**تحريات التربه Soil investigation**

تعد تحريات التربه متطلبا رئيسيا يسبق أعمال التصميم والتحليل للمشاريع الهندسيه وخاصة الكبيره منها وهذا المتطلب يكمن في جمع المعلومات اللازمه لدراسة المشروع المقترح ، من خلال تحريات التربه التي تشمل اخذ العينات من موقع المشروع واجراء الاختبارات الميدانيه والمعمليه وتحليلها من اجل معرفة خصائصها وصفاتها الهندسيه ومن ثم اعدادها في تقرير فني .

وتتراوح كلفة تحريات التربه من 0.5% إلى 1.0% من التكلفه الاجماليه لتنفيذ المشروع وترتبط نسبة التكلفه بنوع وحجم المشروع والحالات غير العاديه للتربه . وهذه التكلفه لن تكون قيمه مفقوده إذا ماقورنت بالتكاليف التي قد تدفع في حالة حدوث انهيار للمشروع نتيجة عدم التحري لموقع ذلك المشروع .

اهمية تحريات التربة باستخدام الجسات

لو قمنا بتنفيذ المنشأ علي تربه مجهوله من ممكن ان يحدث هبوط للمنشأ مع الوقت وبالتالي سيتسبب في ظهور شروخ بالمنبي ثم الي الانهيار، وجميعا رأينا مشاكل كتيرة حدثت بسبب عدم فحص التربة و عمل الجسات ومعرفه تقرير التربه وتوصيات البناء

 عوامل قييم مدى ملائمة الموقع بصفه عامة للمشروع المقترح

1. عمق ونوع اساسات المشروع بما يتناسب مع خصائص التربه وحجم المشروع
2. مقدار تحمل التربه للاحمال المتوقعه من المشروع
3. مقدار الهبوط المتوقع للاساسات نتيجة احمال المشروع
4. الاضرار التي قد تحدث للمنطقه المجاوره للمشروع نتيجة الحفريات واعمال التنفيذ الاخرى . من اجل تقييمها وايجاد الحلول المناسبه لها .
5. منسوب المياه الجوفيه ومدى تأثيرها على عناصر المشروع
6. عمق ونوع الطبقه الصخريه عند ملاحظتها اثناء التحريات
7. المشاكل البيئيه التي قد تحدث للمشروع
8. اختيار مواد التشييد المناسبه للمشروع

وسوف تساهم هذه المعلومات في مدى ملائمة الموقع للمشروع المقترح واختيار التصميم المناسب وتحديد افضل الطرق لتنفيذ ذلك المشروع .

**تعريف الجسه**

عباره عن ثقب او حفره بنفذها في الموقع المراد انشاءه بغرض الحصول علي عينات من التربه لدراستها والتعرف علي طبيعتها ودراسة خواصها ومعرفه قدره تحمل التربه …..الخ …

**تحديد عدد الجسات واماكن اخذ الجسات في الموقع**

**اولا : عدد الجسات :**

اقل عدد يمكن عمله بالموقع لا يقل عن جستين فى طرفى القطر

وفى المشاريع الكبيره يكون المسافه بين الجسه والأخرى من جميع الأتجاهات ٥٠ متر قد تصل الى ١٠ أو ٢٠ متر طبقا لاهمية المشروع

وذلك لمعرفة كل تفاصيل باطن الارض حتى لا نفاجأ بما لا يحمد عقباه.

**ويتم زيادة عدد الجسات فى حالة عدم تماثل ناتج الحفر فى الجسات بمعنى لو تم عمل جستين وكانا مختلفين النتائج يلزم اخذ جسة اخرى لتاكيد النتائج.**

**ثانيا : المسافة بين الجسات**

لا توجد قاعدة محددة لكى تحدد المسافة بين الجسات فالمسافة بين الجسات تعتمد على قطاع الجسة فاذا كانت :

1-. التربة متجانسة نزيد المسافة بين الجسات

2-. التربة غير متجانسة (تتغير تغير مفاجئ ) تقل المسافة بين الجسات ، وعامة تؤخذ المسافة بين الجسات من ٢٠ الى ٣٠ م للحوائط الساندة

**يفضل عمل الجسه في مكان اكبر حمل متوقع ويفضل اخذ واحده في منتصف المنشأ**

**ما هى طريقة تحديد عمق الجسات؟**

– تتوقف اعماق الجسات علي حجم ونوع واهميه المنشأ فمثلا مبني 5 ادوار مختلف

عن مبنى 20 دور، والمبنى السكني غير التجاري ( وكذلك اعماق الجسات تتوقف بدرجه كبيره
علي خواص وتتابع طبقات التربه ) ولذلك يفضل الاطلاع على  تقرير تربه لمبني مجاور ان امكن لتسهيل العمل.

– مبدأيا لا يقل عمق الجسه عن 10 متر في جميع االحوال وتزيد طبقا لنوع التربه والمنشأ…. ويتم عمل حفره استكشافيه مكشوفه بعمق لا يقل عن 5 متر ان امكن للحصول علي عينات في حالتها الطبيعيه .

– في حاله وجود طبقه صخريه يراعي الوصول بعمق جسه او جستين علي الاقل الي مسافه لا تقل عن 4 متر في الصخر
– يراعي ان تخترق الجسه جميع الطبقات غير المتماسكه كالردم والطبقات العضويه ….الخ

– عند وجود طبقه سطحيه يجب امتداد جسه او اكثر الي عمق اكبر للتاكد من عدم وجود طبقه اسفل منها قد تتأثر بالاجهادات القادمه اليها من الاساس

-عند الوصول الي الطبقات الصخريه يجب اختراق وقطع 1.5 الي 3م في الصخر اذا كان متماسك واختراق 6 م في حاله الصخر اللين weathered rock ( فمن الممكن ان نقول علي الاقل 4 متر .

في حاله الاساسات العميقه يجب ان يصل عمق الجسات الي 5 م علي الاقل عن النهايه المتوقعه لارتكاز الركيزة ويستحسن النزول ببعض الجسات الي عمق 10 م اسفل كعوب الركائز.

**ما هى عينات التربه المستخرجه وانواعها وكيفيه استخراجها ؟**

ناخد عينه لكل متر عمق من الجسه ولو لقيت تغير ف الطبقات في المتر الواحد ناخد عينه كل 0.5 متر، وعند استخراج العينه بكتب عليها اسم الموقع ورقم الجسه وعمق العينه وتاريخ استخراجها ومكان العينه. ويتوقف نوع العينه علي تتابع طبقات التربه.

**ما هى انواع العينات المستخرجه من الجسات؟**

**1.عينات مخلخلة (مفككه) Disturbed sumples**

 تستخرج من نواتج الحفر والجسه باي شكل وتكون مفككه مثل الرمل واعتمادها الاغلب علي اختبارات الموقع واشهرها  **standard penetration test** **SPT** وتستخدم في تعيين محتوي المواد العضويه في التربه

لحفظ العينات: توضع في اكياس بلاستيكيه للحافظ عليها من التغير حتي يتم نقلها للمعمل

**2. عينات غير مخلخله : Un disturbed samples**

عينات متماسكه القوام غالبا تخرج من التربة المتماسكة  cohesive soil  والاعتماد الاكبر يكون علي التجارب المعمليه مثل تجارب مقاومه الضغط والقص وتحديد
كثافه التربه، فبمجرد خروج العينه يجب تغليفها بالشمع المنصهر او ضعها في اكياس بلاستيك للحفاظ علي المحتوي المائي للعينه water content ( يتم تغطيس العينه
في الشمع السائل) ووضعها ف كيس مكتوب عليه البينات عن العينه… وفي بعض المشاريع الهامه يتم نقل العينات اول باول الي المعمل والافضل من ذلك وضع العينات في صندوق خشبي لان الخشب عازل للحراره ممايساعد علي الحفاظ علي المحتوي المائي…. فالمهم انك تقوم بابعاد العينه عن الشمس وتحافظ عليها

**طرق حفر ( الجسات ) Soil Borings :-**

الجسات هي حفر أرضية في الموقع المراد إستكشافه بأعماق مختلفة يمكن من خلالها الحصول على عينات التربة للتعرف على نوعية وترتيب الطبقات التحتية ، ويمكن تنفيذ الحفر إما يدوياً أو بواسطة معدات آلية أخرى ، وتوجد عدة طرق للحفر من أهمها :-

1- - حُفر الإختبارات المكشوفة Test Pits and Open Cuts :-
يتم عمل حفر الإختبارات المكشوفة يدوياً باستخدام بعض الأدوات المستخدمة باليد أو آلياً بحيث تسمح هذه الحفر برؤية طبقات التربة في وضعها الطبيعي وبشكل واضح ، ويجب أن تكون هذه الحفر متسعة بشكل يمكّن من إجراء الاختبارات فيها بحيث لا يقل عرضها عن0.75م . وهذه الحفر تعتبر اقتصادية حتى عمق 3م وغير اقتصادية لأعماق أكبر من ذلك أو تحت منسوب المياه الجوفية ، ويمكن بواسطة هذه الحفر عمل الاختبارات الدقيقة بالإتجاه الأفقي أو الرأسي ، وتؤخذ منها عينات التربة المقلقلة أو غير المقلقلة لإجراء الاختبارات عليها ، وتستخدم أيضاً لدراسة الشقوق المكشوفة وإستكشاف مناطق الصخر الضعيف ، ويلزم أخذ كافة وسائل الحيطة والسلامة لتدعيم جدران الحفر وحمايتها من العوامل الطبيعية حتى يتم الانتهاء من العمل بها وأخذ العينات المطلوبة ، ثم ردم هذه الحفر وتسويتها ودكها بالطرق الفنية المناسبة .

2- الحفر بالمثقاب الح:-ال
يتألف المثقاب من آلة مصنوعة من الفولاذ ولها حافة حادة قادرة على حفر التربة ، ويعمل المثقاب يدوياً وآلياً بشكل اقتصادي حتى عمق 5م في التربة اللينة القادرة على الثبات دون انهيار ، أما إذا زاد الحفر عن 5م فيتم الاستعانة بأنابيب تغليف ، وتعتبر هذه الطريقة مناسبة في الحفر التمهيدي ، وكذلك في التربة التي بها نسبة كبيرة من الحصى أو الصخرية أو عند حفر عدد كبير من الجسات .

3- - الحفر بالمثقاب وانبوب التغليف Shell and Auger Boring :-
تُشغل أذرع المثقاب باليد أو آلياً بمساعدة برج حفر ثلاثي القوائم ورافعة كبيرة ، ويمكن كسر الأحجار الصغيرة والطبقات الصغيرة من الصخر بمساعدة لقمة إزميل Chisel bit مركبة على أذرع المثقاب ، ويتم إدخال الغلاف بالتربة بواسطة الطرق عليه بمطرقة من رافعة ، ويستعمل الجهاز اليدوي في الحفر إلى أعماق تصل إلى 25م ويصل قطره إلى 200مم والجهاز الآلي حتى عمق 50م وتصل عندها أقطار مواسير التغليف وأدوات الحفر من 80 إلى 300 مم وتستخدم هذه الطريقة للحفر في التربه الطينية وخصوصاً الشديدة الصلابة والقاسية منها ، وكذلك في التربه الرملية وتربه الصخور الضعيفة .

4- الحفر بالطرق Percussion Boring :-
يستعمل في هذه الطريقة جهاز حفر متنقل يقوم بتكسير التربه عبر الطرق المتكرر على سكين أو إسفين للحفر ، ويضاف الماء أثناء العمل ، ويتم رفع ناتج الحفر إلى الخارج على دفعات ، ويمكن من خلال هذه الطريقة الحصول على عينات مقلقلة بواسطة أدوات وأجهزة إستخراج العينات في التربه الصخرية .

5- - الحفر بطريقة الاجتراف Wash Boring :-

يتم حفر التربه بالطرق عليها بإزميل أو آلة حادة ، ويدفع الماء تحت الضغط في أنبوب داخلي قابل للدوران أو الصعود أو النـزول خلال أنبوب غلافي خارجي ، ويتم بواسطة الماء المضغوط إستخراج التربه المحفورة من بين الأنبوب الداخلي والغلاف الخارجي حيث يشير ناتج الحفر الذى يخرج من الأعلى إلى نوعية التربة الجاري حفرها ، وعند حصول تغيير في نوعية ناتج الحفر يتم إيقاف الحفر حيث يعتبر مؤشراً إلى تغيير في نوعية طبقة التربه الجاري حفرها ، ويتم وصل أنبوبة أخذ العينات بنهاية قضيب الحفرأو بالأنبوبة الداخلية عند أخذ عينة من طبقة التربه الجديدة ، ويتابع الحفر . وتستخدم هذه الطريقة في التربه الرملية والطميية والطينية .

6- - الحفر الدوراني Rotary Boring :-
يتم الحفر بواسطة لقمة دوارة تبقى في تلامس قوي مع قاع الحفر ، وتحمل هذه اللقمة بواسطة مواسير الحفر المجوفة والتي تدار برأس دوار ذو تركيبة ملائمة ، ويضخ سائل الحفر بشكل مستمر إلى الأسفل عبر مواسير الحفر المجوفة من أجل تسهيل عملية الحفر ، وليتم دفع ناتج الحفر إلى الخارج ، ويتكون السائل بشكل عام من الماء ، ويمكن استعمال طين الحفر أو الهواء بدلاً منه ، وذلك حسب نوعية الأجهزة والتربه التي يتم حفرها ، ويتم أخذ العينات بأجهزة خاصة .

وهناك طريقتان للحفر الدوراني هما :

أ- الحُفر المكشوفة Open Holes :-
ويتم فيها الحفر بواسطة اللقمة الدوارة التي تحفر التربه الداخلة في مجال قطرها ، وتؤخذ العينات من فترة لأخرى ، وتستخدم هذه الطريقة لجميع أنواع التربه المختلفة بما فيها الصخر اللين .
ب – حفر العينات الصخرية Core Drilling :-
وهي للحفر بالصخر بحيث يمكن الحصول على العينة الصخرية المستمرة للطبقات على كامل عمق الحفر بواسطة الجهاز نفسه .

7- - الحفر باستخدام الحفار المتصل Continuous – Flight Auger :-
وفي هذه الطريقة يتم إدخال الحفار واستخراج التربة على رأس الحفار بواسطة دفع أنبوبة رقيقة على أعماق طولها 1م وهذه الطريقة تعتبر أسهل وأسرع الطرق لأخذ العينات وتستخدم في جميع أنواع التربه .

 - ردم الحفر
عند الانتهاء من عملية الحفر وأخذ العينات يجب إعادة إغلاق الحفر بالتربة الجافة ودكهـا جيداً ، أو أن تصب فيها الخرسانة العادية أو المونة الأسمنتية ، وذلك حتى لا تتسبب هذه الحفر في إنضغاط التربة أو تكون ممراً للمياه الجوفية أو أية أخطار أخرى .



**كيفية اختيار طريقه تنفيذ الجسات ؟**

**يوجد بعض العوامل منها**

1. - نوع التربه، فمثلا لو التربه صخريه لن تستطيع استخدم الطريقه اليدويه وستستخدم الميكانيكيه.

-2- . عمق الجسه، الطريقة اليدويه تصل لعمق من 10 ل 15 مترلأ لو تحتاج عمق اكبر سستخدم الطريقة الميكانيكيه

3. - مكان الموقع، لو المكان ضيق ومحكوم سستخدم اليدويه لان المكنه الميكانيكيه لن تستطيع ادخلها الموقع

 هذة الحفرة فى في انضغاط التربه او ان تكون ممرا للمياه الجوفيه او اى مشاكل اخرى.

**مراحل التحريات الجيوتكنيكية :**

1. **التحريات الاستطلاعية**يتم جمع ودراسة المعلومات التالية عن الموقع، وتعطي هذه المعلومات فكرة عامة عن التكوينات الأرضية وأنواع الصخور الموجودة والتشققات والحركات الأرضية. وتقسم عملية تحريات التربه الى مرحلتين اساسيتين معتمده على الغرض من اجراء تحريات التربة وهما :-

أ- المخططات والرفوعات المساحية للموقع.
ب- الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية المتوفرة عن المنطقة، والتي يمكن الحصول عليها من قبل الجهات ذات العلاقة.
ج- الصور الجوية والفضائية للمنطقة.
د- أنظمة البناء المستخدمة في المدينة وأية أنظمة واشتراطات أخرى خاصة بالموقع .
هـ- دراسات التربة السابقة وتقارير التربة الزراعية وغيرها من الدراسات المهمة التي أجريت على الموقع.
- أية معلومات أخرى لها علاقة بموضوع الدراسة.

- استكشاف الموقع:
في هذه المرحلة يتم زيارة الموقع على الطبيعة ومقارنة المعلومات التي تم تجميعها عنه مع ما يمكن مشاهدته بالعين المجردة، ووصف التربة والتحري عن المشاكل الموجودة بالموقع، وذلك بسؤال أهل الخبرة عن تاريخ المنطقة ( الأودية والتشققات الأرضية والزلازل أو أية أخطار أخرى سجلت عنها ).

 – ملخص لدراسات التربة السابقة:
يتم إعداد ملخص عام لأية دراسات سابقة، ويمكن إرفاق نسخة من تقرير المسح الابتدائي، وفي حالة عدم وجود تقرير يقوم الاستشاري باتباع الخطوات الموضحة بتقرير المسح الابتدائي، وعمل الخرائط الضرورية، وإعداد وصف شامل للموقع والمشاريع المقترح إقامتها عليه.

1. التحريات التفصيلية

أ- اختبار الاختراق القياسي **standard penetration test** (**SPT**)

ج- تجارب التحميل المختلفه **plate load test**

ت- تحديد منسوب المياه الجوفية
يعتبر تحديد منسوب المياه الجوفية من الأعمال المهمة للدراسات الجيوتقنية وخصوصاً إذا ما كان منسوب المياه في نطاق تنفيذ الأساسات حيث إن معظم المشاكل الفنية التي لها علاقة بالتربة تكون بسبب المياه الجوفية ، ويتم قياس منسوب المياه فور اكتشافها ، ثم تقاس يومياً عند بداية ونهاية يوم العمل

**3-. الاختبارات المعمليه**

بعد الانتهاء من اخذ العينات بالموقع يتم توصيلها للمعمل لاجراء الاختبارات اللازمه عليها، ويتم البدء بالفحص البصري بالعين المجرده لتحديد الاختبارات المطلوبه وتسمي هذه العمليه بالتوصيف المبدئي ويقوم بها مهندسون ذات خبره في مجال التربه، ويتم اجراء الاختبارات التاليه :-

الفحوصات الفيزيائية وتشمل :

1. التحليل الحبيبي للتربه

ب- اختبار محتوي الرطوبه

ج- تحديد الوزن النوعي للتربه

د- تحديد حد اللدونه للتربه

هـ- تعيين معامل النفاذيه للتربه

الفحوصات الهندسية وتشمل :

 ا- فحص مقاومة الانضغاط

1. فحص الانضمام
2. فحص سعة التحميل
3. تعيين معاملات القص للتربة

الفحوصات الكيميائية وتشمل

ا- تعيين محتوي المواد العضويه

ب- تعيين محتوي الكبريتات بالتربه

ت- محتوى الاملاح القابلة للذوبان

**اساليب الغش وطرق تلاعب المقاول في عمل الجسات**

1. يجب ان تقف في مكان مكشوف كاشف كل حركه العمال والمعدات لكى لا تقع  في فخ النزول في الحفره بعدد 2 خط مواسير بجانب بعض ويقوم المقاول بحساب العمق بالضعف

فمثلا يقوم المقاول بتنزيل ماسورتين بجوار بعض كل ماسورة 10 متر ثم يقوم بإخارج ةالماسورتين ويقول لك انه نزل 20 متر ولكن فى الحقيقة هى 10 متر فقط.

 2. احتساب اطوال مواسير في الثابت بالماكينه وهي لم تنزل… انت تستلم منه المواسير اللي كانت في حفره الجسه فقط وتكون خط واحد فقط وتخرج مره واحده امامك ثم تتأكد بانزالها مره اخري بدون فك او ربط،  في الطريقه الميكانيكيه .

3- يجب ان تقوم بالقياس بشريط  القياس الخاص بك

4- . في الجسات اليدويه لا تستلم عمق الحفر بالشريط التابع الماكينه حتى لا تقع فى فخ التلاعب فى الاطوال واحتساب المتر بأنه نص متر، استلم العمق بالشريط الخاص بك.

**تقرير فحص التربة**

بعد الانتهاء من عمل الجسات واخذ عينات سواء بالطريقه اليدويه او الميكانيكيه وعمل الاختبارات الموقعيه والمعمليه يتم اعداد التقرير الفني للتربه، والذي يتضمن الاتي

1 -المقدمه والجهه الطالبه للتقرير

2 -وصف عام للموقع والمناطق المجاوره

3 -عدد الجسات وعمقها ونوعها

4 -وصف عام لطبقات التربه

5 -نتائج الاختبارات الموقعيه والمعمليه

6 -حاله منسوب المياه الجوفيه ونتائج التحليل الكيميائي

7 -توصيات التأسيس والخلاصه ( نوع التأسيس المقترح ومنسوب التأسيس…. اهم نقطه ف التقرير)

8 -قطاع بالجسات الموجوده بالتقرير

9 -جداول الاختبارات ومنحنيات التدرج

– وقبل البدء في التنفيذ لابد من المراجعه الدقيقه لتقرير التربه وخاصه الجزء الخاص بتوصيات التأسيس حيث يتضمن
المعلومات الاتيه

أ- منسوب التأسيس المقترح

ب- اجهاد التربه المسموح

ج- نوع الاساسات المناسب

د- نوع الاسمنت المستخدم

هـ- طرق الحفر وسند الجوانب ان وجدت وطرق نزح المياه الجوفي





**انواع التربه المسببه للمشاكل اثناء البناء**

**1. التربه الانتفاخيه:**

وهي التربه القابله للانتفاخ وهي عباره عن تربه متماسكه في حالتها الجافه الا انها تفقد هذه الخاصيه وتتعرض للانتفاخ بزياده نسبه الرطوبه بها ومن امثلتها: مثل تربة الفاو

-الحجر الرملي sandstone كاولينايت – الايت- مونتموريلينايت

-الحجر الطيني claystone

– الحجر الطميي mudstone

Mud - الطفل

**والتأسيس السليم علي هذه التربه يتم باحدي الطرق الاتيه:**

أ- استبدال التربه تحت الاساسات السطحيه بتربه رمليه لعمق معين (عمليه احلال)

ب- استخدام**انابيب**ترتكز في تربه غير انتفاخيه

ج- معالجه التربه باستعمال الاسمنت والجير عن طريق حقن التربه

د- تصميم الاساسات بحيث تحمل الحركه الناشئه عن الانتفاخ

**2. التربه الانهياريه**

وهي التربه القابله للانهيار وهي موجوده بالبيئه الصحراويه ومن امثلتها (التربه الرمليه المتماسكه – الكثبان الرمليه السائبه) حيث تحتوي هذه التربه علي مواد لاحمه من اكاسيد الحديد وكربونات الكالسيوم بين جزيئاتها مما يعطيها صلابه في حالتها الجافه بينما تتعرض للانهيار المباشر بمجرد اضافه المياه اليها.

**والتأسيس السليم علي هذه التربه يتم باحدي الطرق الاتيه:**

أ- استبدال التربه بتربه احلال مختلفه لعمق معين

ب- استخدام اللبشه في التأسيس لتقليل الاجهادات ومقاومه فرق الهبوط

**3. التربه الطينيه اللينه**
وهي التربه التي تنخفض فيها مقاومه القص مابين 25.0 الي 50.0 كجم/سم2 مع قابليتها العاليه للانضغاط مما يسبب هبوطا كبيره للمنشات .. وتتواجد عند مصبات الانهار وهي تحتوي علي مواد عضويه ليفيه او متحلله.

**والتأسيس السليم علي هذه التربه يتم باحدي الطرق الاتيه:**

أ- استخدام [**اللبشه**](https://www.business4lions.com/2019/08/lebsha.html)في التأسيس مع عمل بدروم للمبني لتقليل الجهد الصافي

ب- استخدام الانابيب في التأسيس

ج- التثبيت باستخدام الجير

**4. الرمل القابل للاساله**

وهو رمل ناعم الحبيبات وموجود تحت منسوب المياه الارضيه..وتتأثر بالزلازل والاحمال الديناميكيه التي تفقدها مقاومتها للقص مما يسبب الانهيار.

**والتأسيس السليم علي هذه التربه يتم باحدي الطرق الاتيه:**

أ- استخدام [**اللبشه**](https://www.business4lions.com/2019/08/lebsha.html)في التأسيس

ب- استخدام **الانابيب**في التأسيس

**5. الرمل المتبقيه**

وهي نواتج تكسير الصخور بعوامل التعريه وتحتوي علي فجوات وكهوف .. ويجب الابتعاد عن التأسيس فوق الكهوف والفجوات.

**والتأسيس السليم علي هذه التربه يتم باحدي الطرق الاتيه:**

أ- استخدام [**اللبشه**](https://www.business4lions.com/2019/08/lebsha.html)في التأسيس

ب- استخدام الحقن للتربه لتعديل خصائصها

**ما هو الحل إذا كانت التربة التى سوف يتم التأسيس عليها لا
تتحمل المبني ؟**

هناك أكثر من حل ويستطيع المهندس المتخصص بخبرته وطبقاً للمعلومات الناتجة من تقرير التربة والناحية الاقتصادية التوصية بالحل المناسب لكل حالة مثل :

 \* استبدال تربة التأسيس بتربة احلال تنفذ طبقاً لمواصفات فنية.

\* تغير نوع الأساسات من أساسات سطحية الى أساسات عميقة .

\* تحسين خواص تربة التأسيس-: الاستعانة بالمحاضرة

* ***Clay activity (C.A)***

Clay activity referring to the ratio between plasticity index )PI (and clay content %C.

*C.A= (PI) (% C)*

|  |  |
| --- | --- |
| %C Classification  | Activity  |
| Non Active  | <0.7  |
| Normally Active  | 0.7-1.25  |
| Active  | 1.25-2.0  |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Activity | C.A | Properties index | System of classification | Depth(m) | B.H. No | Type of sample |
| **Pi****%** | **LL****%** | **PL****%** | **Soil class.** | **Grave. %** | **Sand %** | **Silt %** | **Clay****%** |
| Non Active | **0.62** | **32.0** | **53.0** | **21.0** | **CH** | **0** | **22** | **27** | **51** | **6.5-7** | **1** | DS |
| Non Active | **0.64** | **29.0** | **44.0** | **15.0** | **CL** | **0** | **31** | **24** | **45** | **16.5-17** | **1** | DS |
| Non Active | **0.60** | **28.0** | **47.0** | **19.0** | **CL** | **0** | **29** | **25** | **46** | **13.5-14** | **2** | DS |
| Non Active | 0.61 | 27.0 | 41.0 | 14.0 | CL | 0 | 30 | 26 | 44 | 18-18.5 | 2 | DS |

 **التحريات الجيوفيزيائية (الهندسية)**

**الجيوفيزياء geophysics** علم تطبق فيه مبادئ الفيزياء وقوانينها على طبقات الأرض لدراسة تراكيبها الجيولوجية وما تحويه من مواد خام وثروات باطنية وأحواض مياه جوفية وغيرها، وكذلك إعداد خرائط التراكيب الجيولوجية للصخور تحت السطحية وتعرّف أنواعها، إضافة إلى الكشف عن التصدعات والفوالق وتحديد أماكنها. كما تساعد التحريات الجيوفيزيائية geophysical investigation على حل كثير من المشاكل الهندسية والجيوتقنية والبيئية، مثل تحديد مواقع التكهفات وأعماقها لتقليل المخاطر عند إنشاء المباني والجسور وغيرها، كما تساعد أيضاً على تحديد أعماق الصخور الصالحة لتأسيس المنشآت. وعموماً **تساعد التحريات الجيوفيزيائية الهندسية على:**

- رسم الخرائط الكِفافية (الكونتورية contour) وتحديد أعماق الطبقات؛ ومن ثمّ معرفة سماكة أحواض الترسيب في المنطقة المدروسة.

- تحديد التراكيب الجيولوجية تحت السطحية -كالفوالق والتصدعات- ومدى تأثيرها في المنشآت الهندسية والأنفاق وخطوط الأنابيب بأشكالها عامة؛ والتتابع الطبقي ونطاق الضعف وأماكن التحدب والتقعر.

- تحديد مواقع النفايات الصناعية والكيميائية والنووية المطمورة تحت السطح ومدى تأثيرها في المياه الجوفية ومخاطر انبعاث الغازات المشعة؛ وأماكن تداخل المياه المالحة مع المياه العذبة.

- تحديد سماكة الطبقات الصخرية التي تستخدم قاعدة للمنشآت الهندسية كالسدود والخزانات ومحطات توليد الكهرباء؛ إضافة إلى المحطات النووية.

والجدير بالذكر هنا أن التحريات الجيوفيزيائية تسمح باستكشاف مناطق واسعة وبكلفة قليلة مقارنة بالتحريات الحقلية؛ لكن يصعب في كثير من الحالات الحصول على نتائج تفصيلية دقيقة وكاملة، لذلك تستخدم هذه التحريات بالدرجة الأولى في الأعمال المبدئية لدراسة طبقات التربة.

**[الطرائق الجيوفيزيائية لاستكشاف التربة وتطبيقاتها الهندسية](http://arab-ency.com.sy/%22%20%5Cl%20%22%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9_%28%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%8A%D8%A9%29)**

تستخدم الطرائق الجيوفيزيائية عموماً بهدف استكشاف التربة ودراستها على مساحات واسعة وتحديد خصائصها الجيولوجية والهندسية من دون اللجوء إلى عمليات الحفر المكلفة، ومن دون تغيير معالم السطح. كما أن تطور هذه الطرائق وتنوعها خلال العقود الأخيرة سمح بتقديم بيانات ومعطيات ضرورية للتصميم وبأقل التكاليف خلال فترة زمنية قصيرة، مما أعطى أهمية كبيرة للمسح الجيوفيزيائي في مجالات الهندسة؛ ولاسيما الهندسة المدنية. لا تقتصر تطبيقات الطرائق الجيوفيزيائية على كشف القاعدة الصخرية للمنشآت الهندسية، وتحديد منسوب المياه الجوفية، وتوصيف الطبقات السطحية (رمل-سلت)، أو الكشف عن التربة الضعيفة ومستويات الانزلاق فحسب؛ بل تشمل أيضاً تحديد بعض المعايير والمعاملات التي يحتاج إليها المصمم؛ كمعامل القص والكثافة والمسامية والنفاذية، إضافة إلى بعض المعطيات الضرورية لتصميم الأساسات والمنشآت لمقاومة الزلازل. كما يساعد الاستخدام الصحيح للطرائق الجيوفيزيائية على تحديد أماكن المخاطر غير المتوقعة وإعطاء الاستشارة الهندسية المناسبة لتجنب هذه الأخطار.

هناك العديد من الطرائق الجيوفيزيائية؛ لكنها جميعها تعتمد على قياس التباين في الخصائص الفيزيائية للصخور -مثل الكثافة والمغنطيسية والمقاومية الكهربائية وسرعة انتشار الأمواج- باستخدام أجهزة إلكترونية حساسة مع برمجيات خاصة بكل طريقة. من أهم هذه الطرائق: الطريقة الزلزالية (السيزمية)، الطريقة الكهربائية، الطريقة الكهرطيسية، طريقة الجاذبية الأرضية، طريقة اختراق الرادار.

1. **[طرائق الكشف الزلزالي seismic detection methods:](http://arab-ency.com.sy/%22%20%5Cl%20%22%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9_%28%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%8A%D8%A9%29)**

تنتقل الموجات الزلزالية بسرعات مختلفة بحسب طبيعة الوسط الذي تمر به، وهناك الكثير من العوامل التي تؤثر في سرعة انتشار الموجات؛ مثل الكثافة والرطوبة ووجود الفراغات واستمراريتها؛ إضافة إلى مرونة المادة. تعتمد طرائق الكشف الزلزالي على التباين في خواص التربة المكونة للقشرة الأرضية، ومن هذه الطرائق طريقة التحري بالانكسار seismic refraction methods وتستخدم حتى عمق 300م، وعندما يزيد العمق على 300م تستخدم طريقة التحري بالانعكاس seismic reflection methods.

تولد هذه الطرائق نوعين من الموجات الزلزالية: الموجات الرئيسية أو الطولية (sP-wave) Primary wave التي تنتشر ضمن الأجسام الصلبة والسائلة فتحرك ذرات المادة بشكل موازٍ لمنحى انتشار الأمواج، والنوع الثاني يعرف بموجات القص أو الأمواج الثانوية (S-wave) Secondary wave حيث تتحرك ذرات المادة بشكل متعامد مع منحنى انتشار الأمواج؛ فتؤدي إلى تشوهات قص في الصخور؛ ولكنها لا تنتشر في السوائل. تنتشر الأمواج الرئيسية بسرعة أكبر من الأمواج الثانوية، ولا حاجة إلى سبور واختبارات مخبرية إذا تم تحديد سرعة موجة القص وسرعة الموجة الطولية وقياسهما قياساً صحيحاً تحت منسوب التأسيس. يساعد قياس سرعة الموجات الزلزالية الرئيسية والثانوية بالطرائق الجيوفيزيائية على تحديد الكثير من الخصائص المرنة للتربة؛ إضافة إلى تحمل التربة المسموح به؛ ومعامل رد فعل التربة؛ وكذلك وزنها الحجمي، وذلك باستخدام علاقات تجريبية بسيطة نسبياً، فالعلاقة بين مقاومة التربة والقياسات الجيوفيزيائية مرتبطة بمعامل القص الذي يعدّ مؤشراً وموجهاً لكثير من هذه الخصائص. ويمكن حساب معامل القص ومعامل المرونة الطولي (ثابت يانغ Young) بدلالة كثافة التربة وسرعة الموجات الزلزالية بالعلاقات (1 و2):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12759.jpg |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12753.jpg |

حيث:

p: كثافة التربة، : معامل القص للتربة،: سرعة موجة القص وتقدر بـ m/s، : سرعة الموجة الرئيسية وتقدر بـ m/s أيضاً.

اعتماداً على نظرية المرونة يعطى معامل القص  بدلالة معامل المرونة  كما في العلاقة (3):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12697.jpg |

حيث  : معامل بواسون Poisson للتربة.

ومن ثم تكتب العلاقة بين معامل المرونة ومعامل بواسون والوزن الحجمي للتربة كما في العلاقة (4):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12685.jpg |

حيث : معامل بواسون للتربة،  معامل مرونة التربة،  تسارع الجاذبية الأرضية،  الوزن الحجمي للتربة.

يمكن تحديد معامل بواسون ومعامل مرونة التربة بالعلاقتين (5 و6):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12649.jpg |

حيث  النسبة بين مربع سرعة الموجات الطولية إلى مربع سرعة موجات القص

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12635.jpg |

يحدد معامل رد فعل التربة  اللازم لتصميم الأساسات المرنة بدلالة سرعة موجات القص كما في العلاقة (7):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12620.jpg |

كما يمكن تحديد الوزن الحجمي  للتربة (KN/m3) بعد معرفة سرعة موجات الزلزالية الطولية وذلك باستخدام إحدى العلاقتين (8 و9):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12605.jpg |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12599.jpg |

حيث:

: سرعة الموجات الطولية وتقدر ب m/s

: الوزن الحجمي المرجعي واحدته KN/m3، يعتمد على نوع التربة

للرمل المخلخل والسيلت والطين 

للجص والرمل المرصوص 

حجر الكلسي 

للصخور الرملية المتشققة والشيست 

بعد قياس سرعة موجات القص الزلزالية ومعرفة الوزن الحجمي يمكن تقييم تحمل التربة المسموح  بالعلاقة (10):

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12545.jpg |

حيث:

: عامل أمان يعتمد على سرعة موجات القص الزلزالية، وتعطى قيمه في الجدول (1).

|  |
| --- |
| **الجدول (1) عامل الأمان** |
|

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نوع التربة** | **سرعة موجات القص m/s** | **عامل الأمان n** |
| صخر صلب | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128495.jpg | 1.4 |
| صخر لين | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128505.jpg | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128515.jpg |
| تربة | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128525.jpg | 4 |

 |

: معامل تصحيح يعتمد على عرض الأساس، ويعدّ للصخر مساوياً للواحد، وقيمه مبينة في الجدول (2) لأنواع الترب الأخرى.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
| **عرض الأساس** | **معامل التصحيح** |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128555.jpg | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12467.jpg |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128575.jpg | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12451.jpg |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/Image128592.jpg | http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/12436.jpg |

**الجدول (2) قيم معامل التصحيح qa** |

**2-** [**التحري بالمقاومية الكهربائية electrical resistivity method**](http://arab-ency.com.sy/#%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9_(%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%8A%D8%A9))

تختلف الخواص الكهربائية للتربة المكونة للقشرة الأرضية وذلك بحســب حجم الفراغــات وطبيعتها (متماسكة أو مفككة) وتركيبها الفلزي ودرجة تجانسها ونوع السوائل المحتواة فيها. تتميز الصخور الأساسية الثلاثة (نارية، رسوبية، متحولة) بمقاومية عالية؛ تتناقص في حال وجود تشققات؛ وتزداد تناقصاً إذا أشبعت بالماء. ويتميز الطين المشبع بالماء بمقاومة كهربائية قليلة على عكس التربة الجافة حيث لها مقاومة كهربائية عالية. وتزداد المقاومية الكهربائية للتربة كلما كبر حجم حبيباتها.

تعـد غــالبية الفلزات المكونة للصخور موصلات ضعيفة للكهرباء، لذا فإن الكهربائية تنتقل عن طريق الإيونات الموجودة في مياه المسامات بين الصخور، ومن ثم فإن التوصيل الكهربائي يعتمد بصفة أساسية على الأملاح الذائبة فيها. أما في التكوينات الرسوبية ذات المسامية العالية فتتحكم درجة الإشباع وطبيعة المحلول الكهرليتي (الإلكتروليت electrolyte) والمسامية في المقاومية. لذلك تعد المقاومية معاملاً متغيراً بين تكوين صخري وآخر؛ بل ضمن التكوين نفسه. يبين الجدول (3) المقاومية (المقاومة النوعية) لبعض الصخور، كما يبين الشكل (1) تغير طبقات التربة مع العمق بحسب المقاومية الكهربائية.

|  |
| --- |
| http://arab-ency.com.sy/img/res/3/1444/1444.jpg |
| **الشكل (1) تغير المقاومية الكهربائية مع العمق.** |

تستخدم هذه الطريقة في تحديد أماكن أحواض المياه الجوفية وأبعادها وخصائصها؛ وتحديد مدى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية.

كذلك تستخدم هذه الطريقة في تحديد عمق الصخور الصلبة؛ ومعرفة التشكلات الجيولوجية؛ وتحديد الطبقات ذات التراكيب المختلفة والحدود الفاصلة فيما بينها؛ إضافة إلى الحدود الفاصلة بين الرمل والطين؛ وتحديد التصدعات والفوالق، كما تساعد على تحديد منسوب المياه الجوفية وعمق الماء. وعليه يمكن حل كثير من المشاكل الهندسية التي تنشأ عند تصميم المنشآت الهندسية وتنفيذها؛ والكشف عن الطبقات الصخرية اللازمة قاعدةً لهذه المنشآت وتحديد مدى ملاءمتها.

**الجدول (3) المقاومية الكهربائية للصخور**

|  |  |
| --- | --- |
| **المقاومية الكهربائية resistivity****(ohm-m)** | **نوع الصخر أو التربة** |
| 10-107 | البازلت |
| 100-106 | الغرانيت |
| 100-108 | الرخام |
| 1-108 | الصخر الرملي |
| 50-107 | الحجر الكلسي |
| 100-5000 | الجص |
| 500-5000 | الرمل |
| 1-100 | الطين |

**3-**[**طريقة الجاذبية الأرضية  gravity method**](http://arab-ency.com.sy/#%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9_(%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%8A%D8%A9))

تعتمد هذه الطريقة على قياس الجاذبية الأرضية للموقع؛ إذ تختلف من مكان إلى آخر وفقاً لكثافة الصخور والتركيب الجيولوجي للمنطقة؛ لأن الجاذبية تتناسب طرداً مع الكتل الجاذبة وعكساً مع مربع المسافة، لذلك لابد من استخدام أجهزة عالية الحساسية ودقيقة القياس لتسجيل التغيرات القليلة في تسارع الجاذبية الأرضية؛ ثم رسم خريطة تغيرات الجاذبية لمنطقة ما؛ وبيان التراكيب الجيولوجية من فوالق وطيات؛ إضافة إلى توضيح أماكن تداخل الصخور النارية ذات الكثافة العالية مع الصخور الرسوبية ذات الكثافة الأقل. وتستخدم طريقة الجاذبية الأرضية عموماً لتكوين فكرة عن امتداد الأحواض الرسوبية ومواقع الفوالق والتصدعات.

**[4- طريقة اختراق الأرض بالرادار](http://arab-ency.com.sy/%22%20%5Cl%20%22%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%81%D9%8A%D8%B2%D9%8A%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9_%28%D8%A7%D9%84%D9%87%D9%86%D8%AF%D8%B3%D9%8A%D8%A9%29)**

اختراق الأرض بالرادار Ground Penetrating Radar (GPR) بالأمواج الكهرطيسية طريقة جيوفيزيائية عالية الدقة لكشف التربة والصخور، تحت السطحية. استخدمت هذه الطريقة أول مرة في عام 1970 في القارة القطبية الجنوبية ولاقت بعد ذلك انتشاراً واسعاً في التطبيق العملي. تطبيقات الاختراق بالرادار (GPR) متنوعة جداً وتشمل الكشف عن مواقع العناصر الخدمية المدفونة والكشف عن التكهفات؛ إضافة إلى أماكن الفوالق والتصدعات في الصخور. كما تشمل تطبيقات الاختراق بالرادار تحديد مكان حديد التسليح في الخرسانة؛ والتحريات الجيوتقنية والأثرية والبيئية أيضاً، وتعد طريقة فعالة لمراقبة الجودة في المشاريع الهندسية.

**تشمل تطبيقات هذه الطريقة ما يلي:**

- رسم خرائط الأنابيب (بما في ذلك أنابيب PVC) والكيبلات والأشياء الأخرى المدفونة تحت الأرض.

- التفتيش المستمر للطبقات المكونة لأرصفة الطرق ومدارج المطارات والحصول على البيانات والتغيرات التي تطرأ على طبقات الطرق السريعة وطبقات الرصف وإصلاحها على الفور.

- رسم خرائط التكهفات أو الفراغات الموجودة تحت الطرق ومدارج المطارات أو تحت الأنفاق.

- رصد خطوط السكك الحديدية، وكشف مناطق احتمال الانهيارات الطينية.

- الفحص المفصل للمنشآت الخرسانية؛ وتحديد موقع قضبان التسليح والقنوات في العناصر مسبقة الإجهاد. كما يمكن استخدام هذه الطريقة في رسم خرائط ثلاثية الأبعاد لطبقات التسليح في المباني، وهذا يجنب الضرر عند حفر العناصر الإنشائية.

- مراقبة الجودة عند صب المنشآت الخرسانية؛ مثل الجوائز وركائز الجسور والكشف عن أماكن التعشيش والفراغات.

- تستخدم طريقة الاختراق بالرادار للكشف عن الفوالق وتحديد درجات التصدع في الكتل الصخرية؛ للتحقق من سلامتها لاستخدامها قواعد للمنشآت الهندسية ومستودعات النفايات النووية.