الفصل الرابع

الظروف الهندسية والجيولوجية للقواعد الطبيعية وخواصها

1-4 مقدمة Introduction

إن الظروف الجيولوجية والجيولوجية المائية لموقع الإنشاء وخواص القواعد الصخرية والترابية الطبيعية أو ما يُعرف بطبقات التأسيس، لها الدور الأكبر في تحديد نظام أساسات المنشأ والمبني المُصمم إلى جانب تحديد عمق التأسيس.

لذلك فإنه يتطلب الحصول على المعلومات والمعطيات المتعلقة بالخواص الجيولوجية والجيولوجية المائية لموقع الإنشاء، والتي تشمل الخواص التصميمية للتربة وقيم الإجهادات والتشوهات في التربة بسبب الأوزان الإنشائية المسلطة عليها، وكذلك تقدير مقاومة وضغط التربة، إضافة إلى التعرف على طبوغرافية المنطقة للاعتماد عليها في أعداد تصاميم الأساسات.

ومن العوامل المهمة لتحديد الظروف الهندسية والجيولوجية لموقع الإنشاء، هي الظروف الجيولوجية المائية، حيث أنه من المهم معرفة أعلى وأدنى منسوب للمياه الجوفية واحتمال تغيرها عند تأسيس المنشآت، وبالتالي يتم أخذها في الاعتبار أثناء تصميم الأساسات.

وتُعطى أهمية خاصة للطبقات الترابية الرخوة والصخور الصلدة التي يتم التأسيس عليها، إلى جانب الاهتمام بطرق تحسين للتربة غير المستقرة.

لتفادي الإخلال ببنية التربة والمحافظة على خواصها الطبيعية أثناء القيام بأعمال الحفر وتنفيذ الأساسات، فإنه يتوجب على المهندسين اتخاذ بعض الإجراءات الخاصة.

2-4 أنـواع طبقـات التـربة Types of Soil Layers

وتكون أنواع بناء طبقات التربة كالتالي:

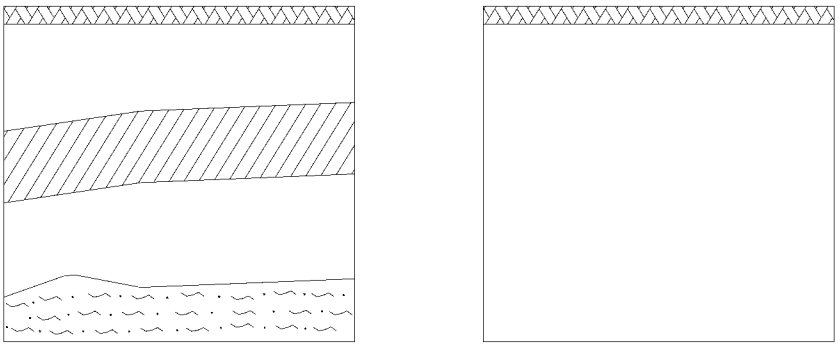
1- طبقات ترابية متجانسة، تؤثر على هبوط واستقرار الأساسات كما هو موضح بالشكل (4- أ).

2- طبقات ترابية رقائقية: تتميز هذه الطبقات بقابلية تشوه مختلفة وبمعاملات مقاومة مختلفة لتربة كل طبقة، وتشمل هذه المجموعة نوعين رئيسيين وهما:

أولاً – طبقات رقائقية متوافقة حيث يعتمد عدم انتظام هبوط الأساسات المقامة عليها على اختلاف الأوزان المؤثرة على الأساسات وعلى حجم وشكل الأساسات كما هو موضح بالشكل (4 – ب).

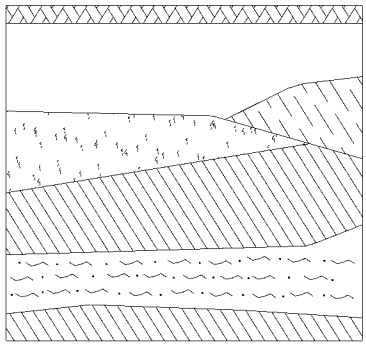
ثانيا- طبقات ترابية مختلفة الانضغاط، مما يؤدي إلى حدوث هبوط غير منتظم للأساسات كما هو موضح بالشكل (4 - ج).

3- طبقات ترابية غير متجانسة من حيث عمق طبقات الصخور الصلدة غير المنضغطة، وكذلك من حيث خواص التربة التي تكون على هيئة طبقات بينية مستقلة عند وجود صخور دخيلة كما هو موضح بالشكل (4 - د) وهذه الحالة تعتبر من أسوأ الطبقات، والتي تتطلب دراسة جيدة لأعداد التصميم الآمن والاقتصادي.

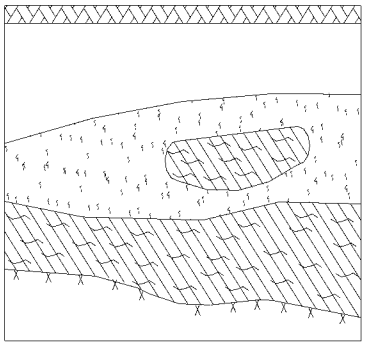


أ- طبقات متجانسة

ب- طبقات رقائقية متناسقة



ج- طبقات رقائقية غير متناسقة



د- طبقات غير متجانسة

الشكل (4) مجموعة طبقات التربة

3-4 اختيار عمق إرساء الأساسات

أولاً- العوامل الرئيسية المؤثرة على عمق إرساء الأساسات

في كثير من الأحيان، تقل تكاليف إنشاء الأساسات كلما ارتفع منسوب إرساء ها، وعند تحديد عمق الإرساء، فإنه يجب اختيار طبقة التربة الحاملة، والتي تتمكن من جعل

تطور الهبوط عند توطيد التربة لا يزيد عن القيمة القصوى المسموح بها، وأن تضمن عدم حدوث انحرافات في الأساسات، ولذلك تؤخذ في الاعتبار العوامل الرئيسية التالية:

1- الظروف الهندسية والجيولوجية لرقعة أو مساحة الإنشاء.

2- التأثيرات المناخية المؤثرة على الطبقات العليا من التربة.

3- خصائص الإنشاءات المُقامة والواقعة بجوار بعضها البعض.

ثانياً- الظروف الهندسية والجيولوجية لرقعة أو مساحة الإنشاء.

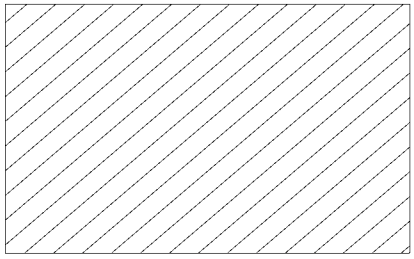
من المعروف بأن لكل موقع بناء خصائصه المميزة من ناحية نوعية طبقات التربة وترتيبها وتراصفها، وتقسم كافة أنواع التربة إلى صنفين هما:

أ- التربة الضعيفة أو الرخوة، والتي لا يمكن أن تُكون قاعدة متينة وأمنة لحمل المنشأ.

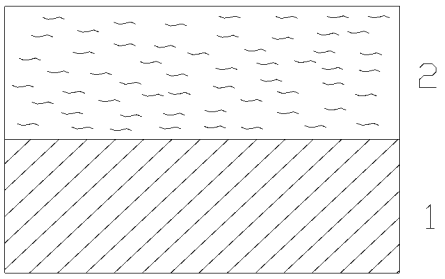
ب- التربة القوية المتماسكة أو المتينة، والتي تضمن البقاء الآمن والسليم للمنشأ.

الشكل (5-أ) يبين التربة المتينة المتجانسة التي يمكن أن تتكون من عدة طبقات مختلفة في خواص الانضغاطية ومقاومة القص، وفي هذه الحالة فإنه يتم اختيار أدنى عمق مسموح به لإرساء الأساسات، وفي كثير من الأحيان فإن الطبقة الحاملة هي الأكثر تماسكاً ومتانة كما بالشكل (6).

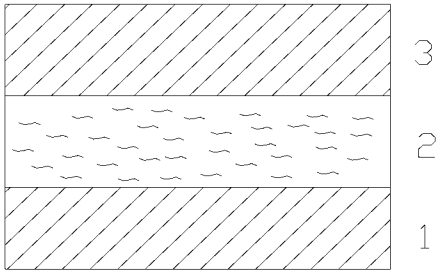
الشكل (5- ب) يوضح مجموعة طبقات التربة الرقائقية الواقعة على عدة طبقات من التربة الرخوة، في هذه الحالة يتم نقل تأثير الأحمال إلى طبقات التربة العالية الجودة باستخدام الأوتاد، ويمكن تأسيس المباني الخفيفة على أوتاد لنقل الأوزان إلى التربة الرخوة، كذلك يمكن توطيد وتقوية التربة مع تصريف المياه كما بالشكل (7).



(أ)



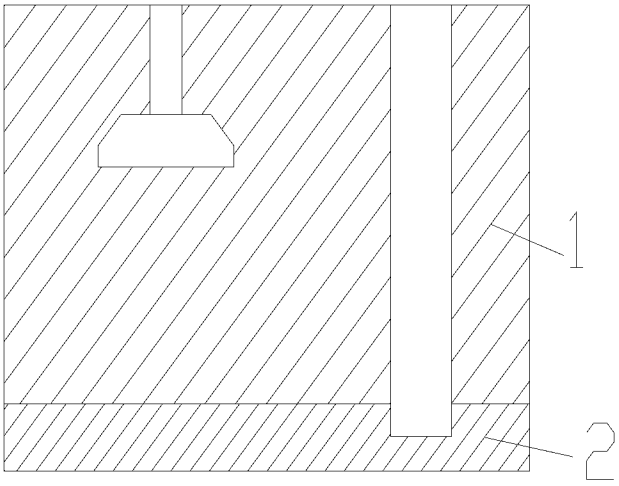
(ب)



(ج)

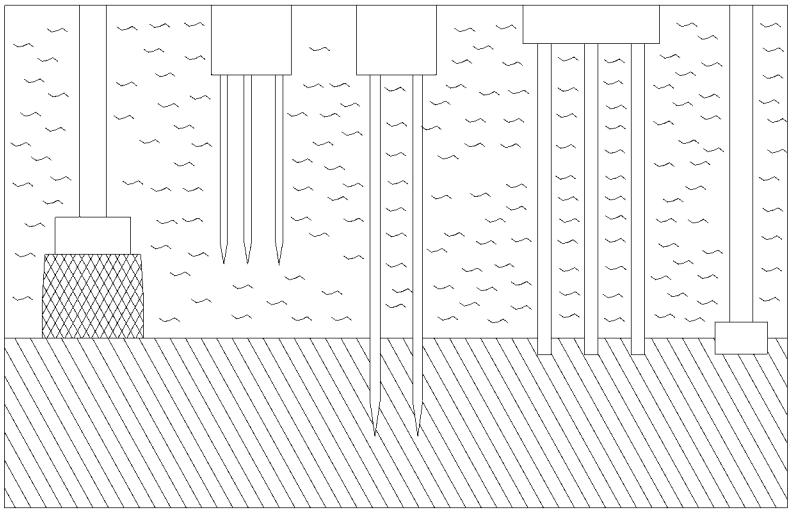
الشكل (5) الرسم التخطيطي لطبقية التربة

1- تربة متينة 2- تربة رخوة



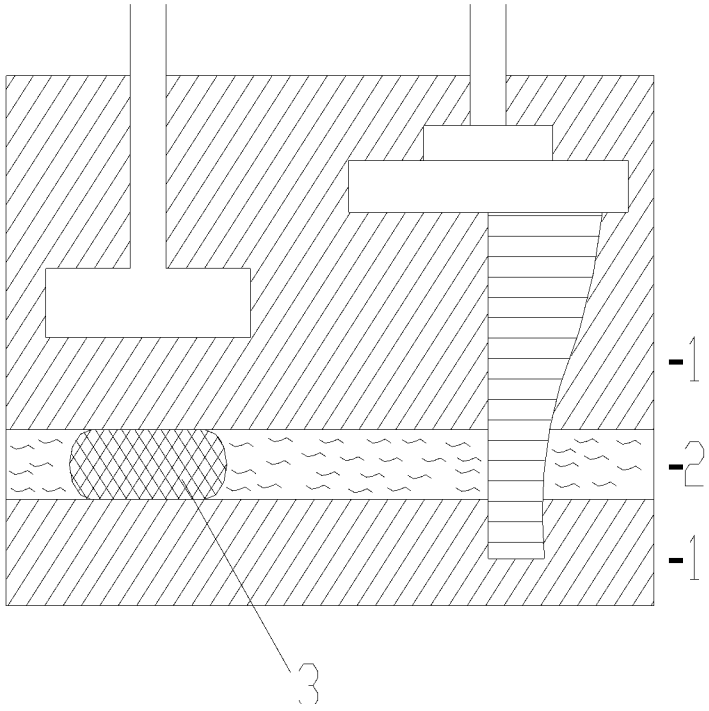
الشكل (6) عمق الإرساء عند مختلف نوعيات التربة المتينة

1- تربة متينة 2- تربة أكثر متانة



الشكل (7) عمق الإرساء لأنواع مختلفة من الأساسات والمنشآت

الشكل (5- ج) يوضح مجموعة طبقات التربة الرقائقية الواقعة على عدة طبقات من التربة الرخوة مع وجود طبقات من التربة المتينة أسفلها، في هذه الحالة يمكن استخدام طرق التأسيس كما بالشكل (8)، وذلك باستخدام الطبقة العليا من التربة المتينة لتوزيع الأحمال للمباني الخفيفة، أو تقوية طبقات التربة الرخوة.



الشكل (8) استخدام الطبقة العليا من التربة المتينة

ثالثاً- التأثيرات المناخية المؤثرة على الطبقات العليا من التربة

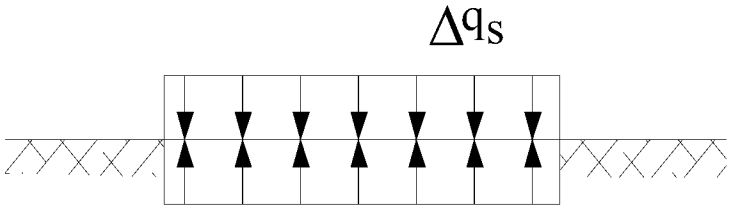
يتغير حجم الطبقات العليا للتربة بفعل التجمد والذوبان والجفاف والرطوبة، ففي المناطق التي يتفاوت بها الجفاف والمطر على مدار العام، يتم تحديد منطقة الانتفاخ للتربة الطينية في مناطق الرطوبة وحدوث الانكماش والتقلص في حالة الجفاف، حيث يتم اختيار عمق الإرساء أسفل هذه المناطق.

4-4 تشوهات الإنشاءات Structures Deformation

عند تطور هبوط القواعد فإن تشوهات الأساسات تختلف باختلاف جسأتها ومرونتها والتي تنقسم إلى:

أ- أساسات مطلقة المرونة Perfectly Flexible Foundations

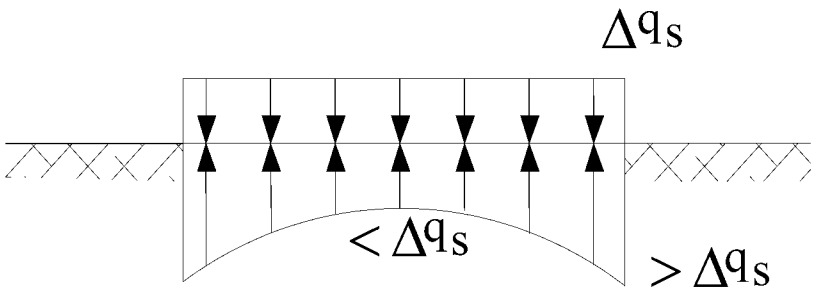
الضغط الناجم عن الأساسات مطلقة المرونة ذات الأحمال المتماثلة يتوزع طبقاً لنظرية المرونة، ويكون توزيع الضغط الملامس لسطح التربة متماثل كما بالشكل (9)، بينما هبوط هذه الأساسات دائماً ما يتبع هبوط وانحرافات سطح التربة الواقعة أسفلها.



الشكل (9) أساسات مطلقة المرونة

بـ أساسات محددة الجسوءة Finite Rigidity Foundations

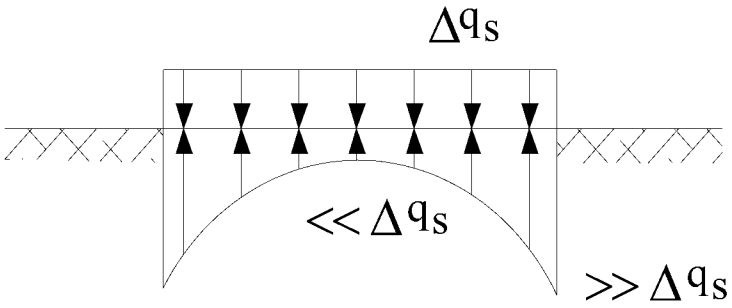
في هذا النوع من الأساسات يتم توزيع الضغط الملامس لسطح التربة بصورة متفاوتة كما بالشكل (10)، وعادة ما تتعرج وتنحني هذه الأساسات نتيجة لتطور الهبوط الغير منتظم ولا تتبع في جميع النقاط تشوهات وهبوط التربة المرتكزة عليها، بل أن الهبوط يعتمد على نوع التربة.



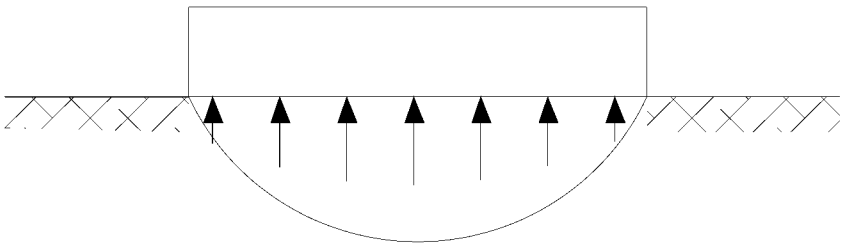
الشكل (10) أساسات محددة الجسوءة

جـ أساسات مطلقة الجسوءة Perfectly Rigid Foundations

في هذا النوع من الأساسات يتم التوزيع النظري للضغط الملامس لسطح التربة بصورة متفاوتة بدرجة كبيرة اعتماداً على نوع التربة، فيكون توزيع الضغط على شكل سرج في حالة التربة الطينية كما بالشكل (11- أ) بينما على شكل قطع مكافئ في حالة التربة الرملية كما بالشكل (11- ب)، وعادة ما يتولد عنها هبوط منتظم أثناء التحميل والتوزيع المتماثل لمطاوعة تربة القاعدة.



أ- التربة الطينية (سرج)



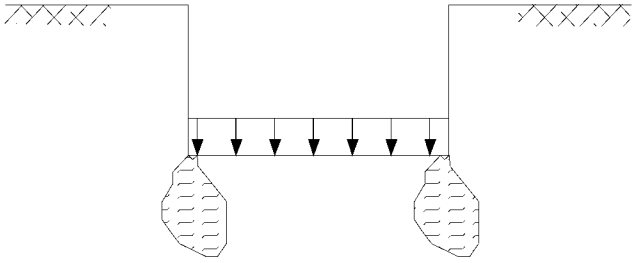
ب- التربة الرملية الجافة (قطع مكافئ)

الشكل (11) أساسات مطلقة الجسوءة

عملياً، يكون الضغط الملامس على التربة الطينية منخفضاً عند جوانب الأساس بسبب ليونة الطين، وكلما ازدادت قيمة الحمل على الأساس فإنه تزداد ليونة الطين، لذلك فإن الإجهادات عند الجوانب تقل، بينما يزداد الإجهاد عند مركز الأساس.

الضغط الملامس على التربة الرملية الجافة يبقى على شكل قطع مكافئ وتزداد الكثافة القصوى للضغط بزيادة الحمل، عندما يكون الأساس تحت سطح الأرض فإن

الإجهادات عند الجوانب تكون أطول وتزداد بزيادة العمق تحت سطح الأرض، كما أن تطور مناطق التشوه بالتربة الواقعة تحت الأساس تعتمد على مراحل التحميل كما بالشكل (12).



الشكل (12) تطور مناطق التشوه

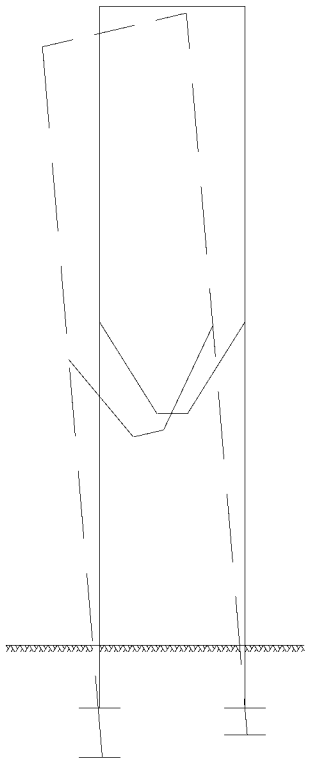
استناداً إلى طبيعة تطور الهبوط غير المنتظم للقاعدة وبالنظر إلى جسوءة الأساسات فإنه توجد خمسة أنواع من تشوهات الإنشاءات، تكون كالتالي:

1- **الميل**

الشكل (13) يبين ما يُعرف بميل المنشأ، وهو دورانه حول محوره الأفقي الذي يمكن أن يحدث في كافة الإنشاءات وخاصة الأبراج والصوامع للأسباب التالية:

أ- تحميل القاعدة بصورة غير متماثلة.

ب- طبقات التربة غير متماثلة بالنسبة للمحور الرأسي للإنشاء.



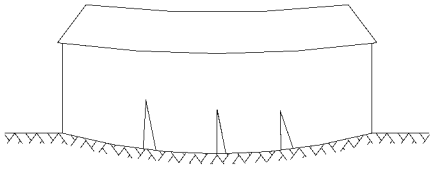
الشكل (13) الميل

وخير مثال لهذا النوع من الهبوط هو الميل الحاصل في برج بيزا بايطاليا الموضح بالشكل (14)، والذي يوضح بأن الجانب الشمالي للبرج هبط بأكثر من 1.0 متر، في حين أن الجانب الجنوبي هبط بحوالي 3.0 أمتار ليكون الهبوط المتفاوت يساوي 1.80 متر.

الشكل (14) برج بيزا

2- الارتخـاء

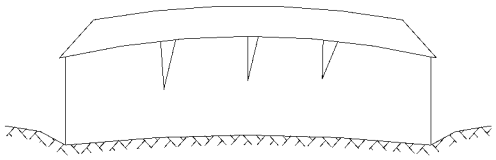
وهو ما يُعرف بالتقعر كما هو موضح بالشكل (15)، حيث أن هذا الارتخاء عادة ما يرتبط بانحناء المنشأ، والذي قد يصيب جميع الإنشاءات.



الشكل (15) الارتخاء

3- التحدب

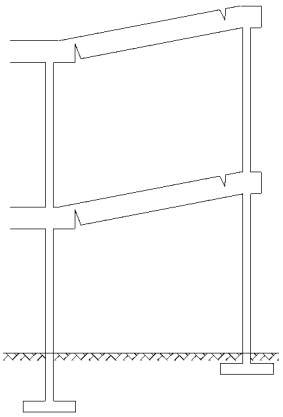
كما هو مبين بالشكل (16)، والذي عادة ما يرتبط بتقوس المنشأ وقد يصيب جميع المباني والمنشآت.



الشكل (16) التحدب

4- التخـالف

إن حدوث هذا النوع من التشوه مُرتبط بتطور الهبوط غير المنتظم الحاد على جزء قصير أو صغير من المنشأ، مع الاحتفاظ بالوضع الرأسي كما بالشكل (17).



الشكل (17) التـخالف

5- الالتـواء

عندما يحدث الميل غير المتساوي على امتداد أو طول المبنى، فإنه يتسبب في التواء المنشأ وخاصة عندما يكون الميل الحاصل في مقطعي المنشأ متطوراً في اتجاهات مختلفة، هذه الحالة تُعرف بالالتواء.