

المحاضرة الثانية التحريات الحقلية

(1) التحريات الحقلية:

هي كل الأعمال المكتبية والمخبرية التي تنفذ لتحري التربة السطحية أو الصخر في 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: تجميع المعلومات واستطلاع الموقع

-طور التحريات الأولية: عدد وعمق السبور

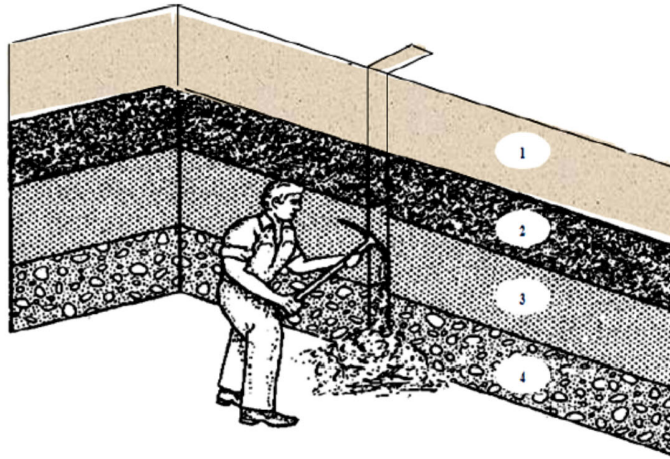
- طور التحريات التفصيلية: يتم تنفيذ سبور إضافية وعينات إضافية من الترب الضعيفة لاعطاء صورة واضحة.

(2) الحفر والسبور:

طرق الحفر:

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

.6

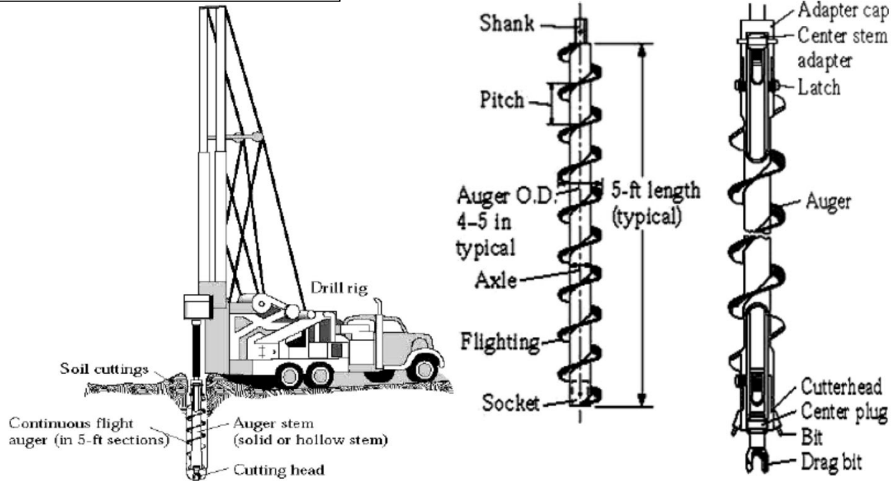


الشكل 6



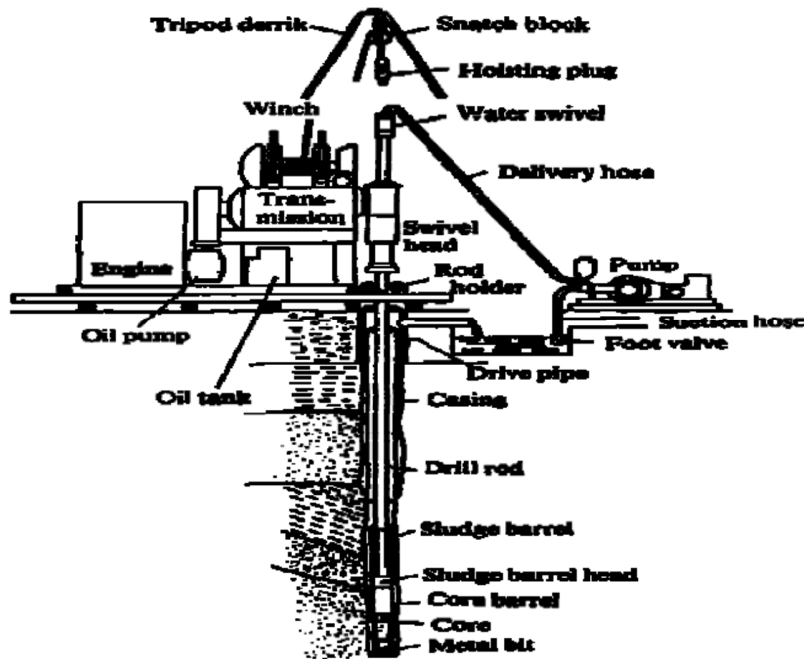
الشكل 7

(2) حفر بالمتقاب يدوياً: ويتكون من متقاب قطره 10-20cm ويتم التحكم به يدوياً كما في الشكل 7. ويمكن أن يكون ألياً حيث يربط بجرار آلي ويكون قطر الساق المفرغة 20-75cm ويقوم بحفرة 100-250cm مبين في الشكل 8.



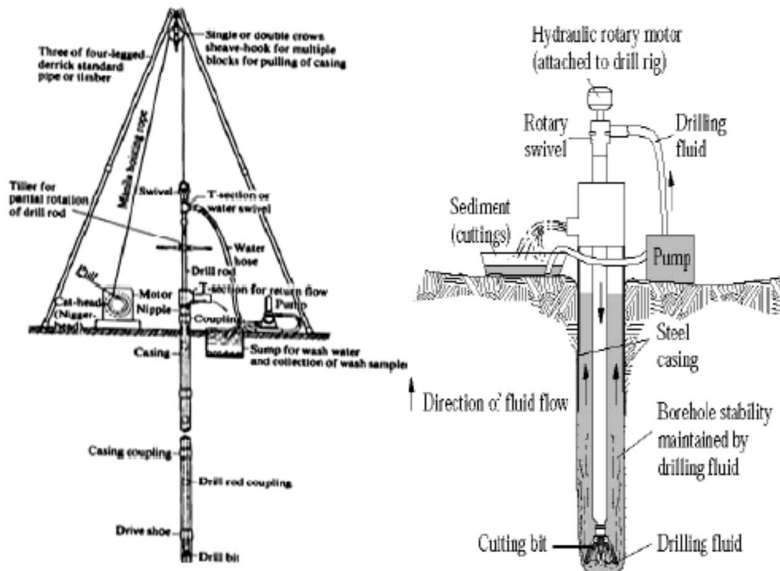
الشكل 8

(3) حفر بالغسيل: يتم ضخ المياه إلى أسفل الحفرة كما في الشكل 9 وبذلك 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

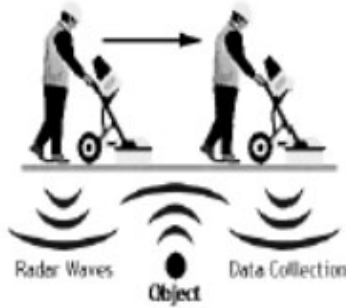
(3) تحديد منسوب المياه الجوفية:

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

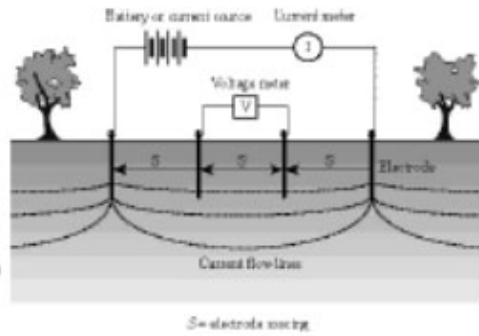
(4) الطرق الجيوفيزيائية:

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 الطرق هي:

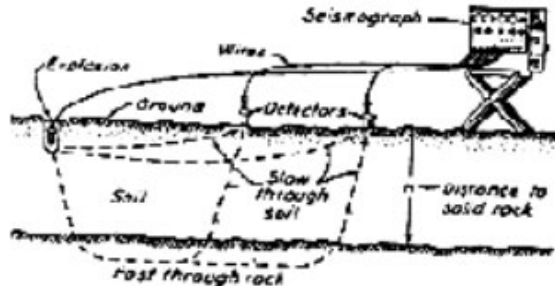
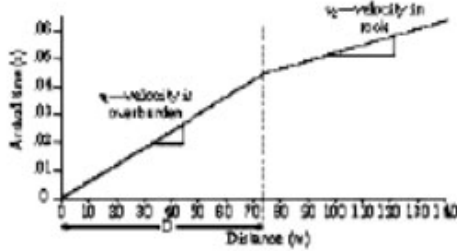
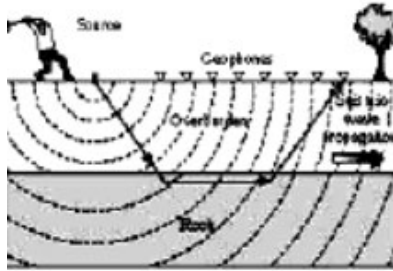
طريقة اختراق الرادار GPR - طريقة المقاومة الكهربائية - الطريقة الالكترومغناطيسية - الطرق السيسمية



رادار اختراق الأرض (b)



طريقة المقاومة الكهربائية (a)



طرق التحري السيسمي

يبين الجدول التالي سرعة الموجات السيسمية ضمن مختلف أنواع الترب:

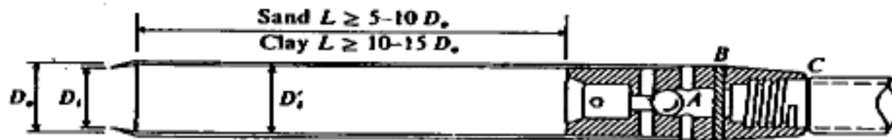
السرعة السيسمية (m/sec)	نوع التربة
150-180	سيات جاف، سيات، بحص متفكك، صخور مفككة، تربة ناعمة التدرج رطبة
750-2250	ردم متراس، غضاريات صناعية، بحص تحت منسوب المياه الجوفية، بحص غضارية مرصوص، رمل اسمنتي، غضار رملي
600-3000	صخر، متكسر أو مفكك جزئيا
1500-4200	صخر رملي
1800-6000	حجر كلسي، حوار
360-6000	صخور اندفاعية
300-4800	صخور متحولة

(5) العينات:

خلال عملية السير 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 انبوب قطره 100mm وطوله (400-450)mm

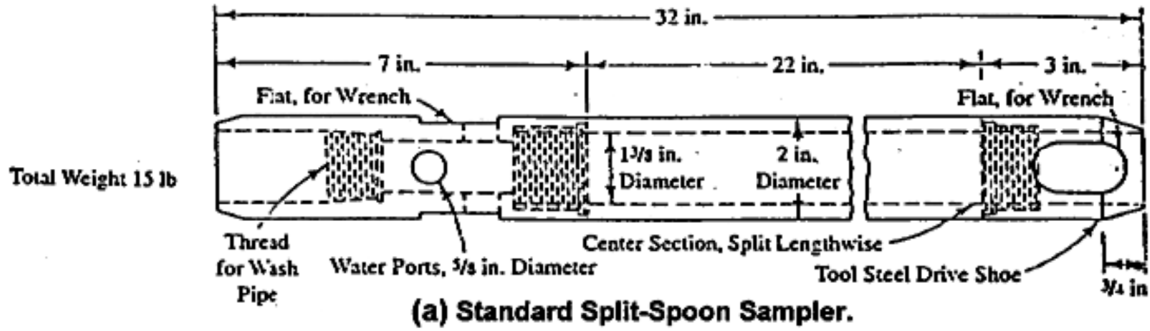


A—ball check valve to hold sample in tube on withdrawal
B—tube-to-drill rod coupling
C—drill rod

Inside clearance ratio = $\frac{D_o - D_i}{D_i}$
Common D_o : 2, 2½, 3, 3½ in

(b) Thin-Wall Shelby Tube Sampler.

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



(6) الاختبارات:

تطبق الاختبارات على الأنواع الثلاث من العينات كما يلي: العينات غير المضطربة U تختبر على المقاومة، الانضغاطية لدراسة مواصفات الاجهاد-تشوه، التصنيف والكميائية. بينما العينات D و SS تختبر على العينات الفيزيائية والتحليل الجيوتكنيكية والاختبارات الكميائية.

6-1 المخبرية:

نستخدم المواصفات الأميركية أو البريطانية أيهما أنسب وتنقسم إلى:

(1) اختبارات التصنيف: التحليل الحبي والهايدرومتر، محتوى الرطوبة، حدود أتريغ، الوزن النوعي، الوزن الحجمي الجاف والرطب.

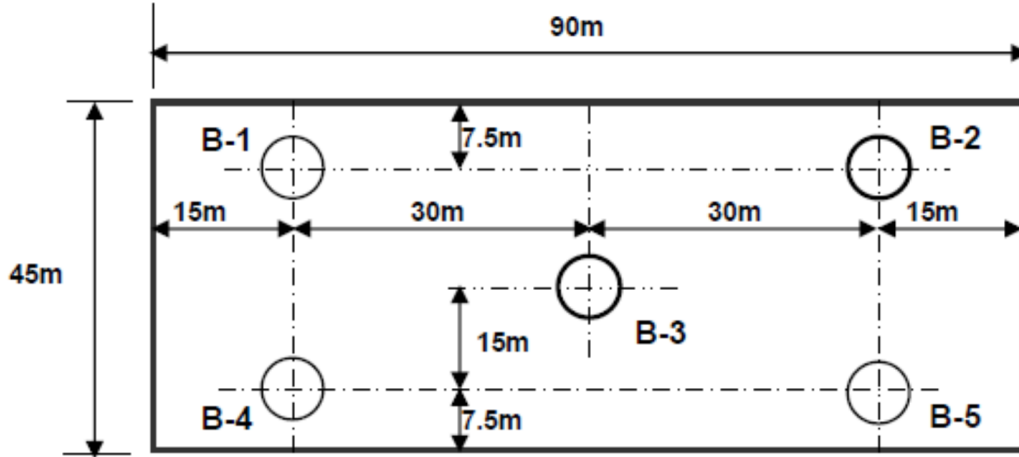
(2) اختبار الرص: اختبار بروكتور المعدل للحصول على الكثافة الجافة العظمى وما يقابلها من رطوبة مثلى.

(3) اختبار القص والانضغاطية: الضغط غير المحصور أو الضغط الثلاثي والانضغاطية أحادية المحور.

(4) الاختبارات الكميائية: محتوى الكبريتات % (SO_3^{-2})، الاملاح المنحلة الكلية (T.S.S)، محتوى المواد العضوية % (ORG)، قيمة PH، محتوى الكربونات (CO_3^{-2})، محتوى الكلوريد % (Cl^{-1}).

6-2 الحقلية:

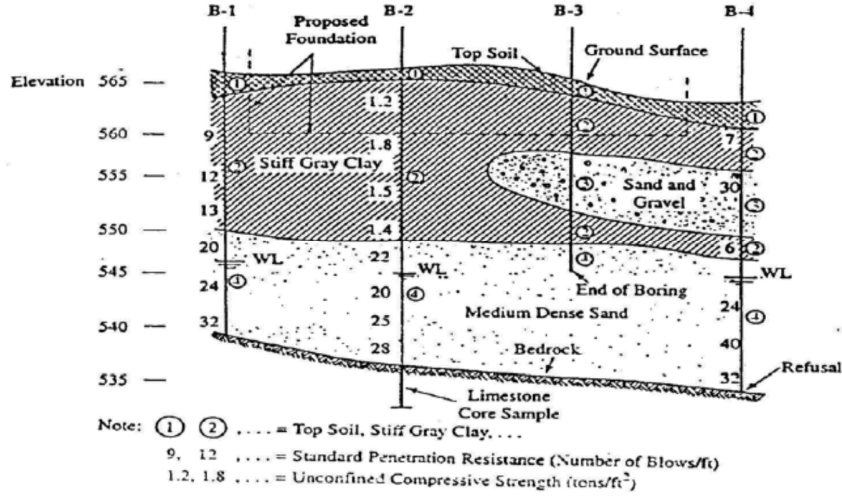
يجب في البداية أن ينظم مخطط لمواقع السبور كما هو مبين.



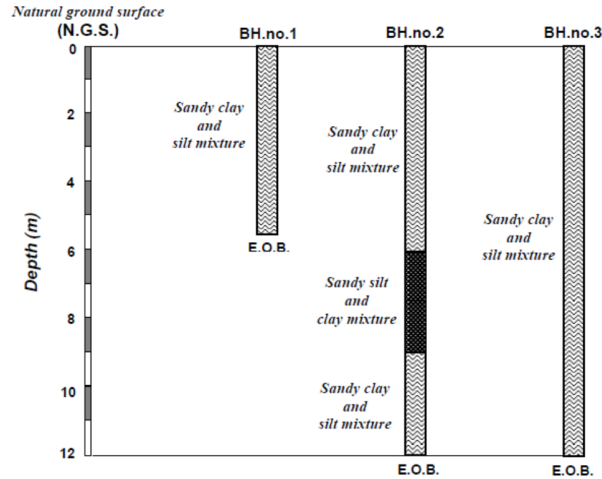
ويحدد رقم لكل سبر كما هو مبين في المخطط. وتسجل على ورقة بيانات خاصة لكل سبر وتسجل كل المعلومات المتوفرة عن السبر ونتائج اختبارات العينات المستخرجة منه كما يبين النموذج المرفق مثال:

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.



ويمكن رسم واقعي للبور 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 تطبيقات 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:

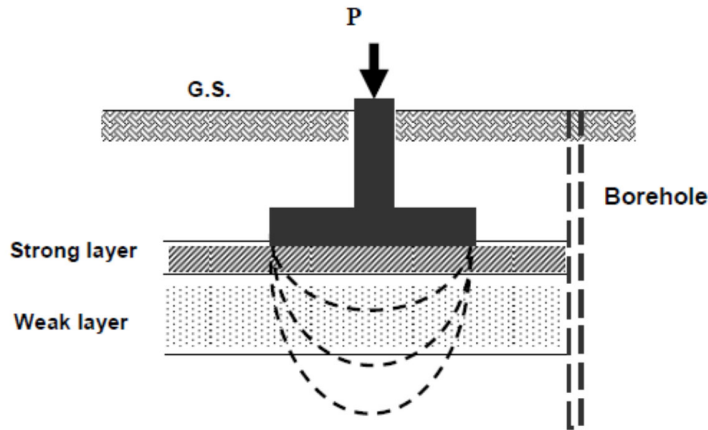
المساحة التي يغطيها كل سبر (m ²)	شروط التربة تحت سطح الأرض
100-300	جودة ضعيفة
200-400	جودة متوسطة ومتجانسة
300-1000	عالية

8 - عمق السبر:

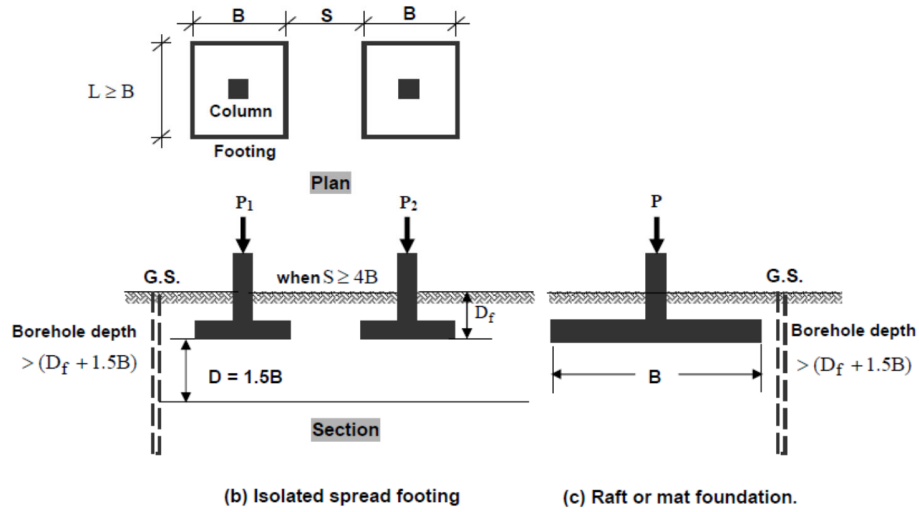
من جهة نظر توزع الاجهادات فالاشتراطات وضعت بعض المعايير للعمق الأدنى للسبر وهي:

حالة الأساسات:

- 1) يجب أن تمتد السبور إلى أعماق أخفض من الترسبات مثل التربة السطحية، التربة العضوية، الخث، الردم الاصطناعي، التربة 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) أعماق من الطبقة السطحية القوية التي قد تستقر تحتها طبقة ضعيفة قد تكون سببا للانهيان كما يبين الشكل



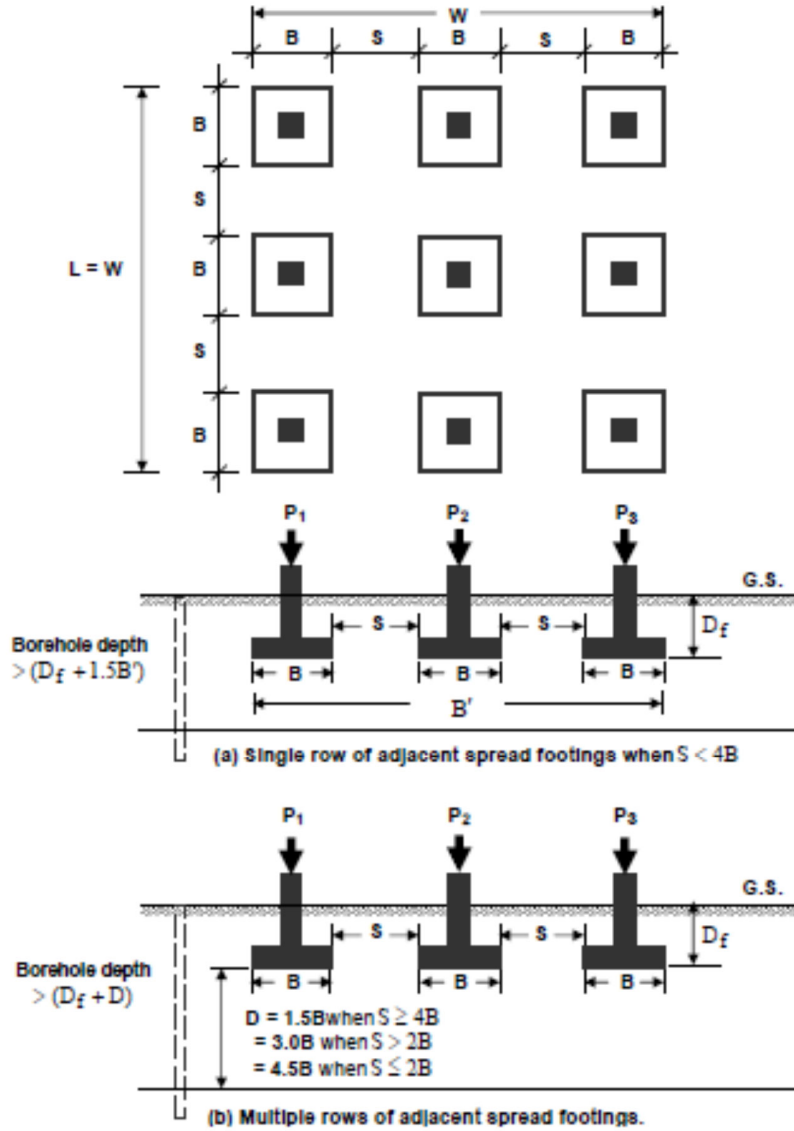
- 4) العمق الذي يكون فيه تزايد الاجهادات الناتجة عن حمولات المبنى أقل من 5% من الضغط المسبق .overburden pressure
- 5) العمق الذي يكون فيه تزايد الاجهاد الشاقولي مع العمق الناتج عن حمولات المبنى أقل من 10% من الاجهادات المطبقة عند مستوى التأسيس (ضغط التماس)
- 6) للأساسات المنفردة أو الحوائط، يجب التحري لعمق $1.5B$ (حيث B هو البعد الأصغر من الأساس أو الحصيصة) 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 $< 200\text{kPa}$) يجب أن يمتد السبر إلى عمق $2B$ (حيث B هو عرض الأساس).

(9) للأساسات الشريطية يجب التحري لعمق ليس أقل من $3B$ (حيث B عرض الأساس) من أجل $B > 6\text{m}$ و $L/B \geq 10$.



(10) للأبنية الصناعية (المشافي - المباني المكتبية) أوصى **SOWERS (1970)** بأنه يجب

التحري للأعماق التالية:

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

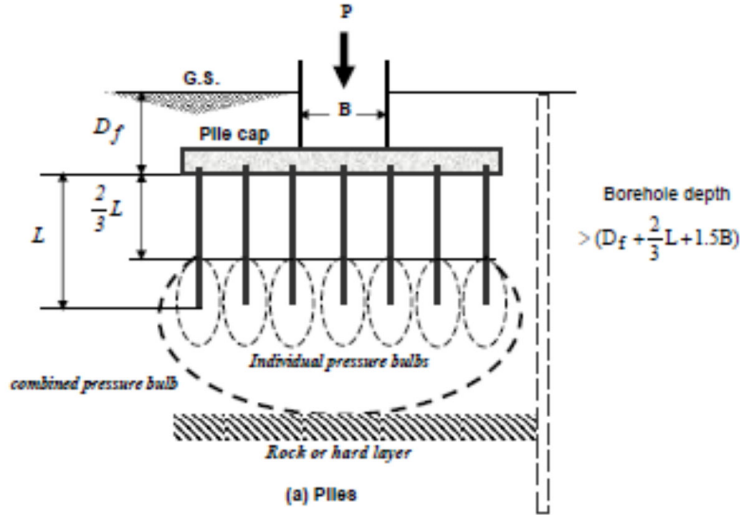
- للأبنية الفولاذية والبيتونية الثقيلة $D = 6 * S^{0.7}$

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



الخرزانات:

يتم التحري لـ:

(1) عمق الطبقة الكتيمة

(2) ليس أقل من ضعفي الضاغظ 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 1.5 مرة إلى 2 مرة من ارتفاع السد.

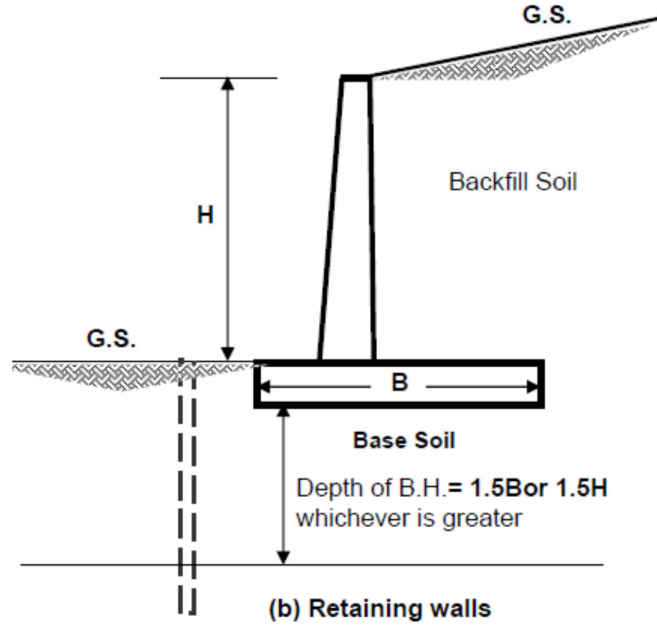
الطرق والجسور:

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

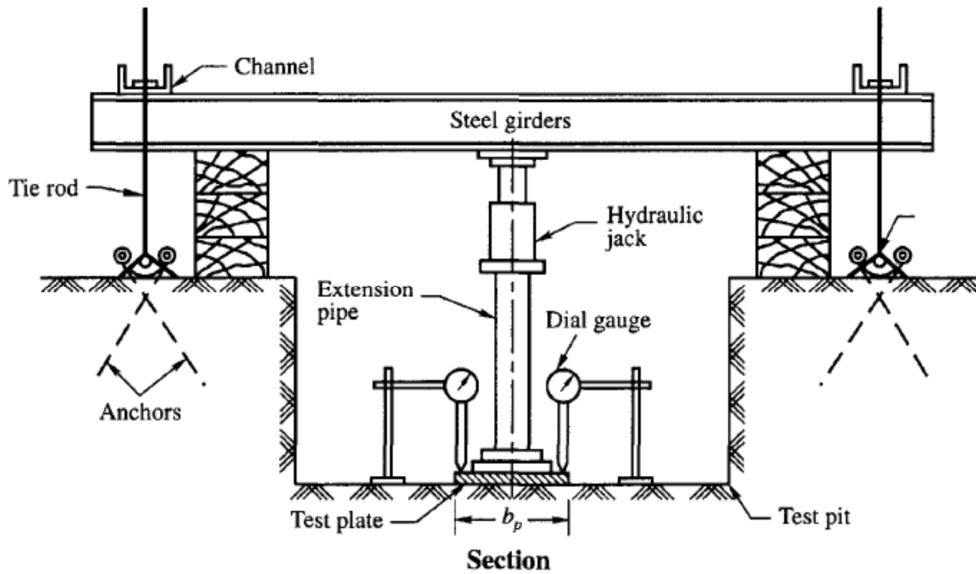


(2) بالإضافة إلى أنه يجب أن يكون أسفل الطبقات القابلة للانضغاط أو الردم الاصطناعي وأعمق من سطح الانزلاق.

9 - تجارب التحميل الحقلي:

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

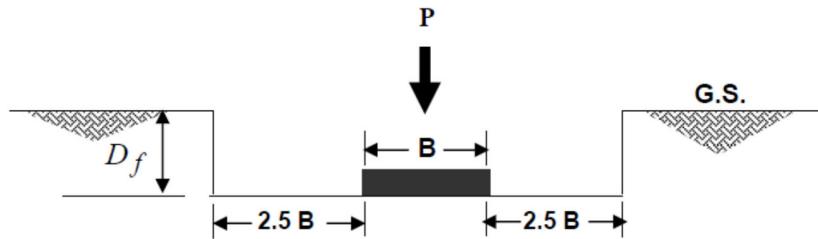
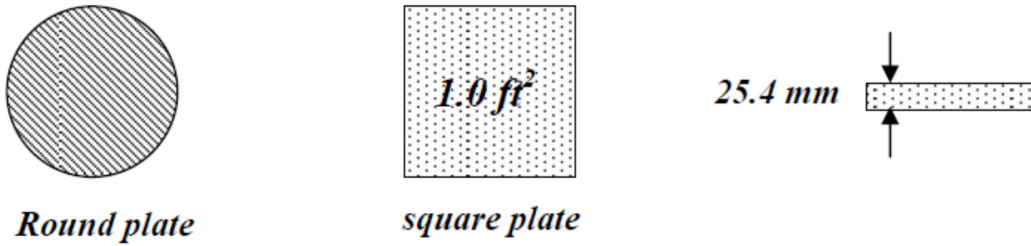
9-1 تجربة تحميل الصفيحة ASTM - D-1194 Plate Load Test:



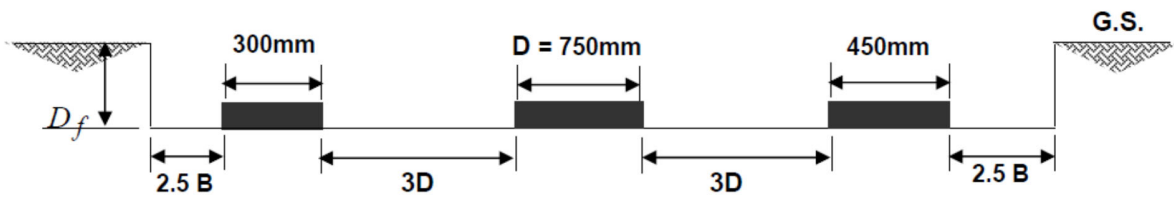
إن اختبار تجربة التحميل لتقدير قدرة تحمل التربة المسموحة هي طريقة شبه مباشرة لتقدير قدرة التحمل المسموحة للتربة حتى ينتج الهبوط المسموح المعطى.

الصفائح المستخدمة: يستخدم في التجربة ثلاثة صفائح معدنية دائرية الشكل بسماكة 1in (25mm) وبأقطار تتراوح من 12in – 30in (305mm–762mm)، أو صفائح معدنية مربعة بمساحة مكافئة لمساحة الصفائح الدائرية. عادة قياس الصفيحة 305mm تستعمل للتربة الرملية والقياس الأكبر للتربة الغضارية.

حفر الاختبار: على الأقل يجب تنفيذ ثلاث حفر اختبار والمسافة بين الحفر يجب أن لا تقل عن خمس أضعاف من قطر أكبر صفيحة معدنية مستخدمة.



(1) إذا كان موصفاً أن نستخدم ثلاث قياسات من الصفائح، فيجب أن تكون الحفرة كبيرة بشكل كافي، ويجب أن يكون هناك تباعد بين الصفائح $3D$ حيث D قطر أكبر صفيحة.



(2) يتم وضع الصفيحة المعدنية على أرض الحفرية. ويجب أن لا يكون هناك أي حمولة إضافية حول الصفيحة بمسافة لا تقل عن 60cm حولها.

(3) يتم تطبيق حمولة شاقولية على الصفيحة ومع التزايد يتم قياس الهبوط (كمعدل لثلاث مؤشرات بدقة 0.025mm) ملصقة هذه المؤشرات بشكل مستقل.

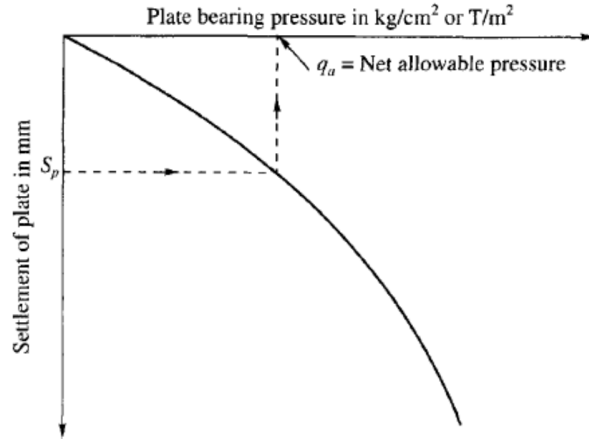
(4) تزايد الحمولات: تطبيق الحمولة على التربة بتزايدات متساوية ليست أقل من 95kPa، أو ليست أكثر من 1/10 من قدرة التحمل المتوقعة للمنطقة المختبرة. ولا تكون الفواصل الزمنية بين الحمولات أقل من 15min.

(5) نستمر بالاختبار حتى نصل لقيمة هبوط 25mm أو إلى أن تصل قيم الحمولة المطبقة 1.5 مرة من قدرة التربة المسموحة المتوقعة، أو إلى أن تنهار التربة تحت الأساس.

(6) عند إزالة الحمولة يتم قياس التراجع المرن بنفس الأزمنة التي تم تطبيق تزايدات الحمولة فيها.
(7) يتم تمثيل النتائج بيانياً وفق منهجيتين:

(a) منحنى الهبوط - لوغاريتم الزمن (لكل قيمة تزايد في الحمولة)

(b) منحنى الهبوط-الحمولة (لكل تزايدات الحمولة) حيث يتم حساب q_{ult} .



في الترب الحبيبية أوجد (1948) Terzaghi & Peck للأساسات المربعة:

$$S_f = S_p * \left[\frac{B_f * (B_p + 0.3)}{B_p * (B_f + 0.3)} \right]^2 \quad (p-1)$$

حيث:

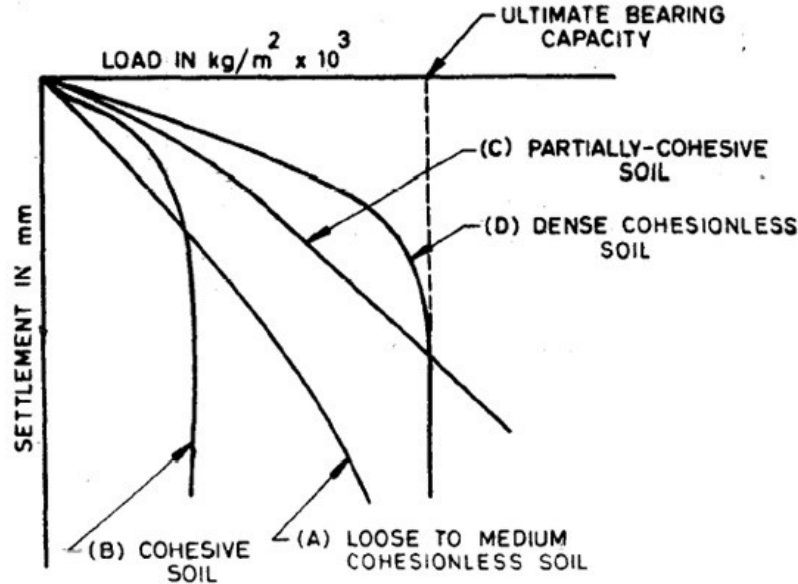
S_f هبوط الأساس - S_p هبوط الصفيحة

B_f عرض الأساس - B_p عرض الصفيحة

الهبوط المسموح للأساس النموذج S_f يجب أن يكون معلوماً وعادة يكون 2.5cm. ومنه فإن S_f و B_p لدينا معلومتين وبقي لدينا غير معلوم S_p و B_f وفق العلاقة (p-1). ومنه فإن لأي أساس نفرض بعده B_f يمكن أن نوجد S_p من المعادلة. وباستخدام منحنيات الهبوط من تجربة التحميل المبينة في الشكل يمكن بدلالة S_p

أن توجد قدرة التحمل الموافقة لها. هذه القيمة هي قدرة التحمل الآمنة الموافقة لهبوط مسموح 2.5cm (الذي فرضناه بداية).

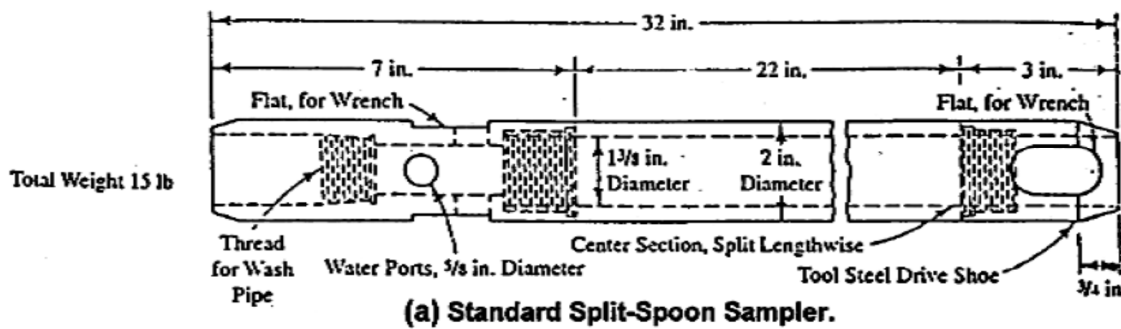
أو يمكن من المخططات التالية أن نحسب قدرة التحمل المسموحة الموافقة للترب حسب نوع التربة.



10 - تجارب الاختراق الحقلي:

تجربة الاختراق النظامي الديناميكية SPT:

مفضلة هذه التجربة للترسبات القاسية وبشكل خاص للترب المفككة حيث لا يمكن الحصول على عينة غير مضطربة منها. تستخدم Split-Spoon sampler الميينة في الشكل a.



يتم تنفيذ الاختبار بغرس أخذ العينة الميينة في الشكل (طوله 680mm، قطره الداخلي 30mm، وقطره الخارجي 50mm) مسافة 460mm في التربة أسفل السبر. باستخدام مطرقة وزنها 63.5kg تسقط سقوط حر من ارتفاع 760mm. ومن ثم نقوم بعد الضربات اللازمة لغرس مسافة 305mm وبذلك نحصل على N (يهمل عدد الضربات اللازمة لغرس 150mm العلوي).

ترفض قيم N في إحدى الحالات التالية:

- (a) إذا كانت أي من الاختراقات 150mm تطلبت 50 ضربة.
(b) إذا حصلنا على 100 ضربة لأي من الاختراقات
(c) إذا نفذنا عشر ضربات متتالية ولم يحدث أي تقدم في التربة.
عدد الضربات N يمكن ربطها مع D_r الكثافة النسبية للتربة المفككة (رمل) ويقوم الترب المتماسكة (الغضار) كما هو مبين في الجدولين التاليين:

SPT- value N/30cm	Relative density		ϕ°
	$D_r = \frac{e_{max} - e_{insitu}}{e_{max} - e_{min}} \times 100$		
0-4	0-15	Very loose	28
4-10	15-35	Loose	28-30
10-30	35-65	Medium	30-36
30-50	65-85	Dense	36-41
> 50	85- 100	Very dense	> 41

SPT- value N/30cm	consistency	q_u (ksf)	q_u (kg / cm ²)
Below	Very soft	0-0.5	0-0.25
2-4	Soft	0.5-1	0.25-0.5
4-8	Medium	1-2	0.5-1
8-15	Stiff	2-4	1-2
15-30	Very stiff	4-8	2-4
> 30	Hard	> 8	> 4

نقوم بتصحيح قيم N إذا وجدت المياه الجوفية في حال تربة رملية ناعمة كمايلي:

$$N > 15: N_{corr.} = 15 + 0.5(N_{field} - 15)$$

$$N \leq 15: N_{corr.} = N_{field}$$

هناك تصحيحات أخرى ترتبط بالضغط المطبق، بطول المطرقة، بقطر الحفرة، بطاقة الطرق سندرس فقط ما يتعلق بالضغط المطبق:

$$N' = N * C_N$$

C_N هو عامل تم ضبطه لضغط مطبق مسبق $= 25 \text{ kN/m}^2$ وبحسب من العلاقة التالية

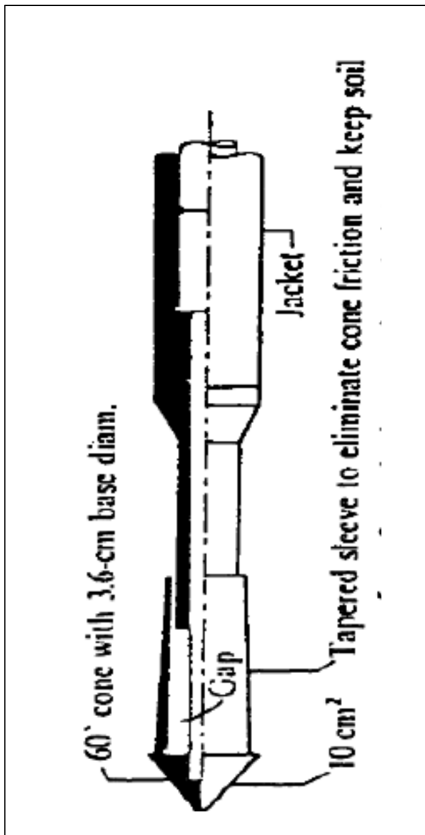
$$C_N = 0.77 \log \frac{2000}{P'_o}$$

ويكون P'_o الضغط المسبق overburden pressure

وعندما يكون $P'_o < 25kN/m^2$ لا حاجة لتصحيح قيمة N على الضغط المسبق.

اختبار الاختراق المخروطي الستاتيكي CPT:

هو اختبار بسيط ستاتيكي للغضار الطري وللرمل ناعم إلى متوسط الخشونة. لا يطبق هذا الاختبار على الترب البحصية والغضاريات القاسية. ويتم بدفع المخروط ضمن التربة بنسبة (10-20)mm/sec وفق ASTM D3441. يتم قياس مقاومة احتكاك الرأس q_c والأجنحة q_s ومن ثم نسحب نسبة الاحتكاك f_R كما يلي:



$$f_R (\%) = \frac{q_s}{q_c} * 100 ; f_R < 1\% \quad \text{sand}$$

$$f_R > 5\% \text{ or } 6\% \quad \text{clay}$$

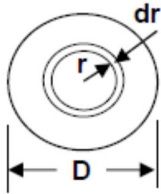
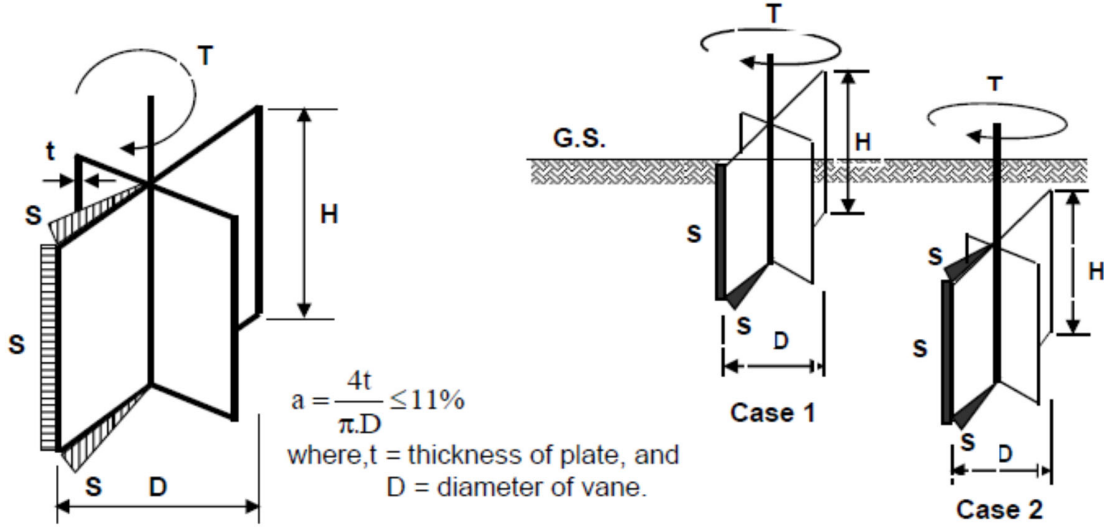
ومن ثم يتم ربط البيانات الناتجة من اختبار CPT لنوجد مقاومة القص غير المصرفة S_u للترب غير المتماسكة، لحساب قدرة التحمل المسموحة للأوتاد، لتصنيف الترب، لتقدير Φ ، الكثافة النسبية D_r للرمل.

Vane shear test اختبار بروانة القص:

هو اختبار حقلي لقياس مقاومة القص (مقاومة القص غير المصرفة) للغضار طري إلى متوسط القساوة وللسيلت الغضاري حيث $U.C.S. < 10 \text{ kg/cm}^2$ ويستخدم لتصميم الأساسات والمنحدرات.

خطوات التجربة:

- 1) يتم وضع الجهاز في المكان إما على سطح التربة بدون تنفيذ حفرة case1 أو في أسفل الحفرية case2 ومن ثم تغرس المروحة في طبقة التربة إلى العمق المطلوب. كما يبين الشكل.
- 2) يتم تطبيق فتل بنسبة متجانسة 0.1° كل ثانية أو $(1^\circ-6^\circ)$ بالدقيقة.
- 3) يتم أخذ القراءة في كل دقيقة حتى يحصل الانهيار.



Standard dimensions of vane B.S. 1377 Rate of test (6 -12)deg./ min.		
Soil strength (kPa)	H (mm)	D (mm)
< 50	150	75
50-75	100	50
> 75	Not suitable	

الحسابات:

Case 1

في هذه الحالة المروحة لاتغرس في التربة وبالتالي فقط النهاية السفلية تطبق القص. إذا كانت التربة متجانسة ومتناظرة الخواص يكون:

(a) تنشأ مقاومة القص الكلية عند الانهيار على سطح اسطوانة يساوي $\pi * D * H * S$

(b) المقاومة الكلية للنهاية السفلية باعتبار نصف قطر الحلقة r والسماكة dr

$$\int_0^{D/2} (2 * \pi * r * dr) * S$$

(c) يحسب الفتل T حتى الانهيار من العلاقة

$$T = (\pi \cdot D \cdot H \cdot S) \frac{D}{2} + \int_0^{D/2} (2\pi \cdot r \cdot dr) \cdot S \cdot r$$

أو

$$T = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S_u}{2} \left(H + \frac{D}{6} \right) .$$

:Case 2

عندما تغرس النهاية السفلية للمروحة في التربة، وبالتالي القص يحصل عند النهايتين العلوية والسفلية ويكون الفتل:

$$T = \frac{\pi D^2 S_u}{2} \left(H + \frac{D}{3} \right)$$

ملاحظات:

يقدر الفتل T (kg.cm)، S_u (kg/cm²)، H ، D يقدر cm.

وجد أن مقاومة القص المحسوبة بهذه الطريقة كبيرة جدا للتصميم ولذلك فرض Bjerrum's 1972 معامل تخفيض باستخدام المعادلة التالية:

$$S_{u \cdot design} = \lambda \cdot S_{u \cdot field}$$

حيث تعتمد قيمة λ على قرينة اللدونة I_p وتتؤخذ من المخططات

