذا كان منسـوب الميـاه الأرضية عميقًـا ولا يظهـر تأثيرهـا إلا عند تصميم المنشآت تحت السطحية كالأنفاق والمناجم ومخازن الأسلحة والمفرقعات. وتعـزى معظم المشاكل الناشئة عن منسوب المياه الأرضية المرتفع إلى الضغط الهيدروستاتيكى وتأثيره على أرضية وحوائط المبانى.

الفصل التاسع: الأساسات

1. Gillott, J.E., Clay in Engineering Geology: Elsevier Amsterdam, (1968).

2. Terzaghi, K., and R.B.Peck, Soil Mechanicsin Building Construction: Berlin, (1961)

٣- مبادئ في ميكانيكا التربة وهندسة الأساسات (الجزء الأول): الناشر مطبعة سيد محمود على بالقاهرة، (١٩٧١)، تأليف : د.فهيم حسين ثاقب.