First Lecture (1)

المحاضرة الأولى

1 – الهندسة الجيوتكنيكية:

هو علم تطبيق المحاكمة الهندسية ومبادئ ميكانيك التربة لحل مشاكل التلاقي بين التربة والمنشأ والمنشآت الاسنادية. وهي فرع من فروع علم الهندسة الذي يتناول موضوعين:

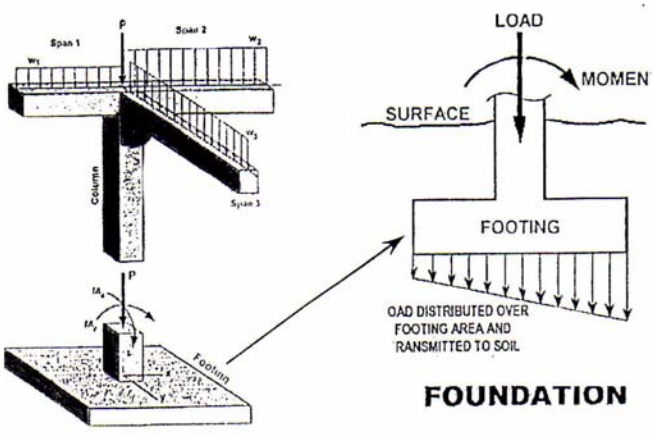
1) تقييم قدرة التربة على حمل الحمولات بدون حدوث انهيار قص أو هبوط زائد.
2) تصميم عنصر انشائي مناسب لنقل الحمولة من المنشأ العلوي إلى التربة مع أخذ الاقتصادية بعين الاعتبار.

2 – تعريف الأساسات:

تتكون المنشآت كلها من جزأين: جزء علوي فوق التربة superstructure وجزء سفلي ضمن التربة substructure وهي الأساسات

الأساسات:

هي عناصر انشائية تتوضع تحت المنشآت وتكون مسؤولةً عن حمل الحمولات. ونعرفها بشكل عام أنها هي أخفض جزء من المنشأ أو المبنى التي تنقل وزنها بشكل آمن للتربة المتوضعة أسفل أو إلى الصخر.



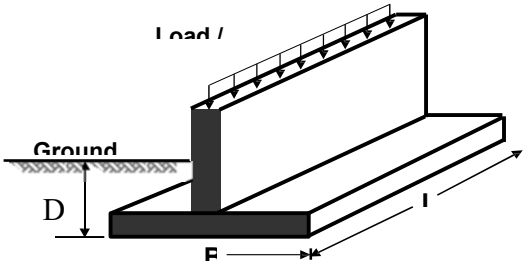
3 – تصنيف الأساسات:

تصنف الأساسات إلى سطحية وعميقة (سنتناول في هذا الفصل الأساسات السطحية فقط)

<u>الأساسات السطحية:</u>

تدعى سطحية لأنها تتوضع على عمق صغير (نسبة لأبعادها) تحت سطح التربة. يتراوح عمق الأساسات السطحية من سطح التربة وحتى ثلاث مرات عرض الأساس (تقريبا 6 متر). تتضمن الأساسات السطحية:**الأساس المنفرد** مثل الدائري أو المربع أو المستطيل، **والأساس المستمر** الذي يدعم الجدران، **والأساسات المشتركة** بالإضافة **للحصائر**.

الأساس المستمر المبين في الشكل عرضه B وطوله L. عمق التأسيس تحت سطح الأرض الطبيعية D_f.

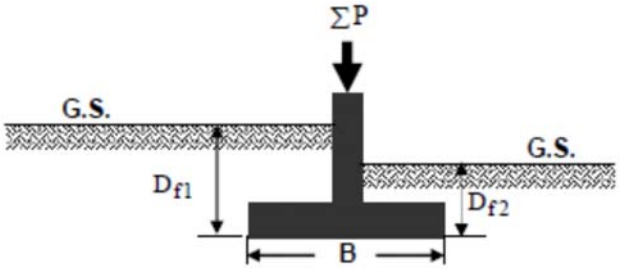


الشكل 1

يجب أن يكون عمق التأسيس كافياً لـ:

1) نتجنب الانهيار الجانبي للتربة تحت الأساسات.
2) نتجنب التغيرات المناخية الفصلية مثل التجمد ونشاط المواد العضوية.
3) أن يكون الأساس أمينا ضد الانقلاب، الانزلاق، انهيار الدوران، انهيار القص الكلي والهبوط الزائد.

عرّف ترزاكي الأساس السطحي بأن عمقه D_f أقل أو يساوي عرضه B أي ($Df / B \leq 1$)، بغير هذه الحالة يعتبر الأساس عميقاً. أحيانا قد يكون هناك أعماق تأسيس مختلفة تحت سطح الأرض الطبيعية كما يبين الشكل 2 . لمثل هذه الحالات نختار عمق التأسيس العمق للجانب السطحي، بالإضافة يجب أن نقارن الضغط المطبق مع تماسك التربة لنقرر نوع الأساس المطلوب تصميمه كما يلي:



الشكل 2

إذا كان :

$$(D_{f1.} * \gamma - D_{f2} * \gamma) > \frac{q_u}{2}$$

يصمم العنصر كجدار استنادي أما إذا كان:

$$(D_{f1.} * \gamma - D_{f2} * \gamma) \le \frac{q_u}{2}$$

نصممه كأساس.

حيث q_u هي مقاومة الضغط غير المحصور للتربة التي نحسبها من مبادئ ميكانيك التربة وفق الحالات التالية:

المعادلة العامة:

$$\sigma_1 = \sigma_3 * \tan^2(45 + \phi/2) + 2 * c * \tan(45 + \phi/2) \qquad (1)$$

من أجل اختبار مقاومة الضغط غيرالمحصور (U.C.T) لدينا:

$$\sigma_I = q_u \quad \sigma_3 = 0$$

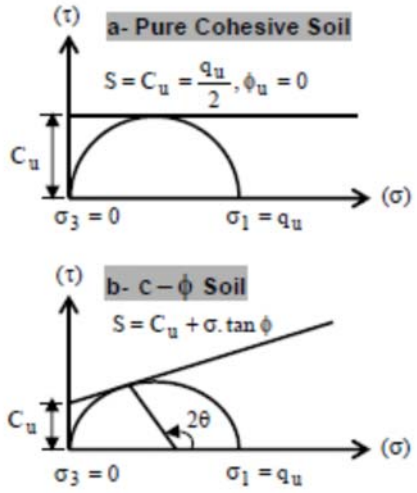
ومنه يكون:

- للترب المتماسكة تماما $\Phi=0$ تصبح المعادلة(1) على الشكل التالي:

$$q_u = 2 * C_u \qquad (2)$$

- للترب $C-\Phi$ تصبح المعادلة:

$$q_u = 2 * C_u * \tan(45 + \phi/2)$$



الشكل 3

4 – هبوط الأساسات:

الهبوط هو الانزياح الشاقولي للمنشأة أو الأساس أو الطريق. هبوط الأساس عند الحمولة الحدية S_u متغير ويعتمد على عدة عوامل.بناء على القياسات المخبرية والحقلية. لأي نوع أساس، يجب أن نضمن أن لاتزيد الحمولة بواحدة المساحة عن قيمة حدية كي لا تسبب انهيار قص في التربة. هذه القيمة الحدية هي قدرة تحمل التربة الحدية q_{ult} وعادة يستخدم عامل أمان 3 أو 4 لنحصل على قدرة تحمل التربة المسموحة q_{all} التي يمكن أن تحسب كما يلي:

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

ومع ذلك ، استنادا إلى شروط الهبوط الحدي ، هناك عوامل أخرى يجب أخذها في الاعتبار في حساب قدرة التحمل المسموح بها.

الهبوط الكلي S_Tللأساس عبارة عن مجموع ثلاثة مكونات:

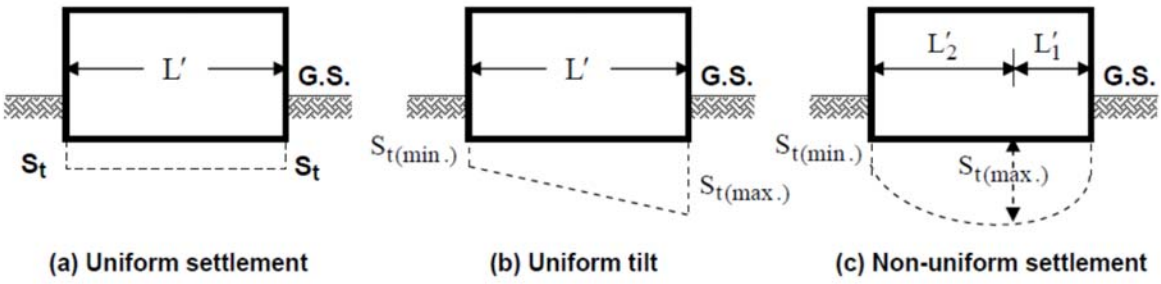
1) الهبوط المرن أو الآني S_i (معظمه في الرمل)
2) هبوط الانضغاط الأولي والثاني S_c و S_{cs} (معظمه في الغضار)

$$S_T = S_i + S_c + S_{cs}$$

تزودنا معظم معايير ونظم الأبنية هبوط حدي مسموح به للأساس قد تكونأقل من الهبوط الناتج عن q_{all} ولذلك يجب أن نأخذ بعين الاعتبار قدرة التحمل الموافقة للهبوط المسموح به.

المنشأة التي تحتوي عدة أساسات سطحية تخضع لنوعين من الهبوطات:

1) هبوط متجانس وموحد
2) هبوط تفاضلي



الشكل 4

يبين الشكل 4.a، الهبوط المتجانس والذي يحصل عندما تبنى المنشأة فوق حصيرة صلبة. ولكن بسبب الحمولات المختلفة على الأساسات قد يحدث هبوطاً تفاضليا.

ولدينا ميلان متجانس كما في الشكل 4.b أو هبوط غير متجانس كما في الشكل 4.c.

وتحسب قيمة التشوه Δمنالعلاقة:

للميلان المتجانس كما في الشكل 4.b تكون:

$$\Delta = \frac{S_{t(\max)} - S_{t(\min)}}{L'}$$

للهبوط غير المتجانس تكون قيمة التشوه:

$$\Delta = \frac{S_{t(\max)} - S_{t(\min)}}{L'_1}$$

تحددالمعايير قيم الهبوط التفاضلي المسموح لمختلف المنشآت.

إن التصميم النهائي للأساس يعتمد على:

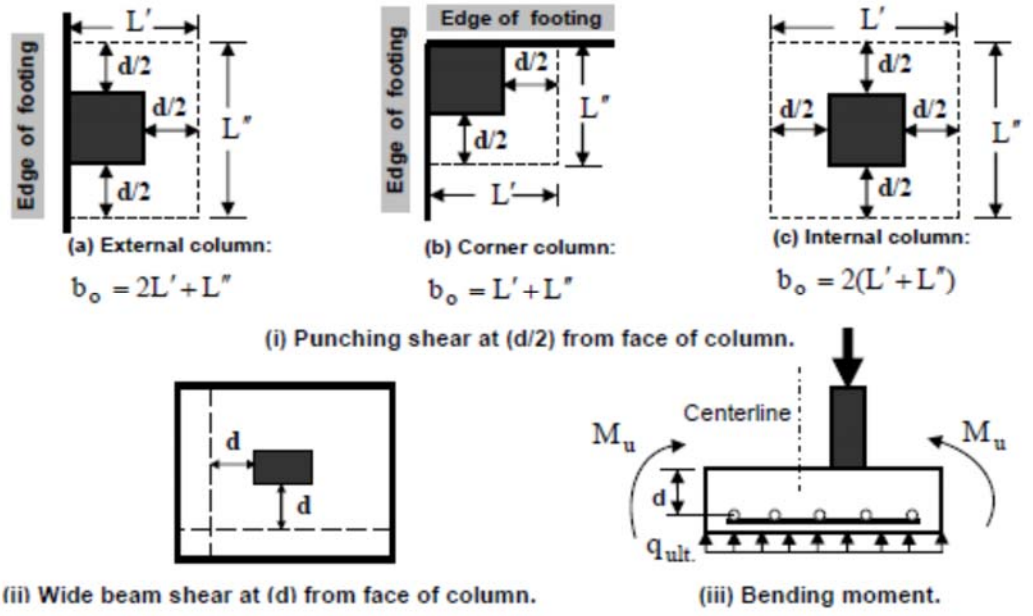
1) قدرة تحمل التربة الحدية
2) الهبوط المسموح
3) الهبوط التفاضلي المسموح للمنشأة.

إذا من الضروري التحقق من قدرة تحمل التربة ومن الهبوط المتوقع للمنشأ قبل اعتماد أي حل أو تصميم مقترح.

5-أشكال انهيار الأساسات:

يمكن أن يحدث الانهيار نتيجة الحمولة وفق واحد أو اثنين من الأنماط التالية:

1) قص الثقب Punching Shear ويحدث عندما تزيد الحمولة المركزة على العمود مما يؤدي إلى دخول العمود ضمن الأساس، أو عندما تزيد الحمولة الموزعة حول العمود عن الحد المسموح.
2) قص جائزي wide-beam shear
3) عزم الانعطاف Bending Moment هذا الانهيار يحدد أماكن توزع حديد التسليح، ووظيفتها.



الشكل 5

التحريات الحقلية

1) التحريات الحقلية:

هي كل الأعمال المكتبية والمخبرية التي تنفذ لتحري التربة السطحية أو الصخرفي أي موقع من أجل الحصول على المعلومات المطلوبة في التصميم والتنفيذ، وهو أول خطوة في تصميم الأساسات.

هو عبارة عن ثلاث خطوات رئيسية تبدأ من تنفيذ السبور، ومن ثم جمع العينات، وفيما بعد إنجاز الاختبارات.

- **أطوار التحريات الحقلية:**

ثلاثة أطوار وهي:

-طور الاستطلاع: تحميع المعلومات واستطلاع الموقع

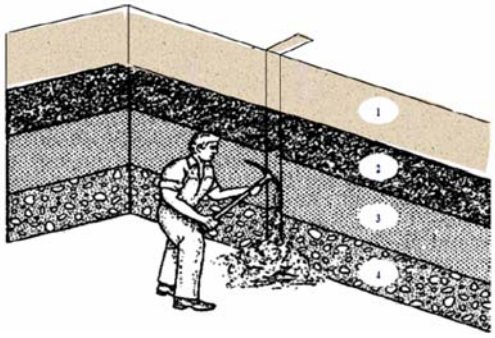
-طور التحريات الأولية: عدد وعمق السبور

- طور التحريات التفصيلية: يتم تنفيذ سبور إضافية وعينات إضافية من الترب الضعيفة لاعطاء صورة واضحة.

2) الحفر والسبور:

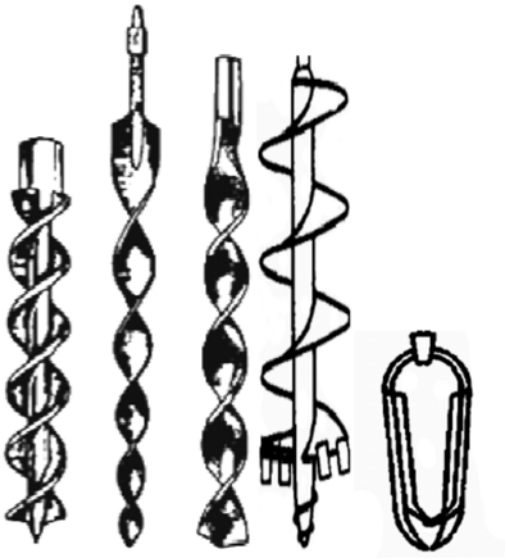
طرق الحفر:

1) حفر اختبار يدوية: تفحص بها التربة السطحية وتؤخذ عينات مضطربة وغير مضطربة كما في الشكل 6.



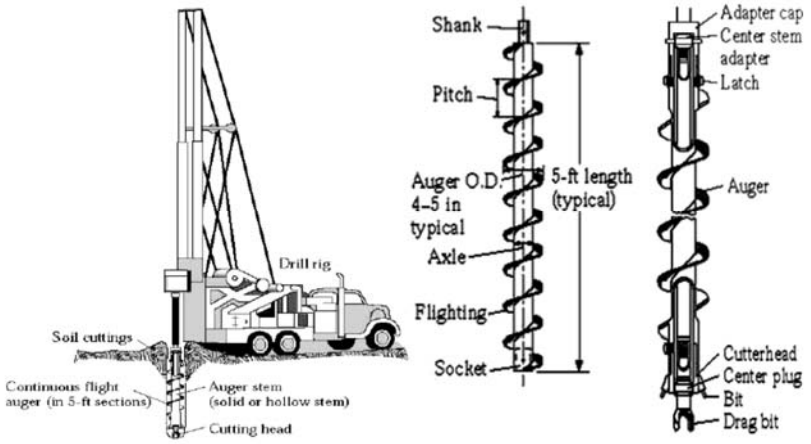
الشكل 6

2) حفر بالمثقاب يدوياً: ويتكون من مثقاب قطره 10–20cm يتم التحكم به يدوياً كما في الشكل 7.



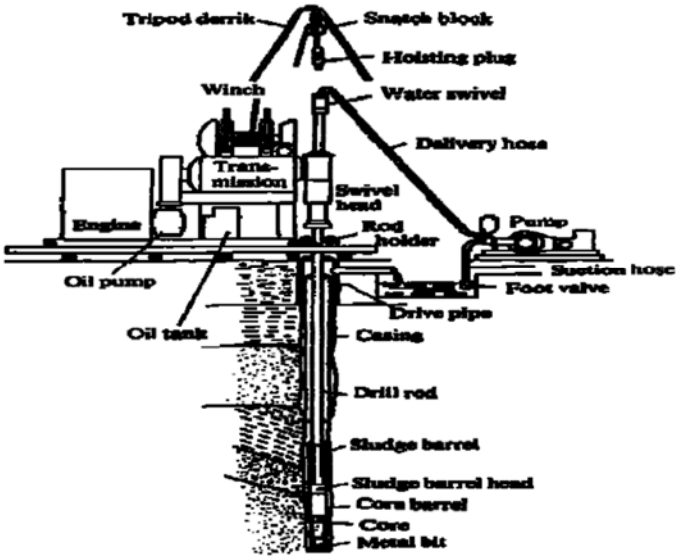
الشكل 7

ويمكن أن يكون آليا حيث يربط بجرار آلي ويكون قطر الساق المفرغة 20–75cm ويقوم بحفرة 100–250cm مبين في الشكل8.



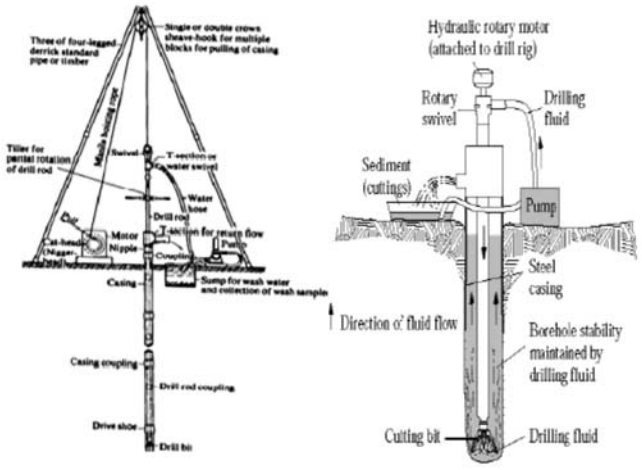
الشكل 8

3) حفر بالغسيل: يتم ضخ المياه إلى أسفل الحفرة كما في الشكل 9وبذلك تصعد التربة إلى السطح وتجمع ومن ثم تؤخذ للتجفيف لنحصل على عينات للاختبارت.



الشكل 9

4) حفر دوراني: يتم بواسطة انبوب حفر مزود برأس قاطعة يحفر الطبقات الصخرية ويرافق الحفر ماء وهواء كما في الشكل 10.



الشكل 10

3) تحديد منسوب المياه الجوفية:

يجب أن يراقب كل 24 ساعة ضمن الحفرية المنفذة واتخاذ الاجراء اللازم في حال حدوث انخفاض أو ارتفاع مفاجئ.

4) الطرق الجيوفيزيائية:

يمكن استخدام الطرق الحديثة التي تعتمد على سرعة الموجات عبر مرورها من طبقات التربة المختلفة وبالتالي حسب سرعة الموجة المسجلة يمكن معرف نوع الوسط الذي تمر به.

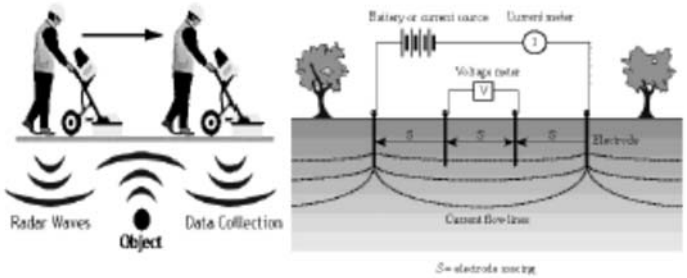
أهم هذه الطرقهي:

(1) Ground Penetration Radar (GPR) الرادار ال

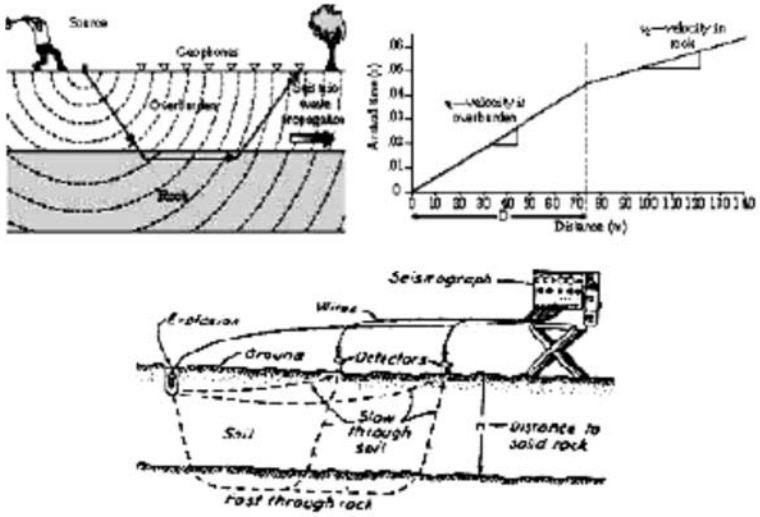
(2) Electrical Resistivity Method (ERM)

(3) Electromagnetic Method (EM)

(4) Seismic Methods



(b) Ground penetration radar. (a) Electrical resistivity method.



(c) Seismic survey method.

يبين الجدول التالي سرعة الموجات السيسمية ضمن مختلف أنواع الترب:

Type of soil	Seismic Velocity (m/sec)
Dry silt, silt, loose gravel. loose rocks, talus, and moist fine-grained soil	150 –180
Compacted till, indurated clays, gravel below water table, compacted clayey gravel, cemented sand, and sandy clay	750 – 2250
Rock, weathered, fractured, or partly decomposed	600 – 3000
Sandstone, sound	1500 – 4200
Limestone, chalk, sound	1800 – 6000
Igneous rock, sound	360 – 6000
Metamorphic rock, sound	300 – 4800

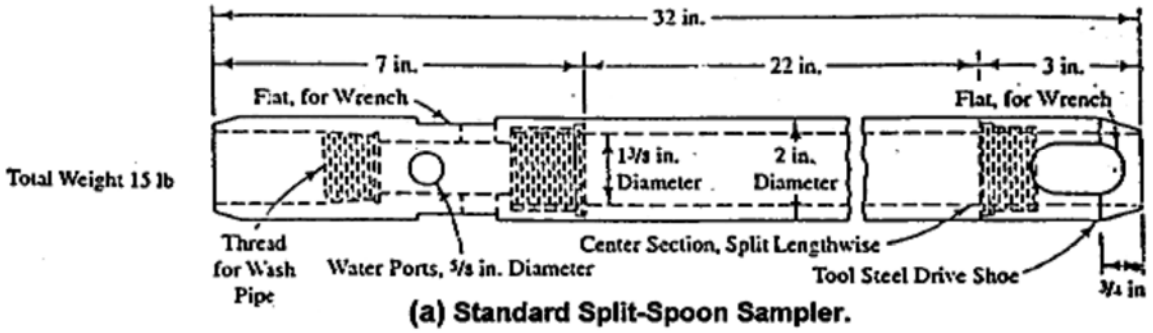
5) العينات:

خلال عملية السبر يجب أن نحصل على ثلاثة أنواع من العينات بحيث تعطينا صورة واضحة للتقييم الجيوتكنيكي وهي:

a) العينات المضطربة Disturbed samples (D): نحصل عليها من المثقاب حيث تقص من أعماق معينة.

b) عينات غير مضطربة Undisturbed samples (U) نحصل عليها باستخدام أنبوب قطره 100mm وطوله (400−450)mm

c) SS samples وتؤخذ من تجربة Split Spoon Sampler في تجربة الاختراق النظامي لأعماق مختلفة.



(a) Standard Split-Spoon Sampler.

6) الاختبارت:

تطبق الاختبارات على الأنواع الثلاث من العينات كما يلي: العينات غير المضطربة U تختبر على المقاومة، الانضغاطية لدراسة مواصفات الإجهاد–تشوه، التصنيف والكيميائية. بينما العينات D و SS تختبر على العينات الفيزيائية والتحاليل الجيوتكنيكية والاختبارات الكيميائية.

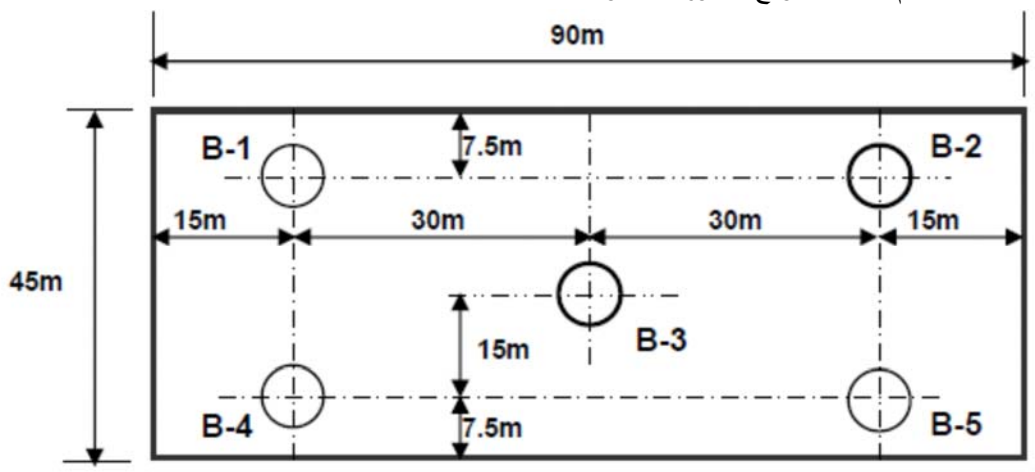
6–1 المخبرية:

نستخدم المواصفات الأميركية أو البريطانية أيهما أنسب وتنقسم إلى:

1) اختبارات التصنيف: التحليل الحبي والهايدرومتر، محتوى الرطوبة، حدود أتربرغ، الوزن النوعي، الوزن الحجمي الجاف والرطب.
2) اختبار الرص: اختبار بروكتور المعدل للحصول على الكثافة الجافة العظمى وما يقابلها من رطوبة مثلى.
3) اختبار القص والانضغاطية: الضغط غير المحصور أو الضغط الثلاثي و الانضغاطية أحادية المحور.
4) الاختبارات الكيميائية: محتوى الكبريتات %(SO_3^{-2})، الأملاح المنحلة الكلية (T.S.S)، محتوى المواد العضوية %(ORG)، قيمة PH، محتوى الكربونات (CO_3^{-2})، محتوى الكلوريد %(Cl^{-1}).

6–2 الحقلية:

يجب في البداية أن ينظم مخطط لمواقع السبور كما هو مبين.



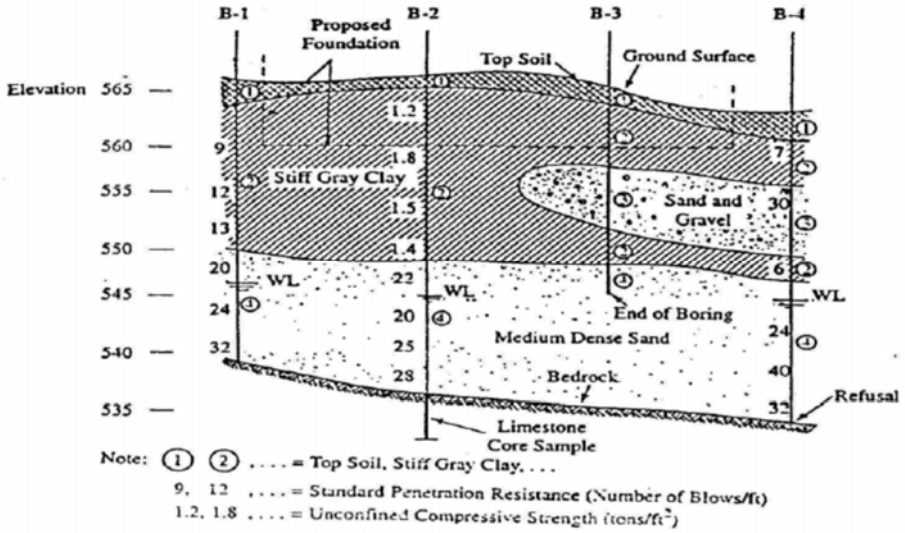
ويحدد رقم لكل سبر كما هو مبين في المخطط. وتسجل على ورقة بيانات خاصة لكل سبر وتسجل كل المعلومات المتوفرة عن السبر ونتائج اختبارات العينات المستخرجة منه كما يبين النموذج المرفق.

DRILLING COMPANY, INC. BORE HOLE NO.: ----------
PROJECT: LOCATION: ----------

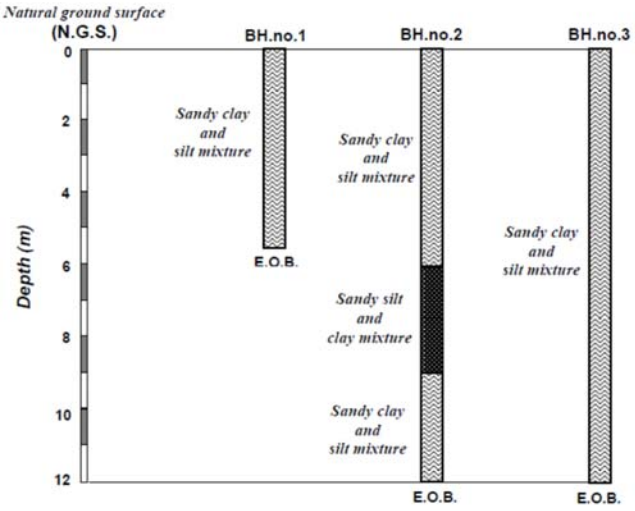
Name ----------Date Time Depth Casing at
Address ----------
CASING (SIZE AND TYPE) ----------
SAMPLE SPOON (SIZE AND TYPE) ----------
HAMMER (CSG): WT. ----------, DROP ----------
(SPOON): WT. ----------, DROP ----------
DATE: STARTED ----------, COMPLETED ----------, DRILLER ----------

Field Samples		Depth of Sampling (m)		'N'- Value			Visual Description of Soil
No.	Type	From	To	6″	6″	6″	
1	D	0.0	2.0				Black and grey moist fill,
2	U	2.0	4.0				Black peat.
3	S.S	4.5	5.0	11	14	6	Sandy clay and silt mixture.
4	D	5.0	7.0				Sandy silt and clay mixture.
5	U	7.0	9.0				Silt with fine gravel and traces of fine sand.
6	S.S	9.5	10.0	4	8	3	Sandy clay and silt mixture.

ومن ثم يرسم مقطع جيولوجي بناء على البيانات التي تم الحصول عليها من الاختبارات كما يبين الشكل.



وبالتالي يمكن رسم واقعي للسبور ضمن الموقع وتطبق الترب ضمنه كما هو مبين.



7 – عدد السبور:

من المعروف أنه كلما كان عدد السبور أكثر وكان التباعد بينها أقل كلما كانت النتائج أكثر دقة. وقد يتطلب العمل سبور إضافية عن المتوقع وذلك حسب وضع تطبقات التربة ونتائج السبور.

في حال كانت ظروف التربة متجانسة والمعلومات الجيولوجية محدودة يمكن الاعتماد على الجدول التالي لتحديد عدد السبور للأبنية المتوسطة والخفيفة الأحمال ومؤسسة على أساسات سطحية

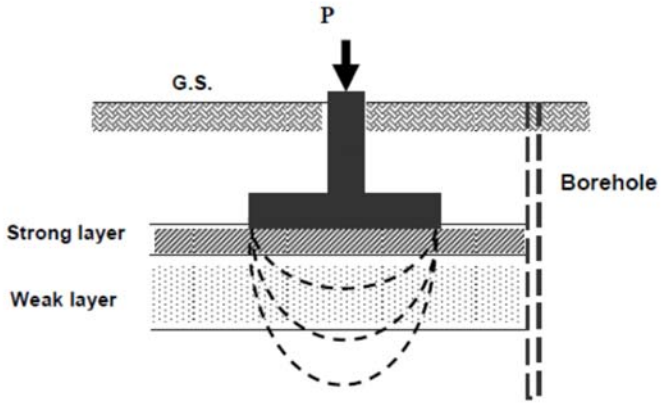
Subsurface Conditions	Structure Footprint Area for Each Exploratory Boring (m^2)
Poor quality and / or erratic	100 – 300
Average	200 – 400
High quality and uniform	300 – 1000

8– عمق السبر:

من جهة نظر توزع الاجهادات فالاشتراطات وضعت بعض المعايير للعمق الأدنى للسبر وهي:

<u>حالة الأساسات:</u>

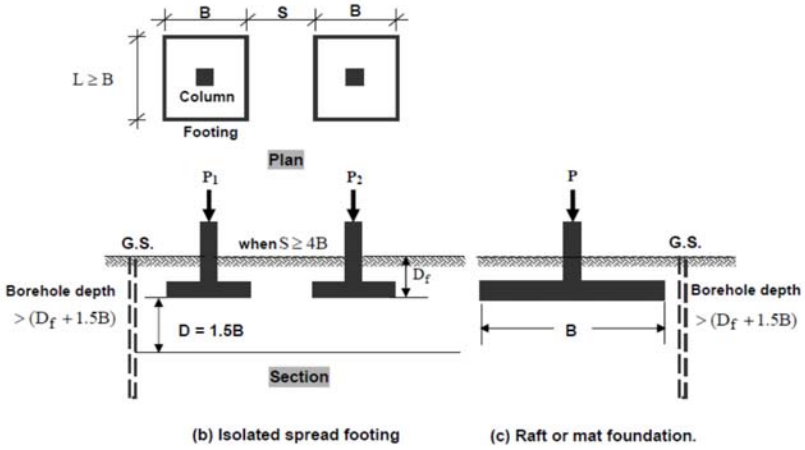
1) يجب أن تمتد السبور إلى أعماق أخفض من الترسبات مثل التربة السطحية، الترب العضوية، الخث، الردم الاصطناعي، الترب الغضارية الطرية جدا والمنضغطة.
2) يجب أن يكون السبر عميق بشكل كافي حتى يتم التحقق من وجود طبقة تربة أضعف بأعماق كبيرة قد تستقر تحت الحمولات المطبقة.
3) أعمق من الطبقة السطحية القوية التي قد تستقر تحتها طبقة ضعيفة قد تكون سببا للانهيار كما يبين الشكل



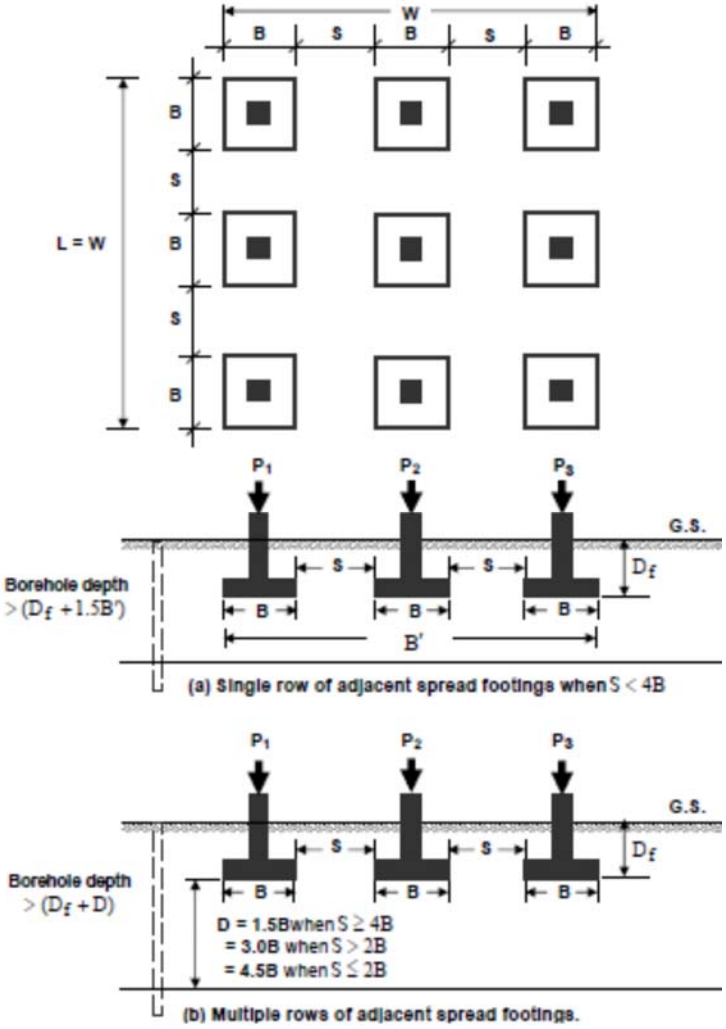
4) العمق الذي يكون فيه تزايد الاجهادات الناتجة عن حمولات المبنى أقل من 5% من الضغط المسبق overburden pressure.

5) العمق الذي يكون فيه تزايد الاجهاد الشاقولي مع العمق الناتج عن حمولات المبنى أقل من 10% من الاجهادات المطبقة عند مستوى التأسيس (ضغط التماس)

6) للأساسات المنفردة أو الحصائر، يجب التحري لعمق 1.5B (حيث B هو البعد الأصغر من الأساس أو الحصيرة) كما يبين الشكل



7) في الموقع الذي يتواجد فيه تداخل بالأساسات يتم التحري لعمق 1.5B´ (حيث B´ هو عرض الأساسات المتداخلة) كما يبين الشكل



8) للمنشآت الثقيلة (الضغط 200kPa>) يجب أن يمتد السبر إلى عمق 2B (B هو عرض الأساس).

9) للأساسات الشريطية يجب التحري لعمق ليس أقل من 3B (B عرض الأساس) من أجل B>6m و L/B≥10.

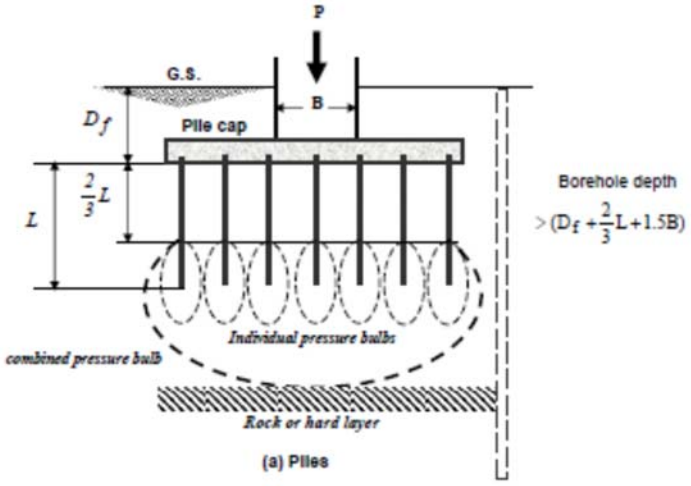
10)للأبنية الصناعية (المشافي – المباني المكتبية) أوصى **Sowers (1970)** بأنه يجب التحري للأعماق التالية:

- للأبنية الفولاذية والبيتونية الخفيفة $D = 3 * S^{0.7}$
- للأبنية الفولاذية والبيتونية الثقيلة $D = 6 * S^{0.7}$

حيث D عمق السبر S عدد طوابق المبنى كما يمكن (حسب عدة مراجع) إضافة D_f عمق التأسيس للقيمة التي نحصل عليها.

إذا كان من المتوقع تنفيذ أوتاد فيتم التحري للعمق D حيث $D = (D_f + \frac{2}{3}L + 1.5B)$ أو $D = (L + 3m)$

كما يبين الشكل



الخزانات

يتم التحري لـ:

1) عمق الطبقة الكتيمة
2) ليس أقل من ضعفي الضاغط الهيدروليكي المتوقع

السدود:

للسدود الترابية: يجب أن يكون عمق السبر على الأقل 1.5 مرة من قاعدة الأساس

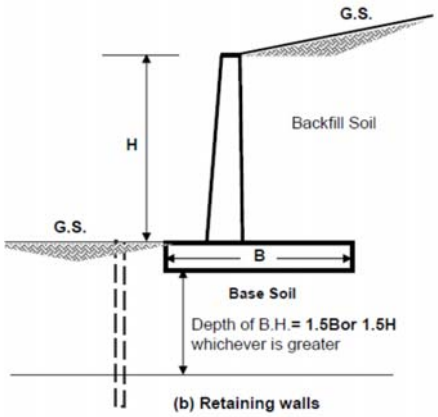
للسدود البيتونية: يجب أن يتراوح عمق السبر من 1.5مرة إلى 2 مرة من ارتفاع السد.

الطرق والجسور:

على الأقل 5m تحت مستوى الطريق النهائي.

الجدران الاستنادية والمنحدرات:

1) 1.5B (حيث B عرض قاعدة الجدار) أو 1.5H (H ارتفاع الجدار) أيهما أكبر تحت منسوب الجدار كما يبين الشكل



2) بالإضافة إلى أنه يجب أن يكون أسفل الطبقات القابلة للانضغاط أو الردم الاصطناعي وأعمق من سطح الانزلاق.

9 – تجارب التحميل الحقلي:

إنها الطرق التي تتحرى علاقة الاجهاد–تشوه للتربة (حمولة–هبوط). ومن ثم يتم استخدام النتائج لتقدير قدرة تحمل التربة.