

### المزايا والمساوئ والتكاليف

#### Advantages, Disadvantages and Costs

• المزايا • المساوئ • التكلفة والمدة الزمنية المطلوبة

#### (١٦، ١) المزايا ADVANTAGES

تكمن إحدى المزايا الأساسية لمقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر - من وجهة النظر الاختبارية - في أنه يمكن إنجاز الاختبار في معظم أنواع التربة والصخور. وهذا يؤكد للمهندس على أن الدراسة الميدانية سوف تؤدي إلى نتائج مفيدة، ففي إحدى الدراسات التي قام بها بوجلين (Baguelin et al., 1986a) تم اختبار ٦٣ موقعاً بمقياس الضغط (PMT) والاختراق المخروطي واسترجاع العينات البكر (غير المخلخلة). وجدول رقم (٣٤) يبين عدد المواقع التي أجريت عليها الاختبارات. حيث إن هذا الجدول يدل على أن اختبار مقياس الضغط يمكن القيام به ويؤدي إلى نتائج مفيدة في ٩٥% من الحالات أما الاختراق المخروطي، فإنه يمكن القيام به ويؤدي إلى نتائج مفيدة في حوالي ٤٣% من الحالات، أما العينات البكر فإنه يمكن الحصول عليها وتحليلها في حوالي ٤٠% من الحالات.

تكمن الميزة الثانية لاختبار مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر في أنه يمثل اختبار الحمل ميدانياً فباستخدام اختبار الحمل الميداني يمكن أن يتضاعف عدد التحميل التتابعي وذلك بخطوات الضغط الطويلة للحمل طويل الأجل، والانتفاخ

السرّيع لحمل الاصطدام، وإزالة وإعادة التحميل الدوري في الاختبارات ذات التحميل الدوري.

تكمن الميزة الثالثة في البساطة الهندسية لتمدد الأنبوب الأسطواني مما يسمح بتحويل منحنى مقياس الضغط إلى منحنى الإجهاد - الانفعال ميدانياً. حيث إنه يمكن استنتاج عدد كبير من معاملات التربة المهمة من هذا المنحنى.

أما الميزة الرابعة فتكمن في أن الجهاز لا يعد مرتفع الثمن نسبياً (١٠,٠٠٠ دولار أمريكي في عام ١٩٨٩م) ويمكن استخدامه بسهولة باستعمال حفار قادر على إحداث ثقب ملائمة.

أما الميزة الخامسة فهي إمكانية تقييم جودة الاختبار، إلى حد كبير، من شكل منحنى الاختبار.

يكمن التطبيق الأول - من وجهة النظر التصميمية - في تصميم الخوازيق المحملة أفقياً، بما في ذلك الخوازيق الساحلية والمغمورة وخطوط التحرّز (في سكة حديدية) وأعمدة العلامات الإرشادية. وقد أشارت البيانات العملية والمنطق بأن مقياس الضغط يعتبر في الوقت الحالي أفضل الأدوات لتوقع استجابة الخوازيق المحملة أفقياً، وهي بالفعل مدهشة.

يكمن التطبيق الثاني في تصميم الأساسات السطحية وأكثر تحديداً للقواعد المنفصلة، حيث إن مقياس الضغط يعطي طريقة موحدة للمشكلة، وهي مفيدة على وجه التحديد للقواعد القائمة على طين صلب ورمل تتراوح كثافته ما بين المتوسط والكثيف.

يكمن التطبيق الثالث في تصميم الخوازيق المحملة عمودياً وبالتحديد خوازيق التحميل الطرفية.

لتصميم الطرق يعطي مقياس الضغط الصغير للطرق وسائل ذات كفاءة عالية وغير مكلفة لتقدير صلابة طبقات الرصف والتأسيس كل على حدة، كما إنه لا يحتاج إلى حفار وتكون الفتحة صغيرة (٣٨ ملم / ١.٥ بوصة) وتعمل بسهولة.

جدول رقم (٣٤). ملاءمة وتمائل اختبارات جيوتكنيكية مختلفة (Baguelin et al., 1986a).

نوع الاختبارات التي أجريت	عدد المواقع التي أجري من أجلها الاختبارات				
	أجريت بفاعلية	فُسرت ومُثلت	غير كاملة أو غير قابلة للتفسير	لم يتم إنجازها بشكل أوّلي	يمكن أن تُنفذ وتُفسر ولكن لم يتم تنفيذها
اختبار الاختراق المخروطي $q_c$	٣٥	٢٢	١٣	٢٣	٥
مقياس الضغط مينارد $(PM) p_L$	٦١	٥٨	٣	٠	٢
اختبارات معملية $c. \phi$	٢٩	١٤	١٥	٢٣	١١

## DISADVANTAGES (١٦, ٢) المساوئ

تؤثر جودة ثقب الحفر على جودة نتائج الاختبار، وهذا يخلق العديد من المفارقات في النتائج. ويمكن الإقلال من التباين، وذلك بالتقيد التام بالطريقة الموصى بها لإعداد ثقب الحفر وبالتدريب المناسب لفريق الحفر.

نحصل على نتائج متباينة إذا كانت أبعاد الأنبوب الأسطواني ليست معيارية (قياسية). ويمكن التخلص من هذه المشكلة باتباع مواصفات (ASTM) الصارمة. ويوصى بأن يكون قطر الأنبوب ٧٥ ملم ونسبة طول الأنبوب الأسطواني إلى القطر تساوي تقريباً ٦,٥.

وهناك أنواع من التربة التي يصعب فيها القيام بعمل ثقب ملائمة لمقياس الضغط مثل التربة الطينية الرخوة (مقاومة القص غير المصروف  $\geq 24$  كيلو باسكال)، والتربة الرملية المفككة والمغمورة تحت الماء (عدد الضربات لتجربة الاختراق

القياسي  $\geq 10$  ضربات/300 ملم)، والتربة الرملية ذات الحبيبات الكبيرة (أكبر حجم للحبيبة  $< 63,5$  ملم).

يصعب التحكم في تصريف المياه أثناء اختبار مقياس الضغط مثل أي من التجارب الحقلية، وبالإضافة إلى ذلك فإن ضغط الماء المسامي لا يتم قياسه عادة في تجارب مقياس الضغط للثقوب مسبقاً الحفر.

لا يساعد مقياس الضغط بطريقة مباشرة - من وجهة النظر التصميمية - في مسألة استقرار المنحدرات. وفي الوقت الحاضر فإن استخدام مقياس الضغط محدود في مسألة المنشآت الاستنادية، وبتكثيف البحوث في هذا المجال يمكن أن يصبح مقياس الضغط مفيداً للمنشآت الاستنادية.

### (١٦,٣) التكلفة والمدة الزمنية المطلوبة COST AND TIME REQUIRED

تكون تكلفة الأجهزة الأساسية حوالي 10,000 دولار أمريكي وبالإمكان القيام بإجراء ثمانية اختبارات في المتوسط في اليوم الواحد. أما في التربة ذات المواصفات المناسبة، فإنه بالإمكان القيام بإجراء اثنا عشر اختباراً في اليوم الواحد. في حين يمكن القيام فقط بحوالي أربعة اختبارات إذا كانت نوعية التربة ذات مواصفات صعبة. يكلف اختبار مقياس الضغط الواحد تقريباً نفس تكلفة اختبار الاندماج.

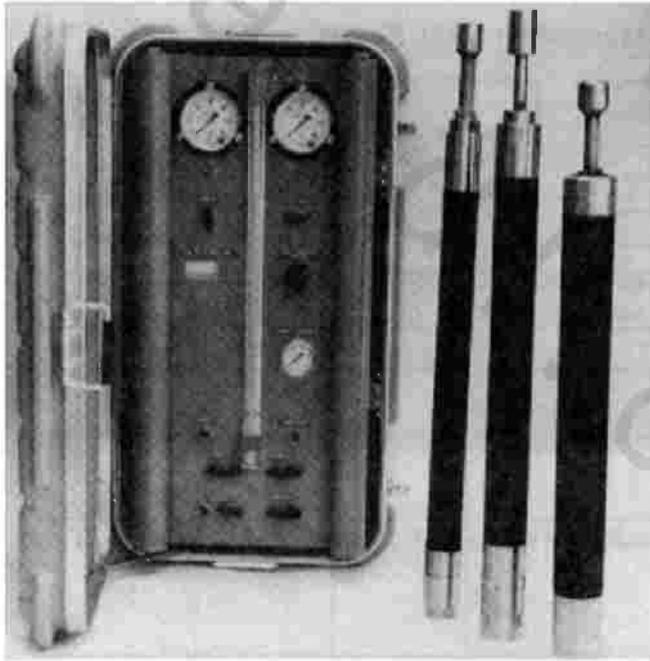
## الملاحق

### Appendixes

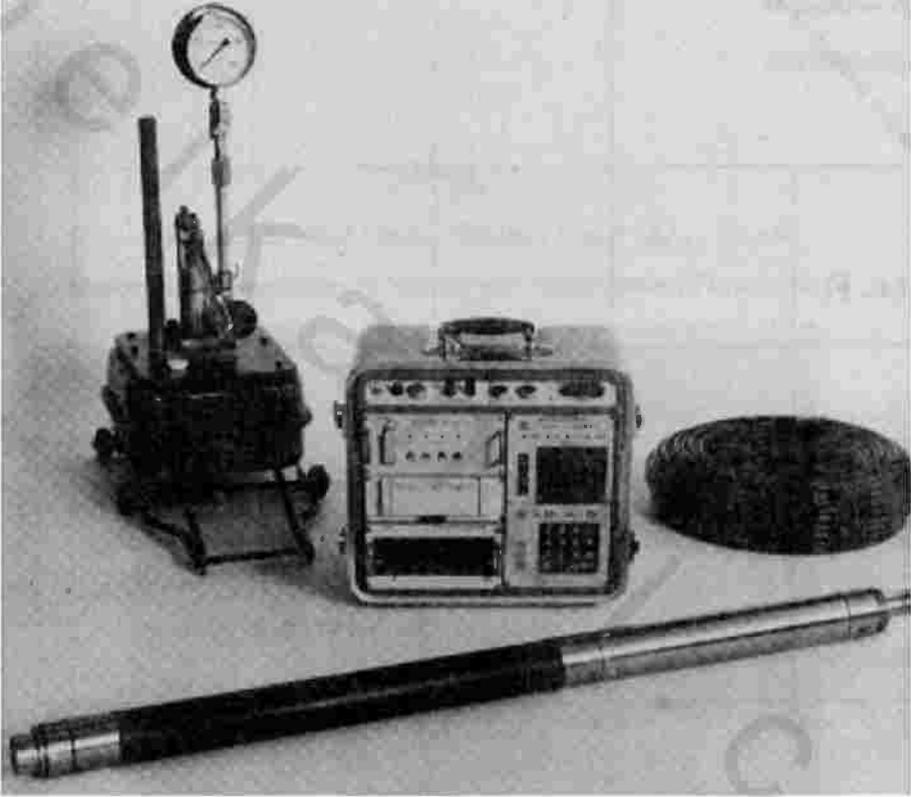
#### الملحق أ

أمثلة منحنيات اختبار مقياس الضغط وأجهزة مقياس الضغط

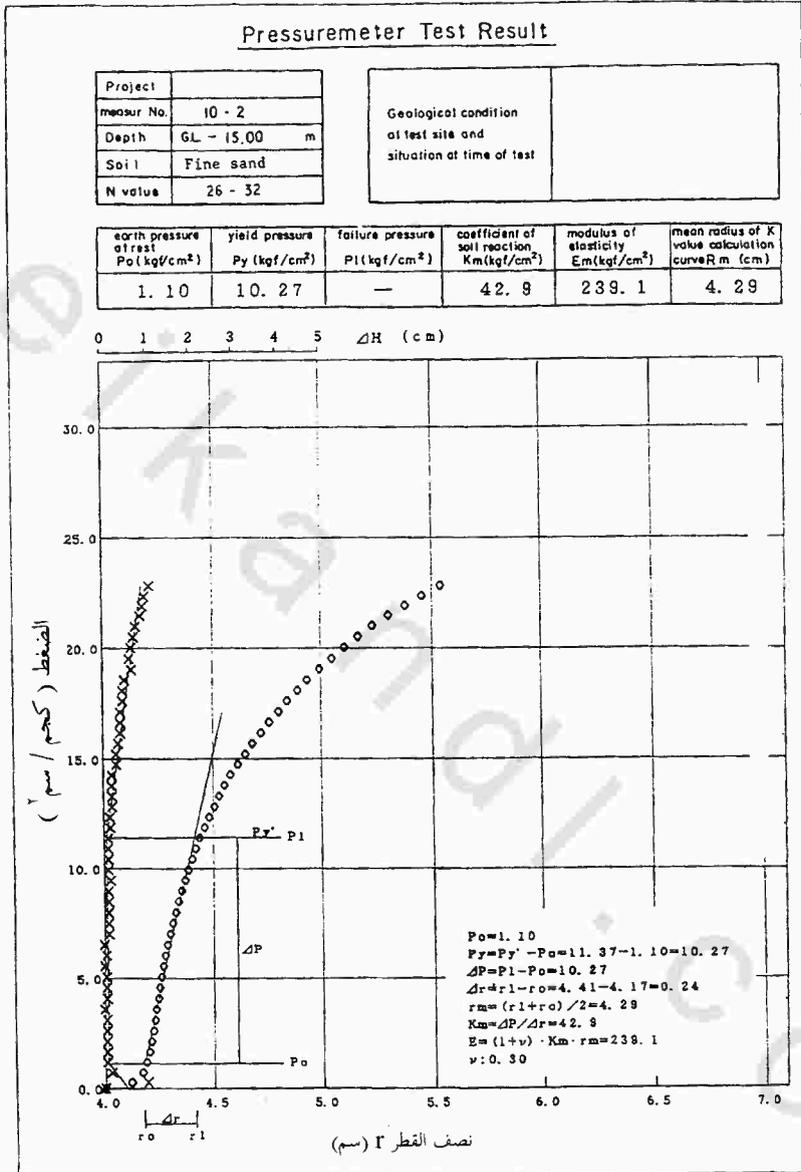
Examples of Pressuremeter Curves and Pressuremeter Equipment



جهاز قياس الضغط للتحميل الجانبي نوع M من مؤسسة أويو ، اليابان



جهاز مقياس الضغط من نوع إلاستيمتر - ٢ من مؤسسة أويو ، اليابان



أمثلة لمنحنيات اختبار مقياس الضغط للتحميل الجانبي من نوع M (من مؤسسة أويو)  
في رمال متوسطة الكثافة

## LLT Test Date Sheet

Project			
Test No	10-2	Depth	GL-15.00 m
Date of test	1/17/90	Time	10:30
Soil type	Fine sand	N value	25-32

Tested by	Kawai	Water Lvl	GL-0.50 m
Recorded by	Shinoda	BH Wt Lvl	GL-1.10 m
Equipment No	5 (LLT-M)	Height tank	GL-1.30 m

(A) Initial water lvl of S. pipe	5.00 cm
(B) Water lvl of Spile aft ins	5.00 cm

## Notes:

- PG is obtained from H-PG curve determined in advanced in accordance with rubber used.
- Ps is the maximum value of PG-P obtained; Ps = 0.00 kgf/cm<sup>2</sup>
- Pe is obtained from the equation; Pe = P + Ps - PG

Cell P (kg/cm <sup>2</sup> )	Gas P (kg/cm <sup>2</sup> )	Water level of S pipe H' (cm)				ΔH (cm) H'_{150}-H'_{300}	H (cm) H'_{150}-H_b	PG (kg/cm <sup>2</sup> )	PG-P (kg/cm <sup>2</sup> )	P e (kg/cm <sup>2</sup> )	r (cm)
		15"	30"	60"	120"						
0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
0.50	0.50	5.40	5.70	6.30	6.65	0.95	1.65	0.25	-0.26	0.26	4.12
1.00	1.00	7.00	7.20	7.30	7.35	0.15	2.35	0.32	-0.69	0.69	4.17
1.50	1.50	7.50	7.55	7.60	7.60	0.05	2.60	0.34	-1.16	1.16	4.18
2.00	2.00	7.70	7.75	7.80	7.80	0.05	2.80	0.36	-1.64	1.64	4.20
2.50	2.50	7.90	7.90	7.95	7.95	0.05	2.95	0.37	-2.13	2.13	4.21
3.00	3.00	8.00	8.05	8.05	8.10	0.05	3.10	0.39	-2.61	2.61	4.22
3.50	3.50	8.15	8.15	8.20	8.20	0.05	3.20	0.40	-3.10	3.10	4.22
4.00	4.00	8.25	8.30	8.30	8.30	0.00	3.30	0.41	-3.59	3.59	4.23
4.50	4.50	8.40	8.40	8.40	8.45	0.05	3.45	0.42	-4.08	4.08	4.24
5.00	5.00	8.50	8.50	8.50	8.55	0.05	3.55	0.43	-4.57	4.57	4.25
5.50	5.50	8.60	8.65	8.65	8.70	0.05	3.70	0.44	-5.06	5.06	4.25
6.00	6.00	8.75	8.80	8.80	8.80	0.00	3.80	0.44	-5.56	5.56	4.25
6.50	6.50	8.90	8.90	8.95	8.95	0.05	3.95	0.45	-6.05	6.05	4.27
7.00	7.00	9.05	9.10	9.10	9.10	0.00	4.10	0.47	-6.53	6.53	4.28
7.50	7.50	9.20	9.20	9.25	9.30	0.10	4.30	0.48	-7.02	7.02	4.30
8.00	8.00	9.40	9.40	9.45	9.50	0.10	4.50	0.49	-7.51	7.51	4.31
8.50	8.50	9.60	9.60	9.65	9.70	0.10	4.70	0.51	-7.99	7.99	4.32
9.00	9.00	9.75	9.80	9.85	9.90	0.10	4.90	0.52	-8.48	8.48	4.34
9.50	9.50	9.95	10.00	10.05	10.10	0.10	5.10	0.54	-8.96	8.96	4.35
10.00	10.00	10.20	10.20	10.25	10.35	0.15	5.35	0.56	-9.44	9.44	4.37
10.50	10.50	10.40	10.50	10.55	10.60	0.10	5.60	0.57	-9.93	9.93	4.38
11.00	11.00	10.70	10.75	10.80	10.85	0.10	5.85	0.59		10.41	4.40
11.50	11.50	10.95	11.00	11.05	11.10	0.10	6.10	0.61		10.89	4.42
12.00	12.00	11.20	11.30	11.35	11.40	0.10	6.40	0.63		11.37	4.44
12.50	12.50	11.55	11.60	11.70	11.75	0.15	6.75	0.65		11.85	4.46
13.00	13.00	11.90	11.95	12.00	12.10	0.15	7.10	0.67		12.33	4.48
13.50	13.50	21.20	12.30	12.40	12.50	0.20	7.50	0.70		12.80	4.51
14.00	14.00	12.50	12.65	12.75	12.85	0.20	7.85	0.71		13.29	4.53
14.50	14.50	13.00	13.05	13.15	13.25	0.20	8.25	0.72		13.78	4.56

مثال لمعلومات اختبار مقياس الضغط للتحميل الجانبي من نوع M (من مؤسسة أويو)

في رمال متوسطة الكثافة

ملاحظات :

- حددت قيمة PG مسبقاً من منحني H-PG حسب الغشاء المطاطي المستخدم.
- قيمة Ps هي القيمة العظمى المستخرجة من PG-P كجسم/سم<sup>2</sup> Ps=0.0.
- يمكن إيجاد Pe من المعادلة Pe=P+Ps-PG.

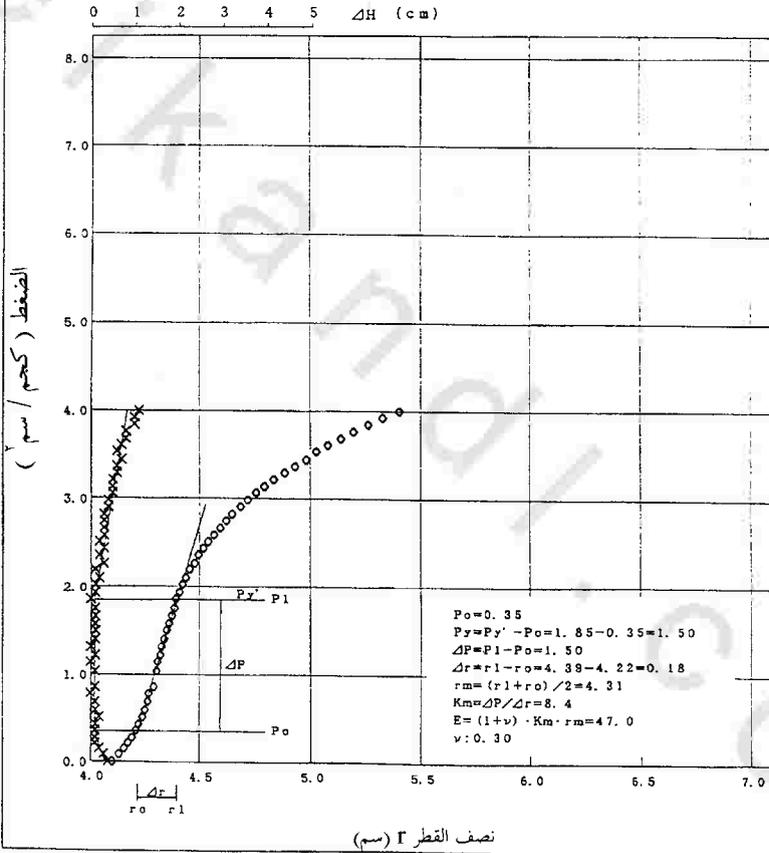


Pressuremeter Test Result

Project	
measur No.	2 - 1
Depth	GL - 5.30 m
Soil	Silty clay
N value	1

Geological condition at test site and situation at time of test	
---	--

earth pressure at rest $P_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	yield pressure $P_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	failure pressure $P_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	coefficient of soil reaction, $K_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	modulus of elasticity $E_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	mean radius of K value calculation curve $R_m$ (cm)
0.35	1.50	—	8.4	47.0	4.31



مثال لمنحنيات اختبار مقياس الضغط للتحميل الجانبي من نوع M (من مؤسسة أويو)

في طين رخو جدا

## LLT Test Date Sheet

Project			
Test No.	2 - 1	Depth	GL.-5.30 m
Date of test	3/1/90	Time	10:15
Soil type	Silty clay	N value	1

Tested by	Tsuyuno	Water Lvl	GL.- 0.90 m
Recorded by	Nakamura	BH Wt Lvl	GL.- 1.30 m
Equipment No	3 (LLT-M)	Height tank	GL.- 1.30 m

(A) Initial water lvl of S. pipe	6.70 cm
(B) Water lvl of Spire off ins	7.20 cm

## Notes:

- PG is obtained from H-PG curve determined in advanced in accordance with rubber used.
- Ps is the maximum value of PG-P obtained:  $P_s = 0.30 \text{ kgf/cm}^2$
- Pe is obtained from the equation:  $P_e = P + P_s - PG$

Cell	Gas	Water level of S pipe H' (cm)				$\Delta H$ (cm)	H (cm)	PG	PG-P	Pe	r
		15"	30"	60"	120"						
0.05	0.10	7.70	7.90	8.00	8.30	0.40	1.60	0.35	0.30	0.00	4.10
0.18	0.20	8.40	8.50	8.70	8.80	0.30	2.10	0.40	0.22	0.08	4.13
0.28	0.30	8.90	9.00	9.10	9.20	0.20	2.50	0.44	0.16	0.15	4.15
0.37	0.40	9.30	9.40	9.50	9.50	0.10	2.80	0.46	0.09	0.21	4.17
0.46	0.50	9.60	9.70	9.70	9.80	0.10	3.10	0.49	0.03	0.27	4.19
0.57	0.60	9.90	10.00	10.00	10.10	0.10	3.40	0.52	-0.05	0.36	4.21
0.66	0.70	10.20	10.20	10.30	10.30	0.10	3.60	0.53	-0.13	0.43	4.22
0.77	0.80	10.40	10.40	10.50	10.60	0.20	3.90	0.56	-0.21	0.51	4.24
0.86	0.90	10.60	10.70	10.70	10.80	0.10	4.10	0.57	-0.29	0.59	4.25
0.97	1.00	10.80	10.90	10.90	11.00	0.10	4.30	0.58	-0.39	0.69	4.26
1.07	1.10	11.10	11.10	11.10	11.10	0.00	4.40	0.59	-0.48	0.78	4.27
1.17	1.30	11.40	11.40	11.40	11.50	0.10	4.80	0.61	-0.56	0.86	4.29
1.36	1.40	11.60	11.60	11.60	11.70	0.10	5.00	0.63	-0.73	1.04	4.30
1.47	1.50	11.70	11.80	11.80	11.80	0.00	5.10	0.63	-0.84	1.14	4.31
1.56	1.60	11.90	11.90	12.00	12.00	0.10	5.30	0.65	-0.91	1.22	4.32
1.66	1.70	12.00	12.10	12.10	12.10	0.00	5.40	0.65	-1.01	1.31	4.33
1.76	1.80	12.20	12.20	12.30	12.30	0.10	5.60	0.66	-1.10	1.40	4.34
1.87	1.90	12.40	12.40	12.50	12.50	0.10	5.80	0.68	-1.19	1.50	4.35
1.96	2.00	12.60	12.60	12.60	12.70	0.10	6.00	0.69	-1.27	1.58	4.36
2.06	2.10	12.80	12.80	12.80	12.90	0.10	6.20	0.70	-1.36	1.66	4.37
2.16	2.20	12.90	13.00	13.00	13.10	0.10	6.40	0.71	-1.45	1.75	4.38
2.27	2.30	13.20	13.20	13.20	13.20	0.00	6.50	0.72	-1.55	1.86	4.39
2.36	2.40	13.30	13.40	13.40	13.50	0.10	6.80	0.73	-1.63	1.93	4.41
2.46	2.50	13.60	13.60	13.70	13.70	0.10	7.00	0.74	-1.72	2.02	4.42
2.55	2.60	13.80	13.80	13.90	14.00	0.20	7.30	0.76	-1.79	2.10	4.43
2.66	2.70	14.10	14.20	14.20	14.30	0.10	7.60	0.78	-1.88	2.19	4.45
2.75	2.80	14.40	14.40	14.50	14.70	0.30	8.00	0.80	-1.95	2.26	4.47
2.86	2.90	14.70	14.80	14.90	15.00	0.20	8.30	0.81	-2.05	2.35	4.49
2.96	3.00	15.10	15.10	15.20	15.40	0.30	8.70	0.83	-2.13	2.43	4.51
3.05	3.10	15.50	15.60	15.70	15.80	0.20	9.10	0.85	-2.20	2.50	4.54

مثال لمعلومات اختبار مقياس الضغط للتحميل الجانبي من نوع M (من مؤسسة أوبو)  
في طين رخو جداً



FILED:

ID NO. :100

DATE 29 JUL 88

TIME 10:18:57 AM

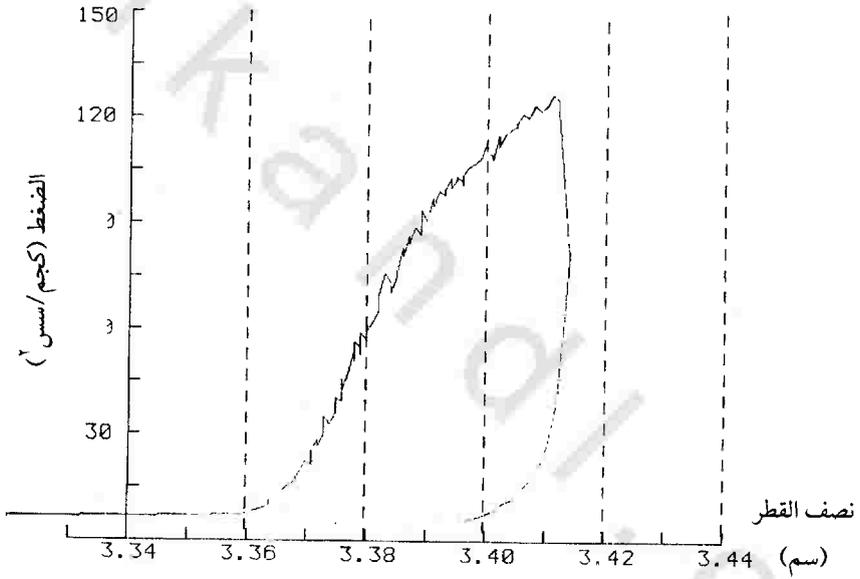
--- ELASTMETER ---

HOLE NO. 02-04

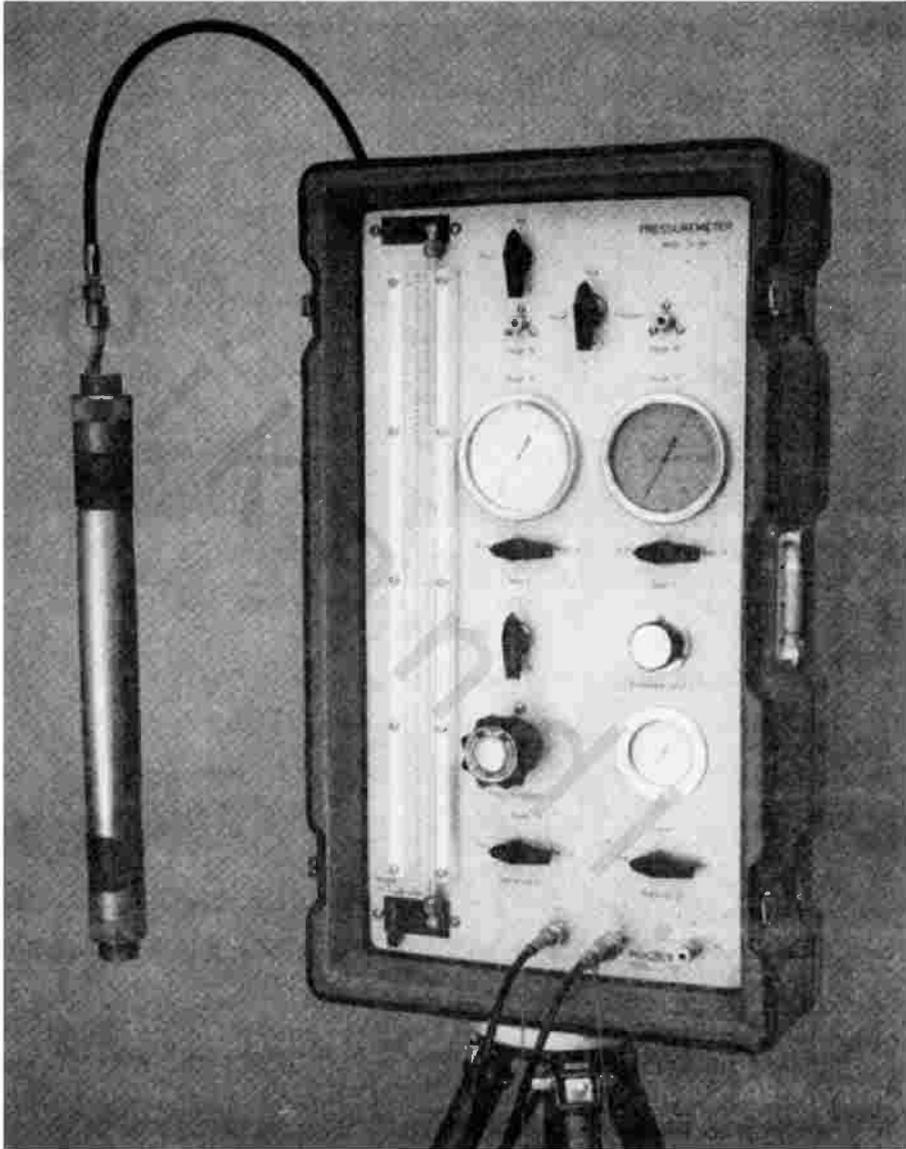
DEPTH 030.0m

NUMBER OF DATA 0110

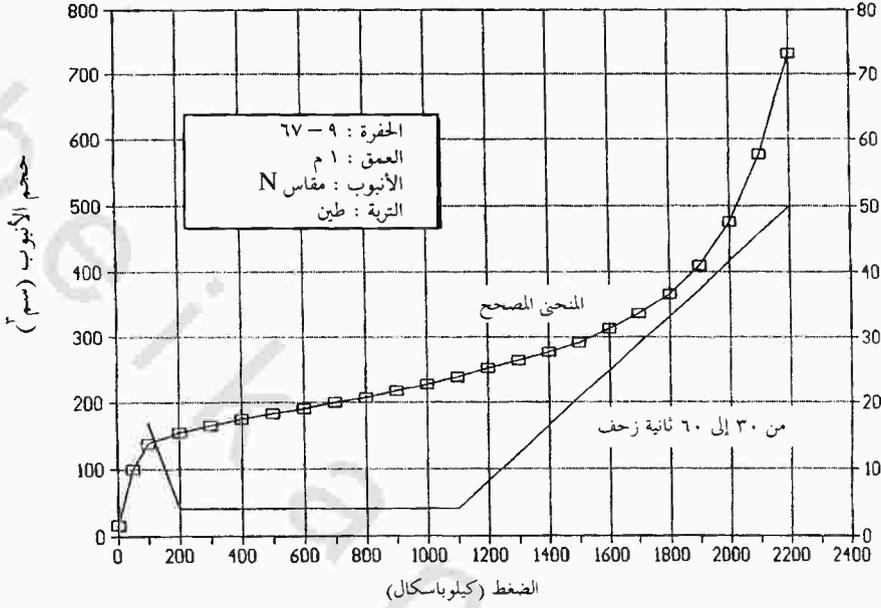
TUBE BX



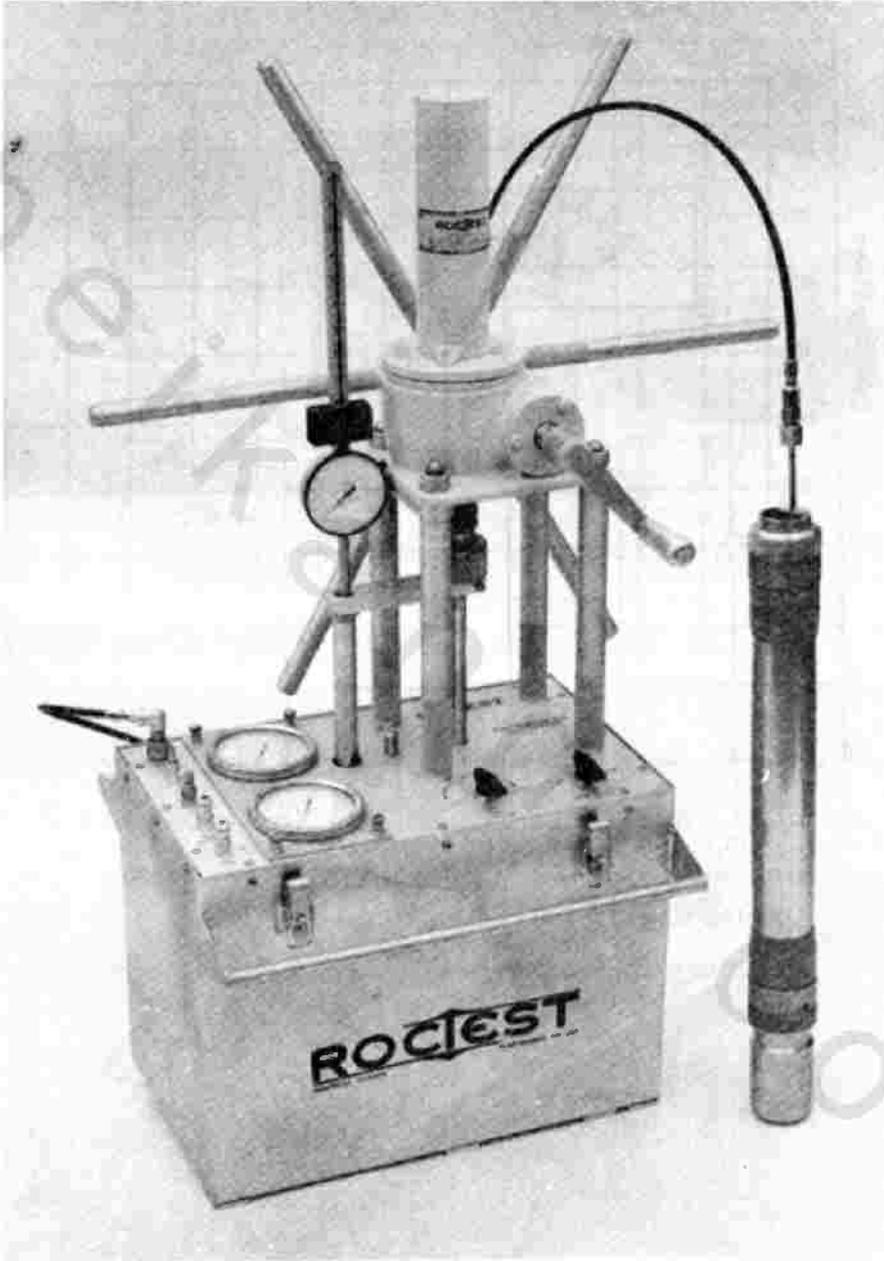
مثال لمنحنى اختبار مقياس الضغط إلاستميتر-٢ (من مؤسسة أويو) في صخور ضعيفة



جهاز مينارد لقياس الضغط من نوع G-Am من روكست، الولايات المتحدة الأمريكية

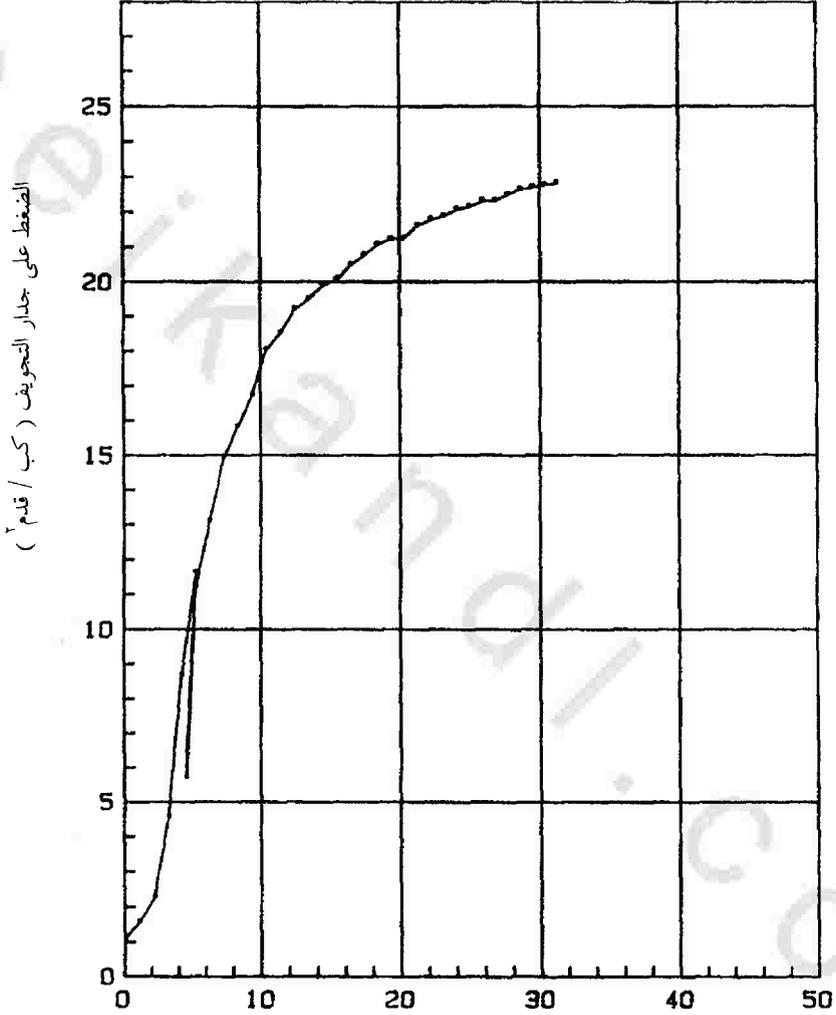


مثال لمنحنى اختبار جهاز مينارد لقياس الضغط من نوع G-Am (من مؤسسة روكست) في الطين



جهاز لقياس الضغط من نوع تكسام من روكست، الولايات المتحدة الأمريكية

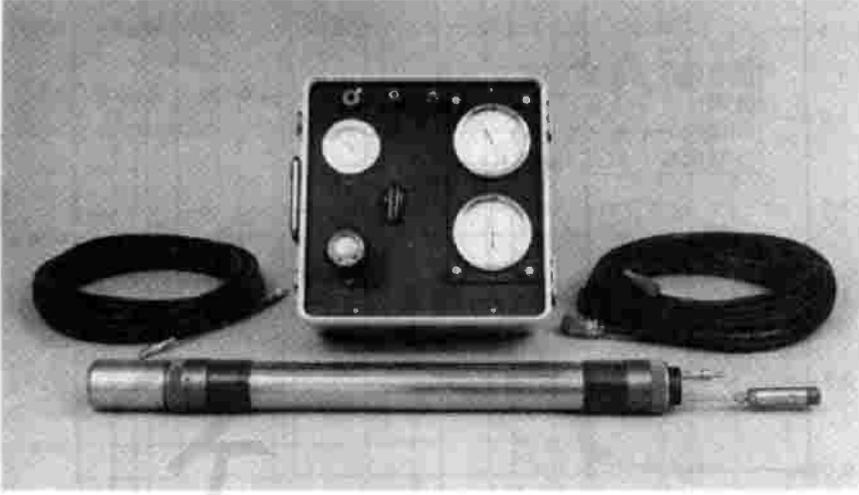
$$\begin{aligned}
 P_0 &= 2.1 \text{ kef} & E_0 &= 575 \text{ kef} \\
 P_1 &= 24 \text{ kef} & E_r &= 1045 \text{ kef} \\
 P_{1*} &= 21.9 \text{ kef} & E_0/P_{1*} &= 26.2
 \end{aligned}$$



الزيادة النسبية في نصف قطر الأنابيب DR/R0 الحفر ٩٠٨ المنسوب

٥٩٣,٦ قدم

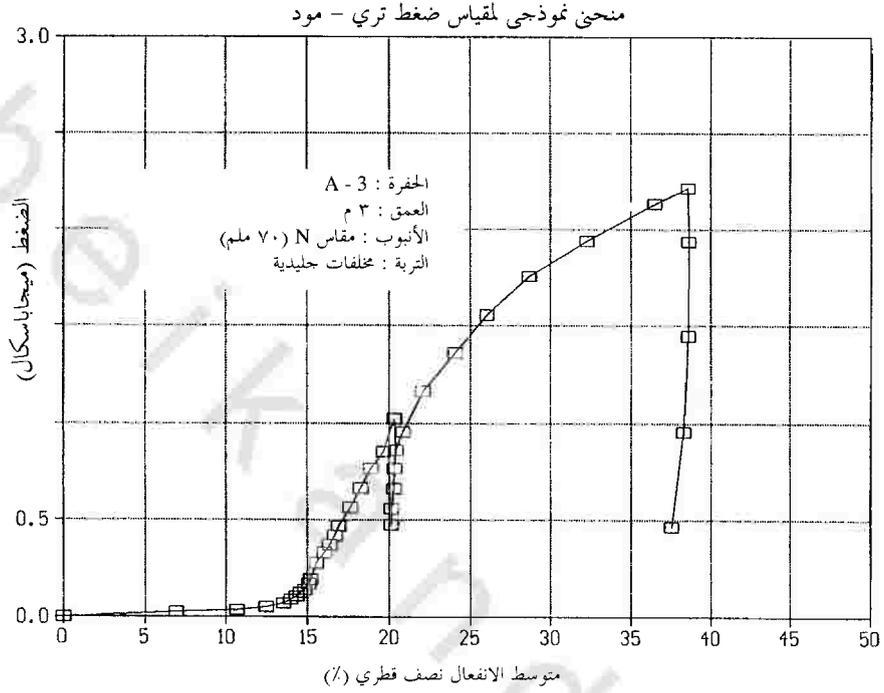
مثال لمنحنى اختبار جهاز تكسام لقياس الضغط (من مؤسسة روكنتست) في طين قاس جدا



مقياس ضغط من نوع تري-مود من روكست، الولايات المتحدة الأمريكية

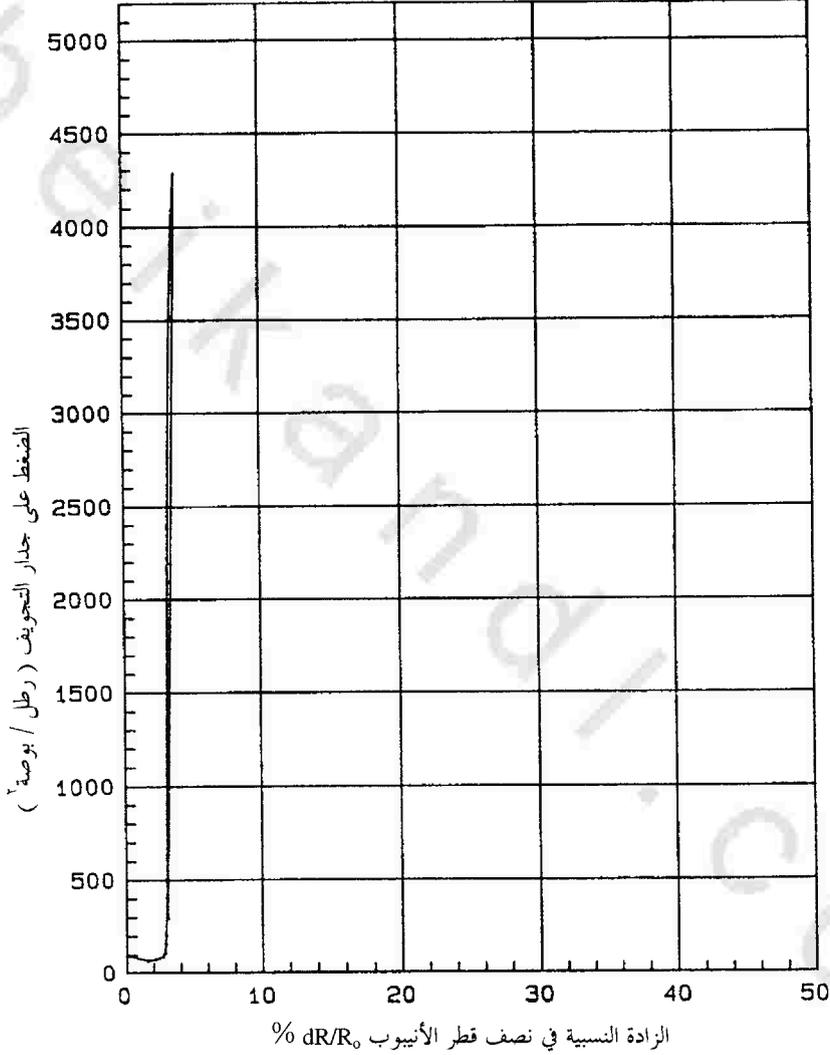


مقياس تمدد السوائل من نوع برويكس-١ من روكست، الولايات المتحدة الأمريكية



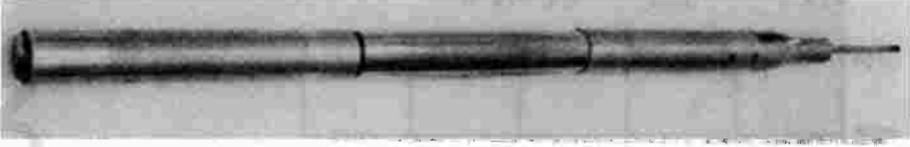
مثال لمنحنى اختبار مقياس الضغط من نوع تري-مود (من روكتست) في تربة مخلفات جليدية

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \quad \text{psi} & E_0 &= 1216922 \text{ psi} \\
 P_1 &= \quad \text{psi} & E_r &= 1019076 \text{ psi} \\
 P_{1*} &= \quad \text{psi} & E_0/P_{1*} &=
 \end{aligned}$$

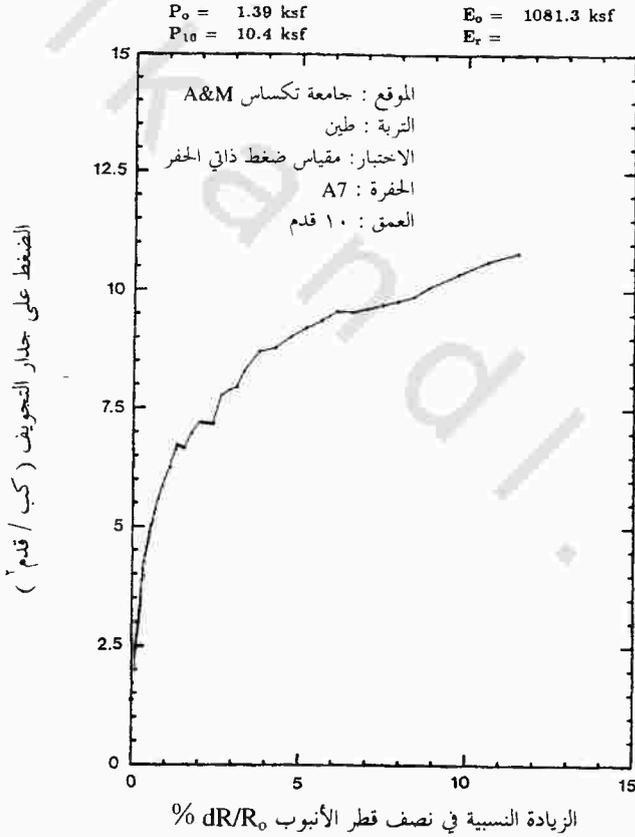


الحفرة 6-BF اختبار ٤٨ العمق ٣٤٨ قدم

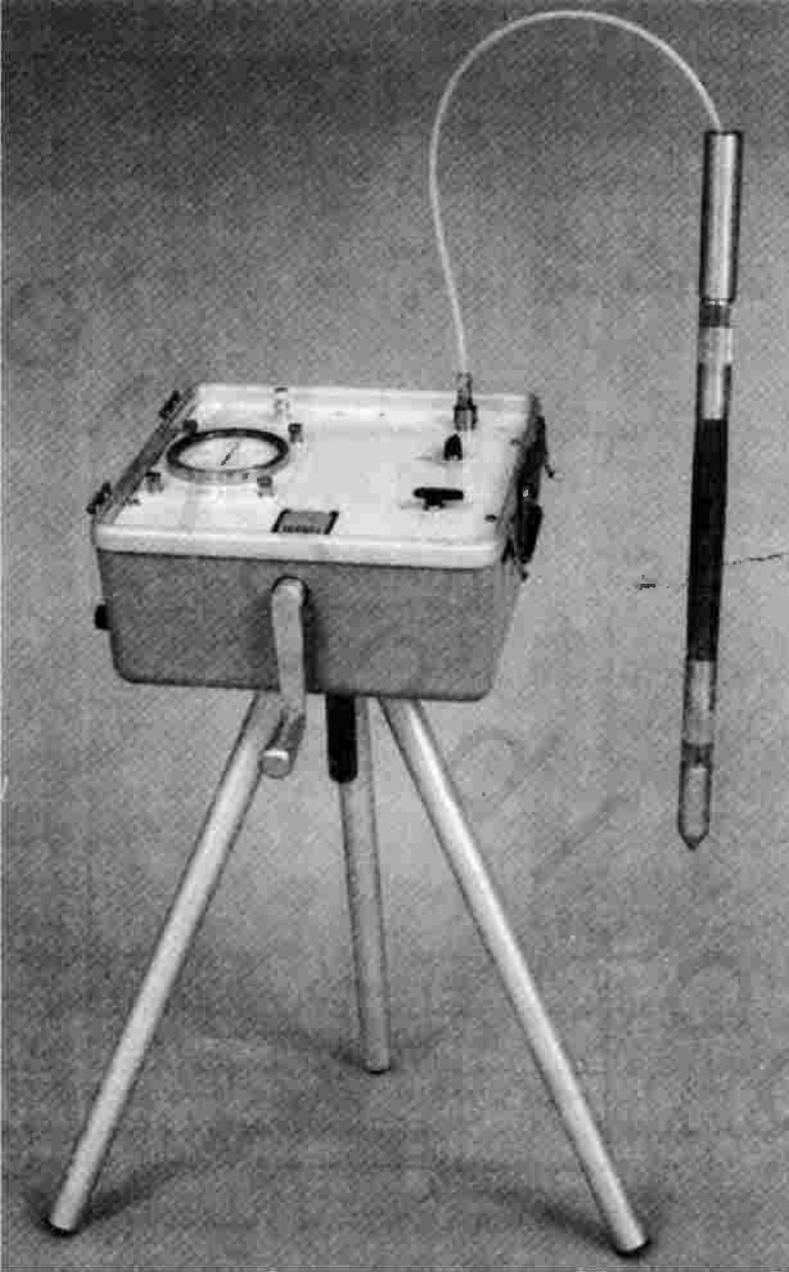
مثال لمنحنى اختبار مقياس الضغط من نوع بروبكس-١ (من روكست) في تربة طباشيرية



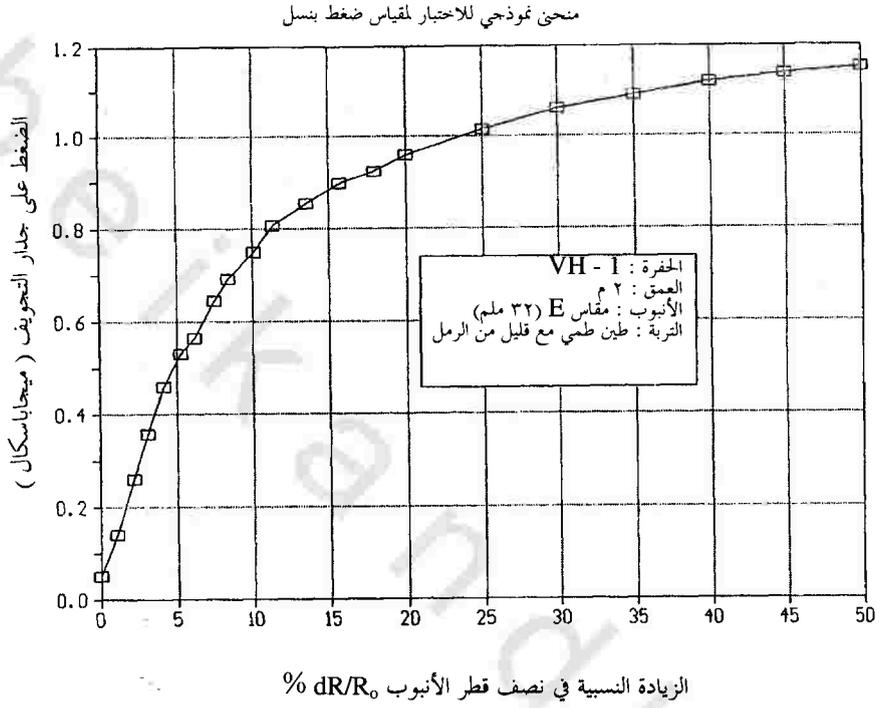
مقياس ضغط ذاتي الحفر من نوع بورماك من روكست ، الولايات المتحدة الأمريكية



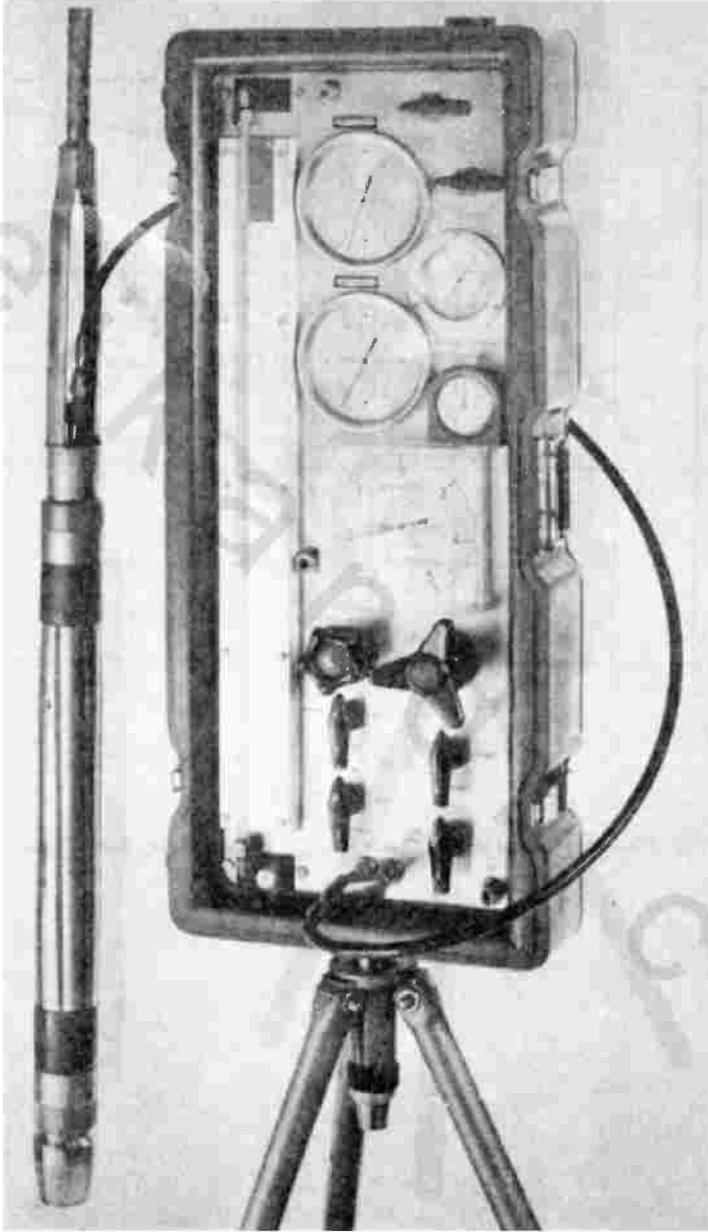
مثال لمنحنى اختبار مقياس الضغط من نوع بورماك (من روكست)، الولايات المتحدة الأمريكية



مقياس ضغط من نوع بنسل من روكنتست، الولايات المتحدة الأمريكية



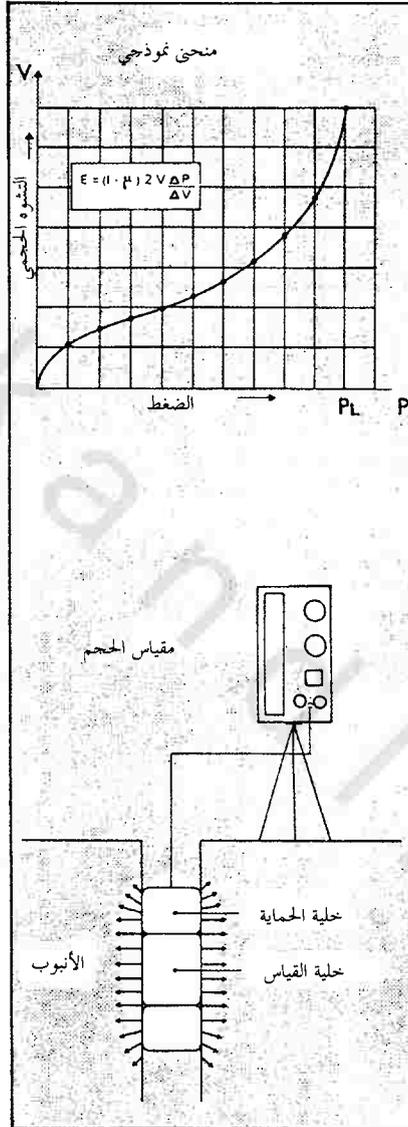
مثال لمنحنى اختبار مقياس ضغط من نوع بنسل (من مؤسسة روكست) المدقوق في طين طمي



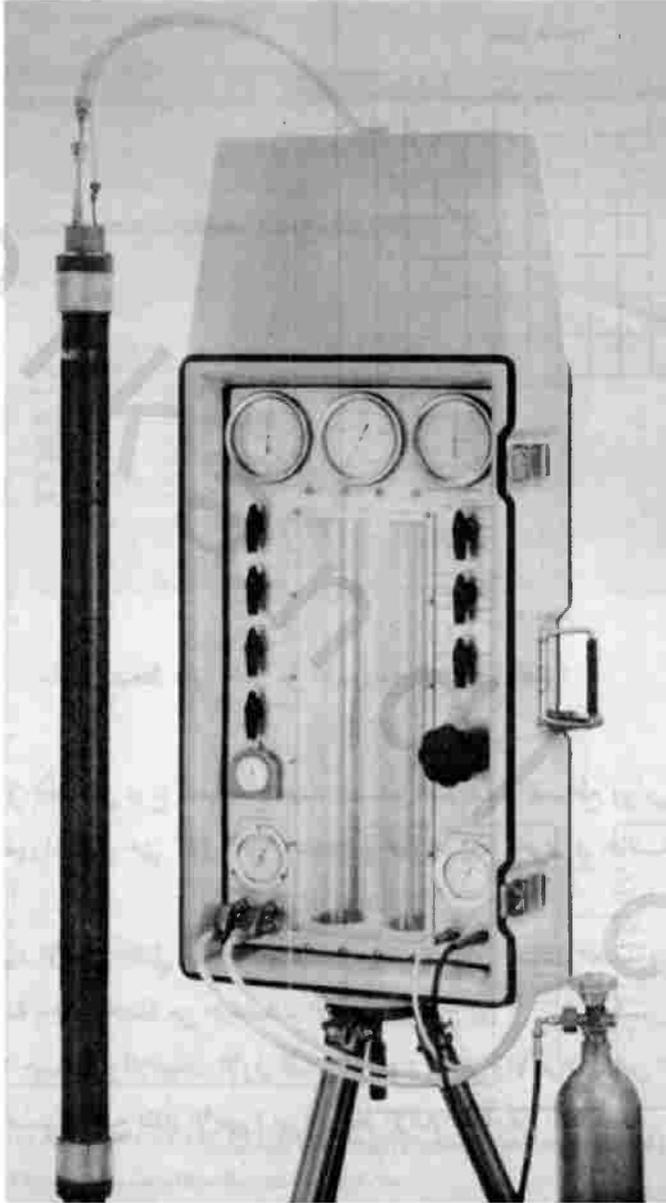
جهاز مینارد لقياس الضغط من نوع GA من بون اسپورناس، فرنسا



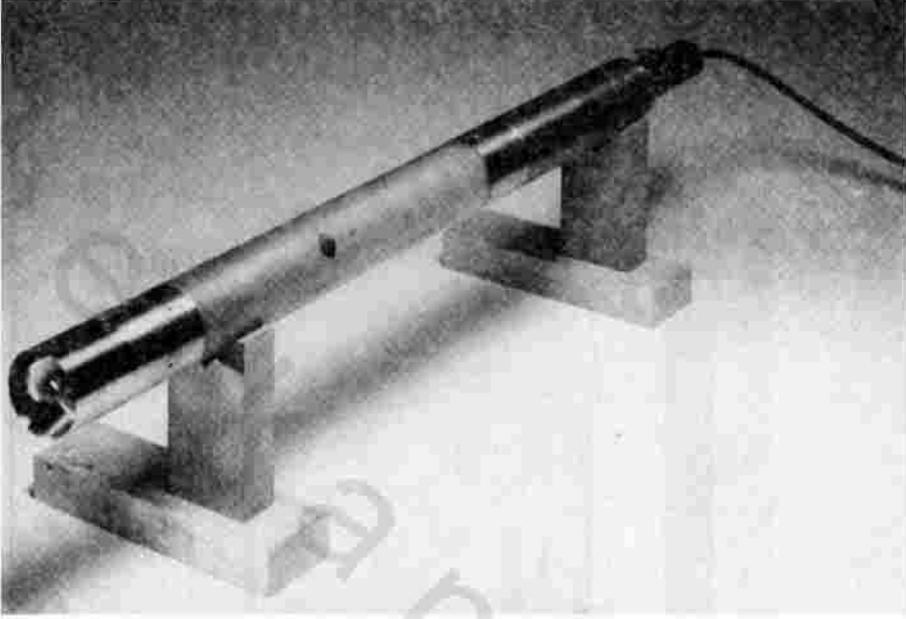
جهاز مینارد لقياس الضغط من نوع GX من بون اسبورناس، فرنسا



مثال لمنحنى اختبار جهاز مينارد لقياس الضغط (من بون اسبورناس)



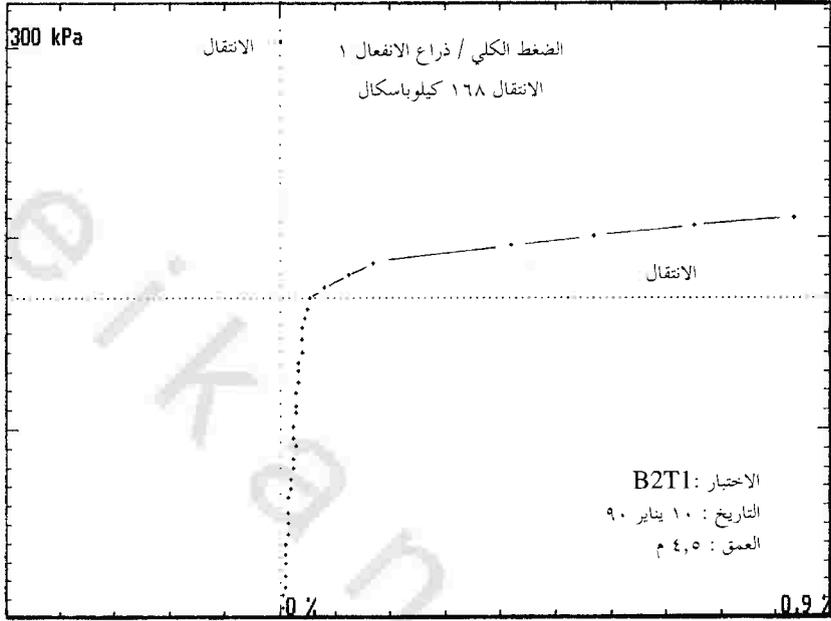
جهاز برساريو-برميميتر من شركة بون اسبورناس، فرنسا



مقياس ضغط ذاتي الحفر من كامبريدج ان سيتو، إنجلترا

مقياس ضغط ذاتي الحفر من نوع كامبريدج حيث تبدو مجموعة القاطع ورأس القطع المستخدمة للطين المتدرج حتى "طين قاس". تستخدم مجموعة قطع أخرى في حالة الطين شديد القساوة.

يبلغ مدى الإجهاد الأقصى الحالي لهذه الأجهزة ١٠ ميغا باسكال . هنالك العديد من هذه الأجهزة المزودة بأعداد مختلفة من حساسات الانفعال تتراوح بين ٣ - ٩ ولكن جميعها تحتوي على ٣ حساسات للإجهاد، الأول لقياس الإجهاد الكلي والآخرون لقياس الضغط المائي المسامي. تحتوي جميع تلك الأجهزة ميزة ترابط الإشارات أسفل الثقب.

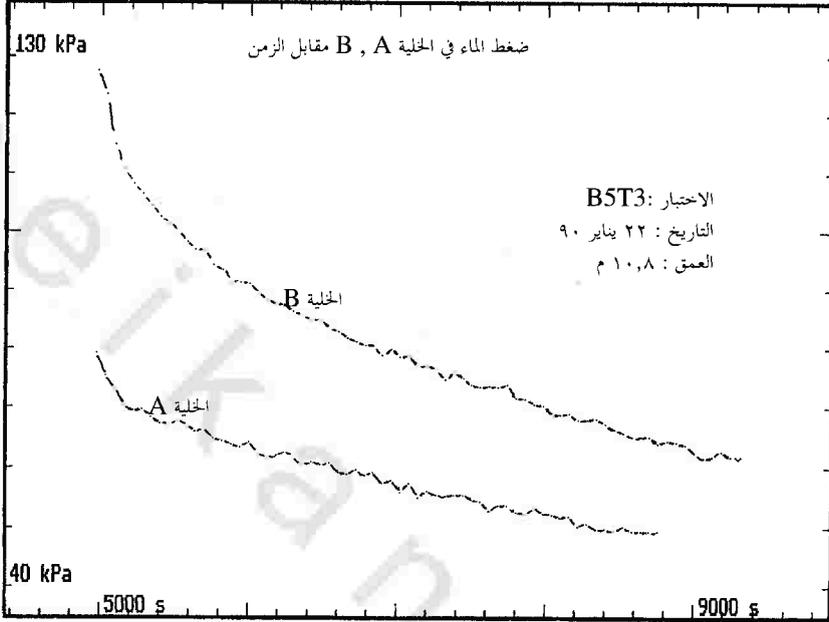


مثال للجزء الأولي لمنحنى قياس الضغط ذاتي الحفر من نوع كامبريدج  
(من كامبريدج ان سيتو)

يمكن قياس معامل القص وقوة القص الخجوس باستخدام مقياس الضغط في الثقوب مسبقاً الحفر أو تلك ذاتية الحفر. تكمن أهمية مقياس الضغط ذاتي الحفر بأن المعدات المثبتة داخله لها القدرة على قياس الإجهاد الأفقي وضغط الماء المسامي في الموقع.

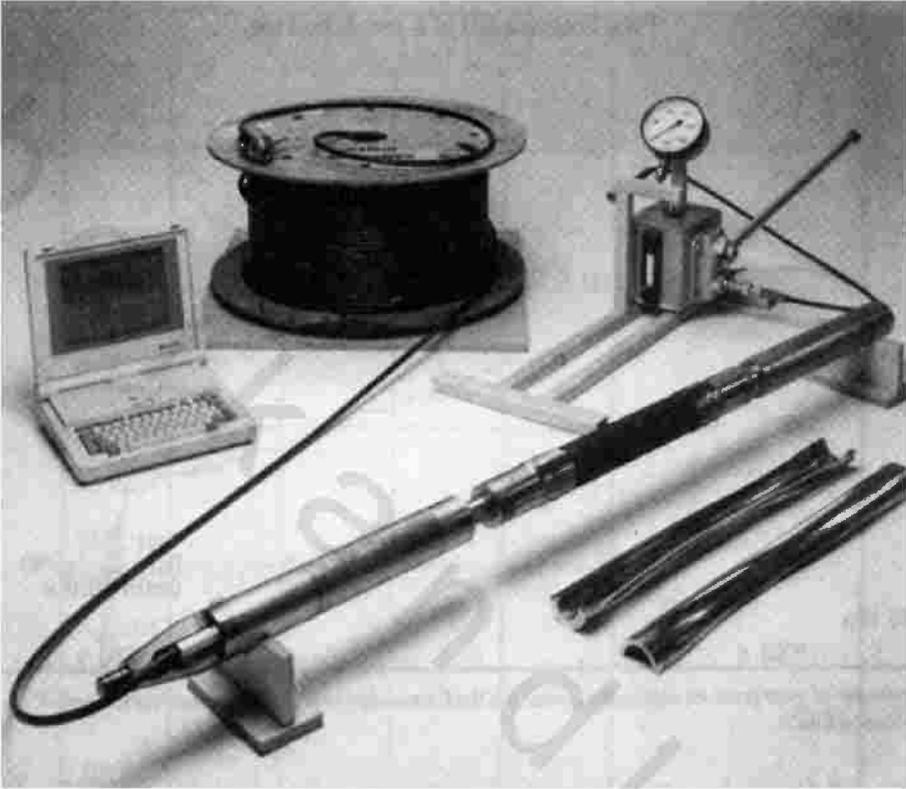
يوضح الشكل (الجزء الأولي) لتمدد مقياس ضغط (SBPM) في الطين والذي يبين الإجهاد الحقلي بكل وضوح.

لا يزال بالإمكان استخلاص الإجهاد الحقلي من المنحنيات التصاعدية غير الموضحة الأركان بتقنية مارسلاند ورائدولف. يعطي الجهاز الموضح في الشكل السابق ثلاث قيم لهذه المسافة عند ٩٢٠° حول منتصف الجهاز.



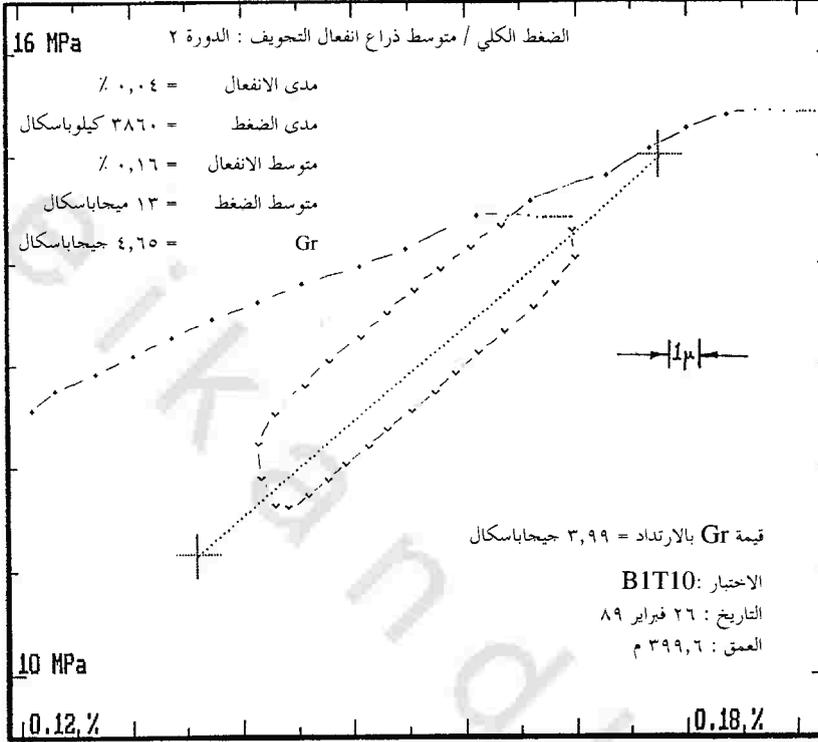
مثال لمنحنى تبدد ضغط الماء المسامي لجهاز مقياس الضغط ذاتي الحفر من نوع كامبريدج  
(من كامبريدج ان سيتو)

يبين هذا الشكل تلاشي ضغط الماء المسامي مباشرة بعد تمدد مقياس ضغط (SBPM) في تربة طينية رخوة عند مستوى انفعال مقداره ٩٪. يمكن حساب قيمتين لمعامل الاندماج الأفقي الحقلية من مقدار هذا التلاشي المسجل في الخليتين باستخدام طريقة كلارك ، كارتر وورث.



جهاز دايلاوميتير ذو ضغط عال من شركة كامبريدج ان سيتو ، بريطانيا

دايلاوميتير ذو ضغط عال، ذراع لقياس الانفعال السداسي، حساس انفعال مباشر، جهاز قياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر بمقدرة حتى ٣٠ ميغا باسكال. يحتوي التجويف أسفل الجزء المقابل للتمدد على نطاق مليء بالإلكترونات. تنقل إشارات حساسات الانفعال والإجهاد إلى السطح عبر أربعة أسلاك من نوع ٢٣٢ آر إس من خلال أنبوب ضغط الزيت. سبق استخدام هذه المعدات في ثقوب تصل إلى أعماق حتى ٦٥٠ م.



مثال لدورة إنزال - إعادة التحميل لجهاز دايالاتوميتر ذي ضغط عالي

(من كامبريدج ان سيتو)

توضح دورة إعادة التحميل هذه قدرة الجهاز لتحليل انحراف مقداره ميكرون واحد من حساسات الانفعال وبالتالي قياس معامل يبلغ ٣,٩٩ جيغاباسكال. يحتاج مثل هذا الأداء عملية معايرة دقيقة إلا أنه يمكن إجراء هذه العملية المباشرة في موقع الاختبار. تعمل حساسات الضغط والمعلومات المرفقة على تحليل ضغط مقداره كيلو باسكال واحد وإضافة إمكانية قياس إلى مدى ١٢ ملم يمكن الأجهزة من العمل لتشمل مدى واسعاً من المواد تشمل طينا قاسياً إلى صخور معتدلة الصلابة.

## الملحق ب

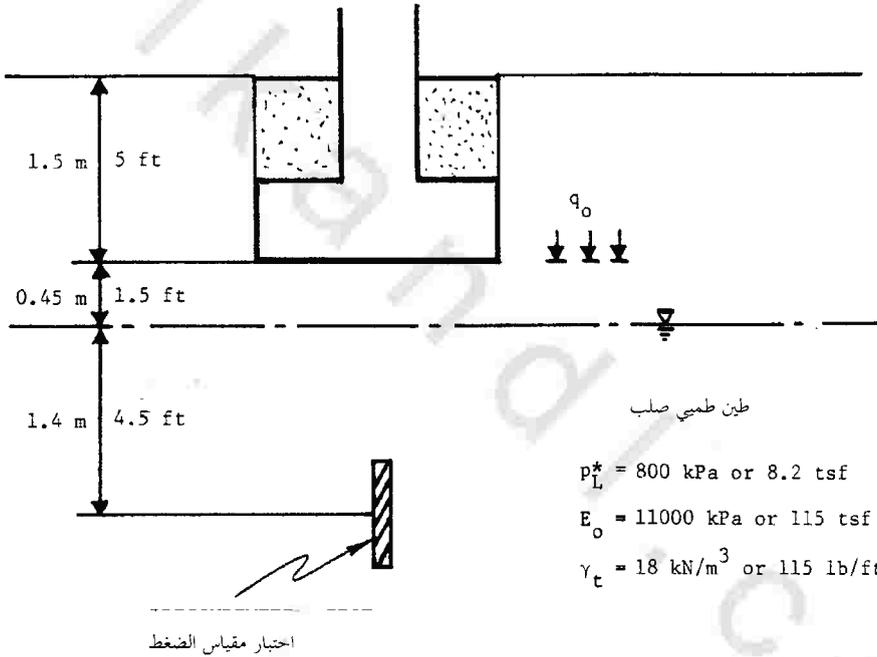
## أمثلة مشكلات القواعد الضحلة

## Examples of Shallow Footing Problems

مثال رقم (١) : قاعدة ضحلة على تربة طينية

$$L = 4 \text{ m or } 13 \text{ ft}$$

$$B = 1.8 \text{ m or } 6 \text{ ft}$$



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

$$p_{Le}^* = p_L^*$$

$$H_e = 1.5 \text{ m, } B = 1.8 \text{ m}$$

$$\frac{H_e}{B} = 0.83 ; \frac{B}{L} = 0.45$$

من شكل رقم (٦٦) نجد أن :

$$k = 0.95 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 0.95/1.2 = 0.79 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال ، نجد أن :

$$k (B/L=0.45) = 0.79 + 0.45 (0.95-0.79) = 0.86$$

$$q_L = 0.86 \times 800 + 18 \times 5 = 778 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = (0.86/3) \times 800 + 18 \times 5 = 319 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = (0.86/3) \times 800 = 229 \text{ kPa}$$

## ٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 (\lambda_d \frac{B}{B_0})^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$$E_d = E_c = 11000 \text{ kPa}$$

وبما أن قيمة  $E/P_L \sim 14$  ، فإننا نلاحظ من جدول رقم (١٥) أن :  $\alpha = 0.66$

وكذلك بما أن قيمة  $L/B = 2.2$  ، فإننا نلاحظ من شكل رقم (٧٧) أن :

$$\lambda_d = 1.58 , \lambda_c = 1.22$$

$$s = \frac{2}{9 \times 11000} \times 229 \times 0.6 (1.58 \times \frac{1.8}{0.6})^{0.66} + \frac{0.66}{9 \times 11000} \times 229 \times 1.22 \times 1.8$$

$$s = 0.0077 + 0.0033 = 0.011 \text{ m} = 11 \text{ mm} < s \text{ (allowable)} = 25 \text{ mm}$$

$$p_{all} = q_{safe} = 319 \text{ kPa}$$

وعلى هذا فإن :

## ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

### ١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

$$p_{Le}^* = p_L$$

$$H_e = 5.0 \text{ ft} ; B = 6.0 \text{ ft} ; \frac{H_e}{B} = 0.83 ; \frac{B}{L} = 0.46$$

من شكل رقم (٦٦) ، نجد أن :

$$k = 0.95 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 0.95/1.2 = 0.79 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال ، نجد أن

$$\begin{aligned} k (B/L=0.46) &= 0.79 + 0.46 (0.95-0.79) = 0.86 \\ q_L &= 0.86 \times 8.2 + (115 \times 5)/2000 = 7.34 \text{ tsf} \\ q_{safe} &= (0.86/3) \times 8.2 + (115 \times 5)/12000 = 2.64 \text{ tsf} \\ q_{net} &= 2.35 \text{ tsf} \end{aligned}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$$E_d = E_c = 115 \text{ tsf}$$

وبما أن قيمة  $E/P_L = 14$  ، فإننا نلاحظ من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha = 0.66$

وكذلك بما إن قيمة  $L/B = 2.2$  ، فإننا نلاحظ من شكل رقم (٧٧) أن :

$$\lambda_c = 1.22 \text{ and } \lambda_d = 1.58$$

$$s = \frac{2}{9 \times 115} \times 2.35 \times 2.0 \left( 1.58 \times \frac{6.0}{2.0} \right)^{0.66} + \frac{0.66}{9 \times 115} \times 2.35 \times 1.22 \times 6.0$$

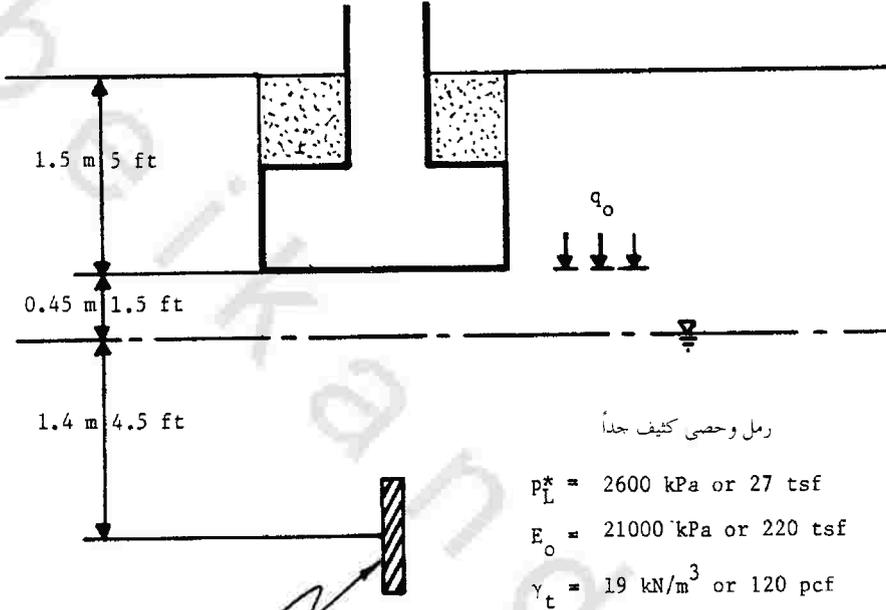
$$s = 0.025 + 0.011 = 0.036 \text{ ft} = 0.43 \text{ in.} < s \text{ (allowable)} = 1 \text{ in.}$$

وعلى هذا فإن :  $P_{all} = q_{safe} = 2.64 \text{ tsf.}$

مثال رقم (٢) : قاعدة ضحلة على تربة رملية

$$L = 4 \text{ m or } 13 \text{ ft}$$

$$B = 1.8 \text{ m or } 6 \text{ ft}$$



رمل وحصي كثيف جداً

$$p_L^* = 2600 \text{ kPa or } 27 \text{ tsf}$$

$$E_o = 21000 \text{ kPa or } 220 \text{ tsf}$$

$$\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3 \text{ or } 120 \text{ pcf}$$

اختبار مقياس الضغط

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

$$p_{Le}^* = p_L^*$$

$$H_e = 1.5 \text{ m}; B = 1.8 \text{ m}; H_e/B = 0.83; B/L = 0.45$$

من شكل رقم (٦٦) ، نجد أن :

$$k = 1.3 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 1.3/1.2 = 1.08 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال، نجد أن:

$$k (B/L=0.45) = 1.08 + 0.45 (1.3-1.08) = 1.18$$

$$q_L = 1.18 \times 2600 + 1.5 \times 19 = 3096.5 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = 1.18 \times 2600/3 + 1.5 \times 19 = 1051 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = 1.18 \times 2600/3 = 1023 \text{ kPa}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$$E_d = E_c = 21000 \text{ kPa}$$

وبما أن قيمة  $E/P_L=8.1$ ، فإننا نلاحظ من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha = 0.33$

وكذلك بما أن قيمة  $L/B = 2.2$ ، فإننا نلاحظ من شكل رقم (٧٧) أن:

$$\lambda_d = 1.58, \lambda_c = 1.22$$

$$s = \frac{2}{9 \times 21000} \times 1023 \times 0.6 \times \left( 1.58 \times \frac{1.8}{0.6} \right)^{0.33} + \frac{0.33}{9 \times 21000} \times 1023 \times 1.22 \times 1.8$$

$$s = 0.011 + 0.004 = 0.015 \text{ m} = 15 \text{ mm} < s_{all} = 25 \text{ mm}$$

وعلى هذا فإن:

$$p_{all} = q_{safe} = 1051 \text{ kPa}$$

ثانياً: استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{L^*}^* + q_o$$

$$P_{L^*}^* = P_L^*$$

$$H_e = 5.0 \text{ ft}; B = 6.0 \text{ ft}; H_e/B = 0.83; B/L = 0.46$$

من شكل رقم (٦٦)، نجد أن:

$$k = 1.3 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ:

$$k = 1.3/1.2 = 1.08 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال، نجد أن:

$$k (B/L=0.46) = 1.08 + 0.46 (1.3-1.08) = 1.18$$

$$q_L = 1.18 \times 27 + (120 \times 5)/2000 = 32.16 \text{ tsf}$$

$$q_{safe} = (118 \times 27)/3 + (120 \times 5)/2000 = 10.9 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = 10.6 \text{ tsf}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$$E_d = E_c = 220 \text{ tsf}$$

وبما أن قيمة  $E/p_L=8.1$ ، فإننا نلاحظ من جدول رقم (١٥) أن:  $\alpha = 0.33$ وكذلك بما أن قيمة  $L/B = 2.2$ ، فإننا نلاحظ من شكل رقم (٧٧) أن:

$$\lambda_d = 1.58, \quad \lambda_c = 1.22$$

$$s = \frac{2}{9 \times 220} \times 10.6 \times 2.0 \times \left( 1.58 \times \frac{6.0}{2.0} \right)^{0.33} + \frac{0.33}{9 \times 220} \times 10.6 \times 1.22 \times 6.0$$

$$s = 0.036 + 0.013 = 0.049 \text{ ft} = 0.59 \text{ in.} < s_{all} = 1.0 \text{ in.}$$

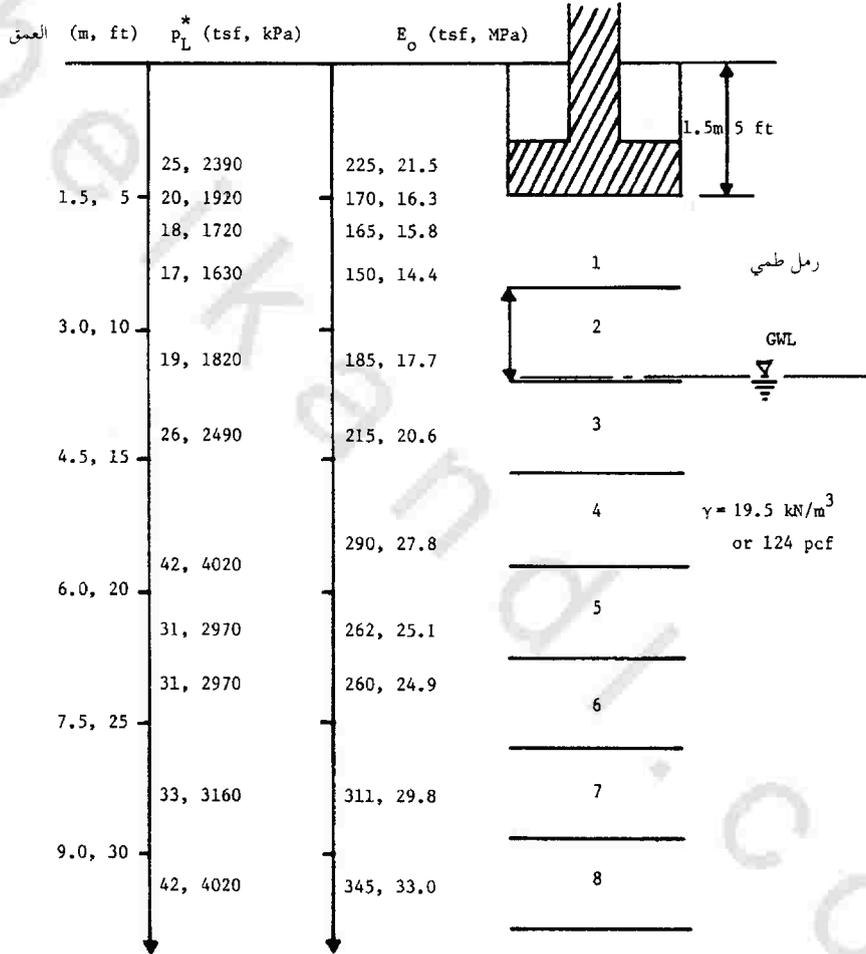
وعلى هذا فإن:

$$p_{all} = q_{safe} = 10.9 \text{ tsf}$$

## مثال رقم (٣) : قاعدة مستطيلة على عدة طبقات من التربة

$$L = 10 \text{ m or } 33 \text{ ft}$$

$$B = 2.1 \text{ m or } 7 \text{ ft}$$



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١ - حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

حيث إن :

$$p_{Le}^* = \sqrt[n]{p_{L1}^* \times p_{L2}^* \times \dots \times p_{Ln}^*}$$

حيث يوجد خمسة قيم للمقدار  $p_L^*$  خلال المنطقة ( $\pm 1.5 B$ ) من أعلى وأسفل مستوى القاعدة.

$$p_{Le}^* = \sqrt[5]{2390 \times 1920 \times 1720 \times 1630 \times 1820} = 1879 \text{ kPa}$$

$$H_e = \frac{1}{p_{Le}^*} (p_{L1}^* z_1 + p_{L2}^* z_2 + \dots + p_{Ln}^* z_n)$$

عمق الطمر المكافئ لطبقات التربة :  $H_e$

حيث يوجد قيمة واحدة ل  $p_L^*$  في طبقات التربة فوق منسوب القاعدة.

$$H_e = \frac{1}{1879} (2390 \times 1.5) = 1.91 \text{ m}$$

تحديد قيمة المعامل  $k$  :

$$H_e = 1.91 \text{ m}, B = 2.1 \text{ m}, H_e/B = 1.91/2.1 = 0.91, B/L = 0.21$$

من شكل رقم (٦٦) ، نجد أن :

$$k = 1.31 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 1.31/1.2 = 1.09 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال ، نجد أن :

$$k (B/L=0.21) = 1.09 + 0.21 (1.31 - 1.09) = 1.14$$

$$q_L = 1.14 \times 1879 + 19.5 \times 1.5 = 2171 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = 1.14 \times 1879/3 + 19.5 \times 1.5 = 743 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = 1.14 \times 1879/3 = 714 \text{ kPa}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

حيث إن  $E_c$  هي القيمة المتناسقة لجميع قيم  $E$  داخل الطبقة الأولى و  $E_d$  هي المعدل الموزون لجميع قيم  $E$  من الطبقة ١-١٦ .

$$E_c, \frac{3}{E_c} = \frac{1}{16.3} + \frac{1}{15.8} + \frac{1}{14.4}$$

$$E_c = 15.5 \text{ MPa}$$

$$E_d, E_1 = 15.5 \text{ MPa}$$

$$\frac{2}{E_2} = \frac{1}{14.4} + \frac{1}{17.7}$$

$$E_2 = 15.9 \text{ MPa}$$

$$\frac{3}{E_{3/4/5}} = \frac{1}{20.6} + \frac{1}{27.8} + \frac{1}{25.1}$$

$$E_{3/4/5} = 24.1 \text{ MPa}$$

$$\frac{3}{E_{6/7/8}} = \frac{1}{24.9} + \frac{1}{29.8} + \frac{1}{33.0}$$

$$E_{6/7/8} = 28.8 \text{ MPa}$$

وتؤخذ قيمة  $E_{9/16}$  مساوية لقيمة  $E_{6/7/8}$  ويعتبر هذا تحفظاً حيث يبدو أن قيمة المعامل تزداد مع العمق.

$$\frac{4}{E_d} = \frac{1}{15.5} + \frac{1}{0.85 \times 15.9} + \frac{1}{24.1} + \frac{1}{2.5 \times 28.8} + \frac{1}{2.5 \times 28.8}$$

$$E_d = 19.3 \text{ MPa}$$

$$\frac{E_d}{p_{Le}^*} = \frac{19300}{1879} = 10.3$$

ومن جدول رقم (١٥) نجد أن  $\alpha_d = 0.33$

$$\frac{E_c}{p_{Le}^*} = \frac{15500}{1879} = 8.2$$

ومن جدول رقم (١٥) نجد أن  $\alpha_c = 0.33$

$$L/B = 10/2.1 = 4.76$$

ومن شكل رقم (٧٧) نجد أن :  $\lambda_d = 2.09$  ،  $\lambda_c = 1.38$

$$s = \frac{2}{9 \times 19300} \times 714 \times 0.6 \left( 2.09 \times \frac{2.1}{0.6} \right)^{0.33} + \frac{0.33}{9 \times 15500} \times 714 \times 1.38 \times 2.1$$

$$s = 0.0095 + 0.0049 = 0.0144 \text{ m} = 14.4 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$$

وعلى هذا فإن :

$$p_{all} = 714 \text{ kPa}$$

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

$$p_{Le}^* = \sqrt[5]{p_{L1}^* \times p_{L2}^* \times \dots \times p_{Ln}^*} \quad \text{حيث إن :}$$

ويوجد خمسة قيم للمقدار  $p_L^*$  خلال المنطقة (B ±1.5) من أعلى وأسفل مستوى القاعدة .

$$p_{Le}^* = \sqrt[5]{25 \times 20 \times 18 \times 17 \times 19} = 19.6 \text{ tsf}$$

$$H_e = \frac{1}{p_{Le}^*} (p_{L1}^* z_1 + p_{L2}^* z_2 + \dots + p_{Ln}^* z_n)$$

عمق الطمر المكافئ لطبقات التربة :  $H_e$

يوجد قيمة واحدة للمقدار  $p_L^*$  في طبقات التربة فوق منسوب القاعدة.

$$H_e = \frac{1}{19.6} (25 \times 5) = 6.4 \text{ ft}$$

تحديد قيمة المعامل k :

$$H_e = 6.4 \text{ ft}, B = 7 \text{ ft}, H_e/B = 6.4/7 = 0.91, B/L = 0.21$$

نجد من شكل رقم (٦٦) ، أن :

$$k = 1.31 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 1.31/1.2 = 1.09 \text{ للقواعد الشريطية}$$

وبواسطة الاستكمال ، نجد أن :

$$k (B/L=0.21) = 1.09 + 0.21 (1.31 - 1.09) = 1.14$$

$$q_L = 1.14 \times 19.6 + (12.4 \times 5)/2000 = 22.65 \text{ tsf}$$

$$q_{safe} = (1.14 \times 19.6)/3 + (12.4 \times 5)/2000 = 7.76 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = 7.45 \text{ tsf}$$

## ٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

حيث إن  $E_c$  هي القيمة المتناسقة لجميع قيم  $E$  داخل الطبقة الأولى و  $E_d$  هي المعدل الموزون لجميع قيم  $E$  من الطبقة ١-١٦ .

$$E_c, \frac{3}{E_c} = \frac{1}{170} + \frac{1}{165} + \frac{1}{150}$$

$$E_c = 161.2 \text{ tsf}$$

$$E_d, E_1 = 161.2 \text{ tsf}$$

$$\frac{2}{E_2} = \frac{1}{150} + \frac{1}{185}$$

$$E_2 = 165.7 \text{ tsf}$$

$$\frac{3}{E_{3/4/5}} = \frac{1}{215} + \frac{1}{290} + \frac{1}{262}$$

$$E_{3/4/5} = 251.8 \text{ tsf}$$

$$\frac{3}{E_{6/7/8}} = \frac{1}{260} + \frac{1}{311} + \frac{1}{345}$$

$$E_{6/7/8} = 301.2 \text{ tsf}$$

وتؤخذ قيمة  $E_{9/16}$  مساوية لقيمة  $E_{6/7/8}$  ويعتبر هذا تحفظاً حيث يبدو أن قيمة المعامل تزداد مع العمق .

$$\frac{4}{E_d} = \frac{1}{161.2} + \frac{1}{0.85 \times 165.7} + \frac{1}{251.8} + \frac{1}{2.5 \times 301.2} + \frac{1}{2.5 \times 301.2}$$

$$E_d = 200.7 \text{ tsf}$$

$$\frac{E_d}{p_{Le}^*} = \frac{200.7}{19.6} = 10.24$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha_d = 0.33$

$$\frac{E_c}{p_{Le}^*} = \frac{161.2}{19} = 8.22$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha_c = 0.33$

$$L/B = 33/7 = 4.7$$

نجد من شكل رقم (٧٧) أن :  $\lambda_d = 2.09$  ،  $\lambda_c = 1.38$

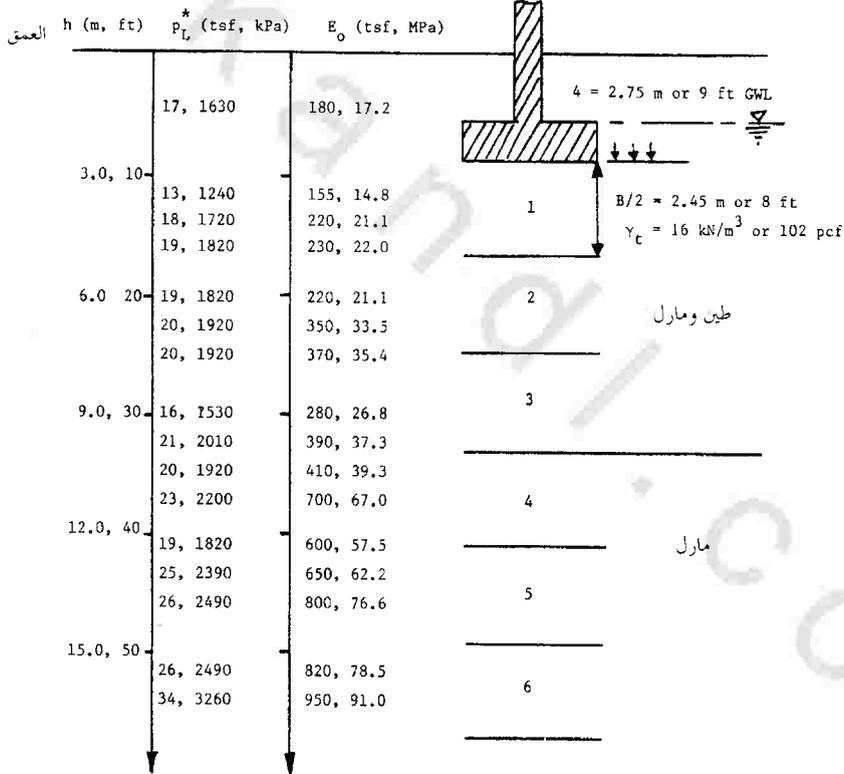
$$s = \frac{2}{9 \times 200.7} \times 7.45 \times 2.0 \left( 2.09 \times \frac{7.0}{2.0} \right)^{0.33} + \frac{0.33}{9 \times 161.2} \times 7.45 \times 1.38 \times 7.0$$

$$s = 0.032 + 0.016 = 0.048 \text{ ft} = 0.58 \text{ in}$$

مثال رقم (٤) : قاعدة مستطيلة على عدة طبقات من التربة

$$L = 12.2 \text{ m or } 40 \text{ ft}$$

$$B = 4.9 \text{ m or } 16 \text{ ft}$$



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

حيث إن :

$$p_{Le}^* = \sqrt[n]{p_{L1}^* \times p_{L2}^* \times \dots \times p_{Ln}^*}$$

يوجد هناك خمسة قيم للمقدار  $p_{Le}^*$  داخل المنطقة ( $\pm 1.5 B$ ) من أعلى وأسفل مستوى القاعدة .

$$p_{Le}^* = \sqrt[5]{1630 \times 1240 \times 1720 \times 1820 \times 1820} = 1630 \text{ kPa}$$

$$H_e = \frac{1}{p_{Le}^*} (p_{L1}^* z_1 + p_{L2}^* z_2 + \dots + p_{Ln}^* z_n)$$

يوجد قيمة واحدة للمقدار  $p_L^*$  في طبقات التربة فوق منسوب القاعدة.

$$H_e = \frac{1}{1630} (1630 \times 2.75) = 2.75 \text{ m}$$

تحديد قيمة المعامل  $k$  :

$$H_e = 2.75 \text{ m}, B = 4.9 \text{ m}, H_e/B = 2.75/4.9 = 0.56, B/L = 4.9/12.2 = 0.4$$

من شكل رقم (٦٦) ، نجد أن :

$$k = 0.90 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 0.90/1.2 = 0.75 \text{ للقواعد الشريطية}$$

نجد بواسطة الاستكمال ، أن :

$$k (B/L=0.40) = 0.75 + 0.4 (0.9 - 0.75) = 0.81$$

$$q_L = 0.81 \times 1630 + 16 \times 2.75 = 1364 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = (0.81 \times 1630)/3 + 16 \times 2.75 = 484 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = (0.81 \times 1630)/3 = 440 \text{ kPa}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^{\beta} + \frac{\alpha}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$E_c$  هي القيمة المتناسقة لجميع قيم  $E$  داخل الطبقة الأولى.

$$\frac{3}{E_c} = \frac{1}{14.8} + \frac{1}{21.1} + \frac{1}{22}$$

$$E_c = 18.7 \text{ MPa}$$

و  $E_d$  هي معدل الحمل لجميع قيم  $E$  من الطبقة ١-١٦.

$$E_1 = 18.7 \text{ MPa}$$

$$\frac{2}{E_2} = \frac{1}{21.1} + \frac{1}{33.5}$$

$$E_2 = 25.9 \text{ MPa}$$

$$\frac{8}{E_{3/4/5}} = \frac{1}{35.4} + \frac{1}{26.8} + \frac{1}{37.3} + \frac{1}{39.3} + \frac{1}{67} + \frac{1}{57.5} + \frac{1}{62.2} + \frac{1}{76.6}$$

$$E_{3/4/5} = 44.6 \text{ MPa}$$

$$\frac{2}{E_6} = \frac{1}{78.5} + \frac{1}{91}$$

$$E_6 = 84.3 \text{ MPa}$$

تؤخذ قيم  $E_{6/8}$ ،  $E_{9/16}$ ، مساوية لقيمة  $E_6$  وذلك لعدم وجود بيانات لمعاملات الأعماق الأخرى. يعتبر هذا الافتراض متحفظاً، حيث يبدو أن قيمة المعامل تزداد مع العمق.

$$\frac{4}{E_d} = \frac{1}{18.7} + \frac{1}{0.85 \times 25.9} + \frac{1}{44.6} + \frac{1}{2.5 \times 84.3} + \frac{1}{2.5 \times 84.3}$$

$$E_d = 30.6 \text{ Mpa}$$

$$\frac{E_d}{p_{Le}^*} = \frac{30600}{1630} = 18.8$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha_d = 1.0$

$$\frac{E_c}{p_{Le}^*} = \frac{18700}{1630} = 11.5$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha_c = 0.67$

$$L/B = 12.2/4.9 = 2.5$$

نجد من شكل رقم (٧٧) أن :  $\lambda_d = 1.82$  ،  $\lambda_c = 1.25$

$$s = \frac{2}{9 \times 30600} \times 440 \times 0.6 \left( 1.82 \times \frac{4.9}{0.6} \right)^1 + \frac{0.67}{9 \times 18700} \times 440 \times 1.25 \times 4.9$$

$$s = 0.028 + 0.011 = 0.039 \text{ m} = 39 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

لذا يجب تقليل الضغط للحصول على هبوط محسوب مساو ٢٥ ملم . وحيث إن الهبوط يتناسب خطياً مع الضغط فإن الضغط المسموح به هو :

$$p_{all} = 440 \times (25/39) + 16 \times 2.75 = 326 \text{ kPa}$$

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

$$q_L = k p_{Le}^* + q_o$$

حيث إن :

$$p_{Le}^* = \sqrt[n]{p_{L1}^* \times p_{L2}^* \times \dots \times p_{Ln}^*}$$

حيث يوجد خمس قيم للمقدار  $p_L^*$  خلال المنطقة ( $\pm 1.5 B$ ) من أعلى وأسفل مستوى القاعدة .

$$p_{Le}^* = \sqrt[5]{17 \times 13 \times 18 \times 19 \times 19} = 17.0 \text{ tsf}$$

$$H_e = \frac{1}{p_{Le}^*} (p_{L1}^* z_1 + p_{L2}^* z_2 + \dots + p_{Ln}^* z_n)$$

حيث يوجد قيمة واحدة للمقدار  $p_L^*$  في طبقات التربة فوق منسوب القاعدة .

$$H_e = \frac{1}{17} (17 \times 9) = 9 \text{ ft}$$

تحديد قيمة المعامل  $k$  :

$$H_e = 9 \text{ ft}, B = 16 \text{ ft}, H_e/B = 9/16 = 0.56, B/L = 16/40 = 0.4$$

نجد من شكل رقم (٦٦) ، أن :

$$k = 0.90 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

للقواعد الشريطية  $k = 0.9/1.2 = 0.75$

نجد بواسطة الاستكمال ، أن :

$$k (B/L=0.4) = 0.75 + 0.4 (0.9 - 0.75) = 0.81$$

$$q_u = 0.81 \times 17 + (102 \times 9)/2000 = 14.23 \text{ tsf}$$

$$q_{safe} = (0.81 \times 17)/3 + (102 \times 9)/2000 = 5.05 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = 4.59 \text{ tsf}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

$$s = \frac{2}{9E_d} q_{net} B_0 \left( \lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^{f^*} + \frac{a}{9E_c} q_{net} \lambda_c B$$

$E_c$  هي القيمة المتناسقة لجميع قيم  $E$  داخل الطبقة الأولى.

$$\frac{3}{E_c} = \frac{1}{155} + \frac{1}{220} + \frac{1}{230}$$

$$E_c = 195.5 \text{ tsf}$$

و  $E_d$  هي المعدل الموزون لجميع قيم  $E$  من الطبقة ١-١٦.

$$E_1 = 195.5 \text{ tsf}$$

$$\frac{2}{E_2} = \frac{1}{220} + \frac{1}{350}$$

$$E_2 = 270.2 \text{ tsf}$$

$$\frac{8}{E_{3/4/5}} = \frac{1}{370} + \frac{1}{280} + \frac{1}{390} + \frac{1}{410} + \frac{1}{700} + \frac{1}{600} + \frac{1}{650} + \frac{1}{800}$$

$$E_{3/4/5} = 466.2 \text{ tsf}$$

$$\frac{2}{E_6} = \frac{1}{820} + \frac{1}{950}$$

$$E_6 = 880.2 \text{ tsf}$$

تؤخذ قيم  $E_{6/8}$  ،  $E_{9/16}$  مساوية لقيمة  $E_6$  ؛ وذلك لعدم وجود بيانات لمعاملات الأعماق الأخرى. ويعتبر هذا الافتراض متحفظاً ، حيث يبدو أن قيمة المعامل تزداد مع العمق .

$$\frac{4}{E_d} = \frac{1}{195.5} + \frac{1}{0.85 \times 270.2} + \frac{1}{466.2} + \frac{1}{2.5 \times 880.2} + \frac{1}{2.5 \times 880.2}$$

$$E_d = 319.4 \text{ tsf}$$

$$\frac{E_d}{P_{Le}^*} = \frac{319.4}{17} = 18.8$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha d = 1.0$

$$\frac{E_c}{P_{Le}^*} = \frac{195.5}{17} = 11.5$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha c = 0.67$

$$L/B = 40/16 = 2.5$$

نجد من شكل رقم (٧٧) أن :  $\lambda d = 1.82$  ،  $\lambda c = 1.25$

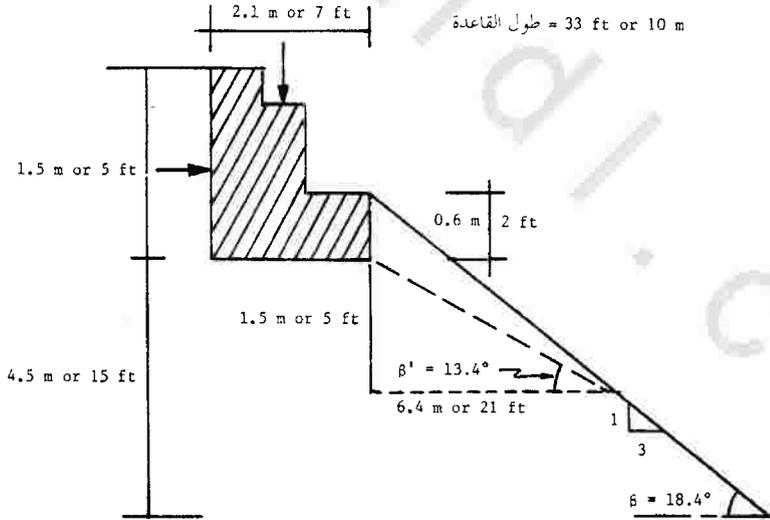
$$s = \frac{2}{9 \times 319.4} \times 4.59 \times 2.0 \left(1.82 \times \frac{16}{2.0}\right)^4 + \frac{0.67}{9 \times 195.5} \times 4.59 \times 1.25 \times 16$$

$$s = 0.092 + 0.035 = 0.127 \text{ ft} = 1.52 \text{ in} > 1 \text{ in.}$$

يجب تقليل الضغط للحصول على هبوط محسوب مساو ٢٥ ملم . وحيث إن الهبوط يتناسب خطياً مع الضغط فإن الضغط المسموح به هو :

$$p_{all} = 4.59 \times \frac{1}{1.52} + \frac{102 \times 9}{2000} = 3.48 \text{ tsf}$$

مثال رقم (٥) : قاعدة مستطيلة تحت حمل مائل قرب منحدر



بيانات مقياس الضغط المذكورة نفسها في المثال رقم (٣)

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

تم تصميم القاعدة على أن يكون الحمل مركزياً، إلا أن الدفع الجانبي من الردم يحدث ميولاً للحمل مقداره خمس درجات مئوية. تمثل هذه الحالة قاعدة على منحدر تحت حمل مركزي مائل، حيث يتجه الحمل ناحية المنحدر. يحسب معامل التخفيض في هذه الحالة  $i_{is}$  باستخدام المعادلات ١٦٢ إلى ١٦٨ مع تغيير الزاوية  $\delta$  بالزاوية  $\delta + \beta'$ .

$$i_{is} = \left(1 - \frac{\delta + \beta'}{90}\right)^2 (1 - \lambda) + \left(1 - \frac{\lambda + \beta'}{20}\right) \lambda$$

$$\delta = 5^\circ, \beta' = 13.4^\circ$$

$$\lambda = \lambda_d \lambda_m$$

$$\lambda_d = 1 - D/B = 1 - 0.6/2.1 = 0.714 \text{ because } 0 < D/B < 1$$

$$\lambda_m = 1 - m = 1 - (p_L^* \text{ at } z=D)/(p_L^* \text{ at } z=D+B)$$

في هذه الحالة فإن قيمة  $p_L^*$  عند  $z = D$  تكون ٢٠٠٠ كيلوباسكال وعند  $z = D+B$  تكون ١٩٠٠ كيلوباسكال، وعلى هذا فإن :

$$\lambda_m = 1 - 2000/1900 = -0.053$$

$$\lambda_m = 0 \text{ since } m > 1$$

$$\lambda = 0.714 \times 0 = 0$$

$$i_{is} = \left(1 - \frac{5 + 13.4}{90}\right)^2 (1 - 0) + \left(1 - \frac{5 + 13.4}{20}\right) \times 0 = 0.633$$

تم حساب الحمل الأقصى لهذه القاعدة على تربة مستوية وعند عمق طمر يساوي ٠,٦ م بصورة منفصلة ووجد أن الحمل الأقصى :

$$Q_u = 16000 \text{ kN.}$$

لذا فإن الحمل الأقصى لهذا المثال هو :

$$Q_{uis} = 0.633 \times 16000 = 10130 \text{ kN.}$$

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

تم تصميم القاعدة على أن يكون الحمل مركزياً إلا أن الدفع الجانبي من الردم يحدث ميولاً للحمل مقداره خمس درجات مئوية . تمثل هذه الحالة قاعدة على منحدر تحت حمل مركزي مائل حيث يتجه الحمل ناحية المنحدر. ويحسب معامل التخفيض في هذه الحالة  $i_{is}$  باستخدام المعادلات ١٦٢ إلى ١٦٨ مع تغيير الزاوية  $\delta$  بالزاوية  $\delta + \beta'$ .

$$i_{is} = \left(1 - \frac{\delta + \beta'}{90}\right)^2 (1 - \lambda) + \left(1 - \frac{\lambda + \beta'}{20}\right) \lambda$$

$$\delta = 5^\circ, \beta = 13.4^\circ$$

$$\lambda = \lambda_d \lambda_m$$

$$\lambda_d = 1 - D/B = 1 - 2/7 = 0.714 \text{ because } 0 < D/B < 1$$

$$\lambda_m = 1 - m = 1 - (p_L^* \text{ at } z=D) / (p_L^* \text{ at } z=D+B)$$

وفي هذه الحالة فإن قيمة  $p_L^*$  عند  $z = D$  تكون 20 tsf وعند  $z = D+B$  تكون 19 tsf ، وعلى هذا فإن :

$$\lambda_m = 1 - 20/19 = -0.053$$

$$\lambda_m = 0 \text{ since } m > 1$$

$$\lambda = 0.714 \times 0 = 0$$

$$i_{is} = \left(1 - \frac{5 + 13.4}{90}\right)^2 (1 - 0) + \left(1 - \frac{5 + 13.4}{20}\right) \times 0 = 0.633$$

تم حساب الحمل الأقصى لهذه القاعدة على تربة مستوية وعند عمق طمر يساوي ٢ قدم بصورة منفصلة ووجد أن الحمل الأقصى :

$$Q_u = 1600 \text{ tons.}$$

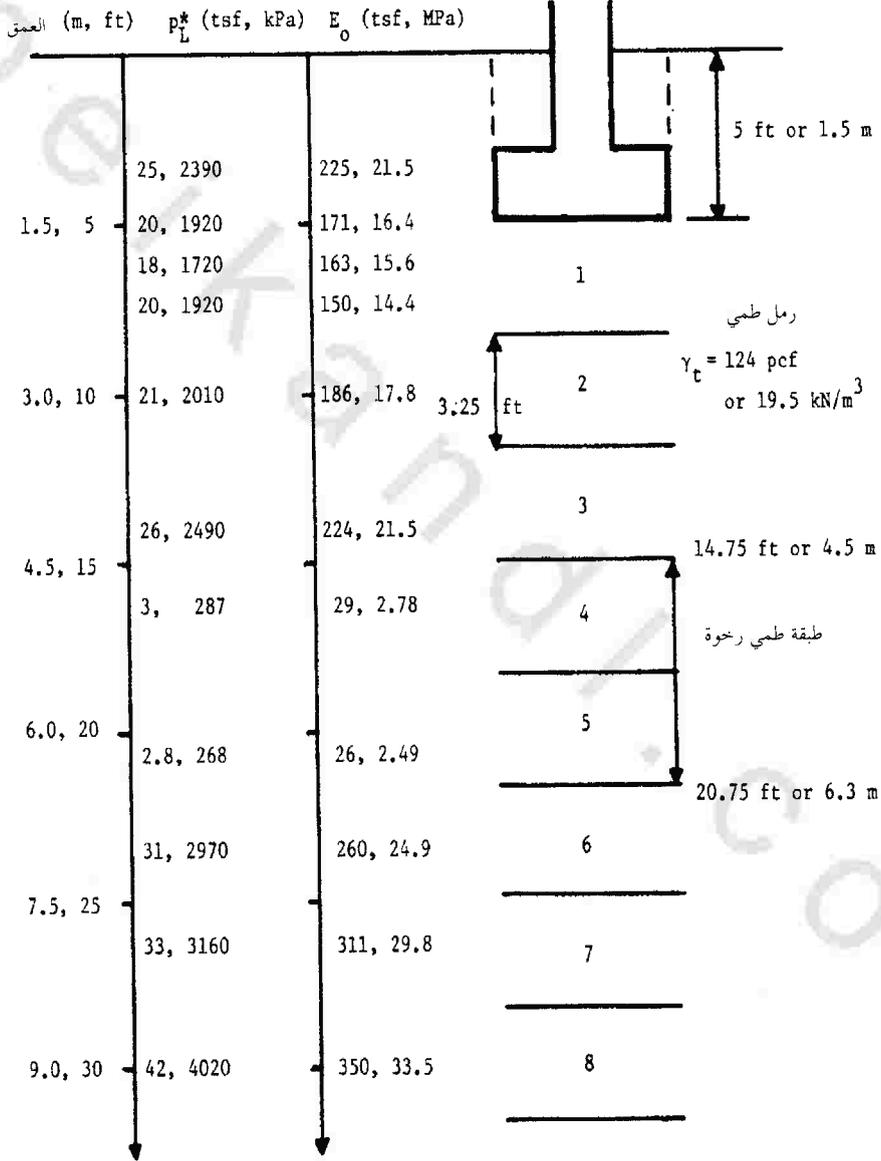
لذا فإن الحمل الأقصى لهذا المثال هو :

$$Q_{uis} = 0.633 \times 1600 = 1013 \text{ tons.}$$

مثال رقم (٦) : قاعدة مستطيلة على طبقة رخوة من التربة

L = 10 m or 33 ft

B = 2 m or 6.5 ft



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

تقدير :

$$q_{safe} = (1/3) k p_{Le}^* + q_0$$

$$q_{net} = (1/3) k p_{Le}^*$$

$$B/L = 2/10 = 0.2 ; \quad H_e/B = 1.5/2 = 0.75$$

نجد من شكل رقم (٦٦) ، أن :

$$k = 1.21 \quad \text{للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 1.21/1.2 = 1.0 \quad \text{للقواعد الشريطية}$$

نجد بواسطة الاستكمال ، أن :

$$k (B/L=0.2) = 1 + 0.2 \times (1.21-1) = 1.04$$

افترض أن الطبقة الضعيفة تتحكم بقيمة  $p_{Le}^*$  (هذا تحفظ خاطئ).

$$p_{Le}^* = (287 \times 268)^{1/2} = 277 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = (1/3) \times 1.04 \times 277 + 1.5 \times 19.5 = 125 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = 96 \text{ kPa}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

يكون في هذه الحالة مقدار الهبوط الكلي

$$s_T = s' + s''$$

حيث إن :

$$s' = \frac{2}{9E_d} q_n B_0 (\lambda_d \frac{B}{B_0})^f + \frac{\alpha}{9E_c} q_n \lambda_c B$$

و

$$s'' = \alpha \left( \frac{1}{E_c} - \frac{1}{E_m} \right) \Delta P_c H$$

تحسب الخطوات التي سبق شرحها قيمة  $s'$ ، وعليه فإننا نحصل على:

$$s' = 12.8 \text{ mm}$$

ونأخذ في الاعتبار رخاوة طبقة الطمي:

معامل مقياس الضغط للطبقة الرخوة  $E_c$

$$\frac{2}{E_c} = \frac{1}{2.78} + \frac{1}{2.49} \rightarrow E_c = 2.63 \text{ MPa}$$

$$E_m = E_d$$

في حالة عدم وجود طبقة رخوة:

وقد تم حساب قيمة  $E_d$  منفصلاً ويساوي 19.2 MPa .

والتغيير في الإجهاد العمودي على السطح العلوي والسفلي للطبقة الرخوة باستخدام

نظرية بوسونك ورسمه نيومارك كالتالي:

$$z = 4.5 \text{ m} \quad \Delta\sigma_v = 0.24 q_{net}$$

$$z = 6.3 \text{ m} \quad \Delta\sigma_v = 0.17 q_{net}$$

$q_{net} = 96 \text{ kPa}$ , therefore  $\Delta\sigma_v$  at 4.5 m = 23 kPa and  $\Delta\sigma_v$  at 6.3 m = 16.3 kPa.

$$\Delta p = (23+16.3)/2 = 19.6 \text{ kPa}$$

وبهذا تكون القيمة المتوسطة:

$$s'' = \alpha \left( \frac{1}{E_c} - \frac{1}{E_m} \right) \Delta p H$$

$$\frac{E_c}{p_L^*} = \frac{2630}{277} = 9.5$$

نجد من جدول رقم (15) أن  $\alpha = 0.5$  للتمي.

$$s'' = 0.5 \times \left( \frac{1}{2630} - \frac{1}{19200} \right) \times 19.6 \times (6.3-4.5)$$

$$s'' = 0.0058 \text{ m} = 5.8 \text{ mm} .$$

$$s_T = 12.8 + 5.8 = 18.6 \text{ mm}$$

وعلى هذا فإن مقدار الهبوط الكلي:

## ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

تقدير :

$$q_{safe} = (1/3) k p_{Le}^* + q_0$$

$$q_{net} = q_{safe} - q_0 = (1/3) k p_{Le}^*$$

$$B/L = 6.5/33 = 0.2 ;$$

$$H_e/B = 5/6.5 = 0.77$$

نجد من شكل رقم (٦٦) ، أن :

$$k = 1.21 \text{ للقواعد المربعة}$$

عندئذ :

$$k = 1.21/1.2 = 1.0 \text{ للقواعد الشريطية}$$

نجد وبواسطة الاستكمال ، أن :

$$k (B/L=0.2) = 1 + 0.2 \times (1.21-1) = 1.04$$

افتراض أن الطبقة الضعيفة تتحكم بقيمة  $p_{Le}^*$  (هذا تحفظ خاطيء).

$$p_{Le}^* = (3 \times 2.8)^{1/2} = 2.9 \text{ tsf}$$

$$q_{safe} = (1/3) \times 1.04 \times 2.9 + [(5 \times 124)/2000] = 1.3 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = 1.0 \text{ tsf}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

يكون في هذه الحالة مقدار الهبوط الكلي :

$$s_T = s' + s''$$

حيث إن :

$$s' = \frac{2}{9E_d} q_n B_0 (\lambda_d \frac{B}{B_0})^{\beta} + \frac{\alpha}{9E_c} q_n \lambda_c B$$

وكذلك :

$$s'' = \alpha \left( \frac{1}{E_c} - \frac{1}{E_m} \right) \Delta P_c H$$

تحسب الخطوات التي سبق شرحها قيمة  $s'$ ، وعليه فإننا نحصل على:

$$s' = 0.042 \text{ ft} = 0.5 \text{ in}$$

ونأخذ في الاعتبار رخاوة طبقة الطمي

معامل مقياس الضغط للطبقة الرخوة  $E_c$

$$\frac{2}{E_c} = \frac{1}{29} + \frac{1}{26} \rightarrow E_c = 27.4 \text{ tsf}$$

$$E_m = E_d$$

في حالة عدم وجود طبقة رخوة فإن:

وقد تم حساب قيمة  $E_d$  منفصلاً ويساوي 200 tsf.

والتغيير في الإجهاد العمودي على السطح العلوي والسفلي للطبقة الرخوة -

باستخدام نظرية بوسونك ورسمه نيومارك كالتالي:

$$z = 14.75 \text{ ft} \quad \Delta\sigma_v = 0.24 \text{ q}_{\text{net}}$$

$$z = 20.75 \text{ ft} \quad \Delta\sigma_v = 0.17 \text{ q}_{\text{net}}$$

$$q_{\text{net}} = 1.0 \text{ tsf, therefore } \Delta\sigma_v \text{ at } 14.75 \text{ ft} = 0.24 \text{ tsf and } \Delta\sigma_v \text{ at } 20.75 \text{ ft} = 0.17 \text{ tsf.}$$

$$\Delta p = (0.24 + 0.17) / 2 = 0.205 \text{ tsf}$$

وبهذا تكون القيمة المتوسطة:

$$s'' = a \left( \frac{1}{E_c} - \frac{1}{E_m} \right) \Delta p H$$

$$\frac{E_c}{p_L^*} = \frac{27.4}{2.9} = 9.5$$

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha = 0.5$  للتمي.

$$s'' = 0.5 \times \left( \frac{1}{27.4} - \frac{1}{200} \right) \times 0.205 \times (20.75 - 14.75)$$

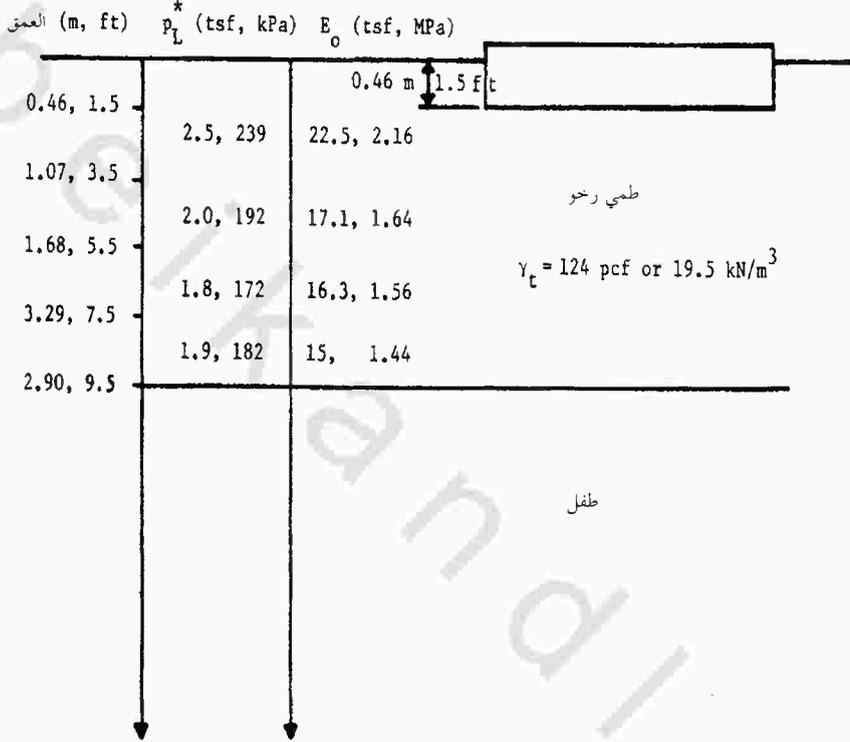
$$s'' = 0.0194 \text{ ft} = 0.23 \text{ in.}$$

وعلى هذا فإن مقدار الهبوط الكلي:

$$s_T = 0.5 + 0.23 = 0.73 \text{ in}$$

مثال رقم (٧) : قاعدة لبشة على طبقة رخوة من التربة

$$B = 49 \text{ m or } 160 \text{ ft}$$



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١ - حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

تقدير :

$$q_{ult} = (1/3) k p_{Le}^* + q_0$$

$$q_{net} = (1/3) k p_{Le}^*$$

حيث إن :

$$H_e/B \sim 0, k = 0.8$$

نفترض أن طبقة الطمي تتحكم في قوة التحمل للتربة ، عندئذ:

$p_{Le}^*$  = القيمة المتوسطة للطبقة القابلة للانضغاط

$$p_{Le}^* = (239 \times 192 \times 172 \times 182)^{1/4} = 195 \text{ kPa}$$

$$q_{safe} = (1/3) \times 0.8 \times 195 + 19.5 \times 1.5 = 81 \text{ kPa}$$

$$q_{net} = 52 \text{ kPa}$$

٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

يكون في هذه الحالة (قاعدة عريضة فوق طبقة رخوة رقيقة) مقدار الهبوط الكلي:

$$s = \int_0^h \frac{\alpha(z) \beta(F) p(z)}{E(z)} dz = \sum \frac{\alpha_i \beta_i p_i}{E_i} \Delta z_i$$

$$\frac{E_c}{p_L} \sim 9$$

ولطبقة الطمي فإن:

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha = 0.5$  للطمي.

$$F = \frac{k p_{Le}^*}{q_{net}} \quad \text{معامل الأمان}$$

حيث إن:

$$k = 0.8$$

$$F = 0.8 \times (195/52) = 3.0$$

لذا:

$$\beta(F) = \frac{2}{3} \times \frac{F}{F-1} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{3-1} = 1.0$$

نفرض أن قيمة  $\Delta P$  الناتجة عن تحميل القاعدة تساوي ضغط القاعدة الحقيقي ، حيث

إن طبقة الطمي تعتبر رقيقة مقارنة بعرض القاعدة ، لذا فإن :

$$s = \sum \frac{\alpha \beta q_n}{E} \Delta z = \alpha \beta q_n \sum \frac{\Delta z}{E}$$

$$s = 0.5 \times 1.0 \times 52 \times \left( \frac{1.07 - 0.46}{2160} + \frac{1.68 - 1.07}{1640} + \frac{2.29 - 1.68}{1560} + \frac{2.9 - 2.29}{1440} \right)$$

$$s = 0.038 \text{ m} = 38 \text{ mm} .$$

## ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

## ١- حساب قوة تحمل التربة Bearing capacity

تقدير :

$$q_{safe} = (1/3) k p_{Le}^* + q_0$$

$$q_{net} = (1/3) k p_{Le}^*$$

حيث إن :

$$H_e/B \sim 0, k = 0.8$$

نفترض أن طبقة الطمي تتحكم في قوة التحمل للتربة ، عندئذ :

$$p_{Le}^* = \text{القيمة المتوسطة للطبقة القابلة للانضغاط}$$

$$p_{Le}^* = (2.5 \times 2 \times 1.8 \times 1.9)^{1/4} = 2.03 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = \left( \frac{1}{3} \times 0.8 \times 2.03 \right) + \left( \frac{124 \times 1.5}{2000} \right) = 0.63 \text{ tsf}$$

$$q_{net} = 0.55 \text{ tsf}$$

## ٢- حساب مقدار الهبوط Settlement

في هذه الحالة فإن مقدار الهبوط الكلي :

$$s = \int_0^h \frac{\alpha(z) \beta(F) p(z)}{E(z)} dz = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \beta_i p_i}{E_i} \Delta z_i$$

$$\frac{E_c}{p_L^*} \sim 9$$

ولطبقة الطمي فإن :

نجد من جدول رقم (١٥) أن  $\alpha = 0.5$  للطمي.

$$F = \frac{k p_{Le}^*}{q_{net}} \quad \text{معامل الأمان}$$

حيث إن :

$$k = 0.8$$

$$F = 0.8 \times (2.03/0.54) = 3.0$$

لذا فإن :

$$\beta(F) = \frac{2}{3} \times \frac{F}{F-1} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{3-1} = 1.0$$

نفرض أن قيمة  $\Delta P$  الناتجة عن تحميل القاعدة تساوي ضغط القاعدة الحقيقي، حيث إن طبقة الطمي تعتبر رقيقة مقارنة بعرض القاعدة لذا فإن :

$$s = \sum \frac{\alpha \beta q_n}{E} \Delta z = \alpha \beta q_n \sum \frac{\Delta z}{E}$$

$$s = 0.5 \times 1.0 \times (0.54) \times \left( \frac{3.5 - 1.5}{22.5} + \frac{2.0}{17.1} + \frac{2.0}{16.3} + \frac{2.0}{15} \right)$$

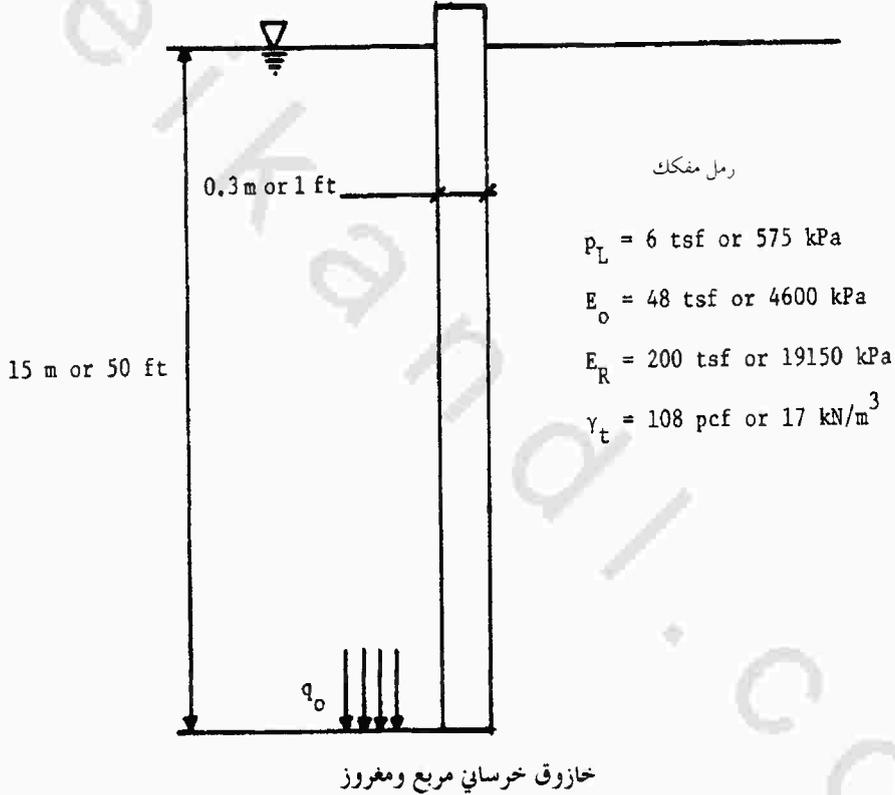
$$s = 0.125 \text{ ft} = 1.5 \text{ in.}$$

## الملحق ج

أمثلة مشكلات الخوازيق المحملة رأسياً

## Examples of Vertically Loaded Pile Problems

مثال رقم (١) : القدرة القصوى ULTIMATE CAPACITY



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب المقاومة الطرفية Point resistance

نظراً لكون التربة الرملية منتظمة الحبيبات فإن  $p_{Le} = p_L = 575 \text{ kPa}$  وقيمة  $p_{OH}$

192 kPa والتي تم الحصول عليها من التجربة عند عمق ١٥ متراً، ومن جدول رقم (١٦) عند الإزاحة الكاملة للخازوق في التربة الرملية نحصل على :

$$k = 4.2$$

$$q_L = k (P_{Le} - P_{OH}) + q_{ov} = 4.2 (575 - 192) + (15 \times 17)$$

$$q_L = 1863 \text{ kPa}$$

$$Q_p = A_p q_L = 0.3 \times 0.3 \times 1863 = 168 \text{ kN}$$

## ٢- حساب المقاومة الجانبية Side resistance

نستخدم منحنى Q3 بالرجوع إلى جدول رقم (١٧)؛ وذلك لأن الخازوق خرساني مغروز في تربة رملية. نحصل على قيمة  $f_L$  من منحنى Q3 من شكل رقم (٩٥) وقيمة  $p_{Le}$  كالتالي :

$$f_L = 42 \text{ kPa}$$

$$Q_s = A_s f_L = 0.3 \times 4 \times 15 \times 42 = 756 \text{ kN}$$

القدرة الكلية :

$$Q_L = 168 + 756 = 924 \text{ kN}$$

يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي :

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} - W_p = \frac{924}{2.8} - 0.3 \times 0.3 \times 15 \times 23.6 = 298 \text{ kN}$$

يجب التأكد من حمل الزحف (معادلة ٢٢٧) :

$$Q_c = \frac{924}{1.5} = 616 \text{ kN} > 298 \text{ kN} \text{ OK}$$

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

### ١ - حساب المقاومة الطرفية Point resistance

نظراً لكون التربة الرملية منتظمة الحبيبات فإن  $p_{Le} = p_L = 6 \text{ tsf}$  وقيمة  $p_{OH} = 2 \text{ tsf}$  والتي تم الحصول عليها من التجربة عند عمق ٥٠ قدماً، ومن جدول رقم (١٦) والإزاحة الكاملة للخازوق في التربة الرملية نحصل على :

$$k = 4.2$$

$$q_L = k(p_{Le} - p_{OH}) + q_{ov} = 4.2 \times (6 - 2) + \frac{(50 \times 108)}{2000} = 19.5 \text{ tsf}$$

$$Q_p = A_p q_L = 1 \times 1 \times 19.5 = 19.5 \text{ tons}$$

### ٢ - حساب المقاومة الجانبية Side resistance

نستخدم منحنى Q3 بالرجوع إلى جدول رقم (١٧)، وذلك لأن الخازوق خرساني مغروز في تربة رملية . نحصل على قيمة  $f_L$  من منحنى Q3 من شكل رقم (٩٥) وقيمة  $p_{Le}$  كالتالي :

$$f_L = 0.44 \text{ tsf}$$

$$Q_s = A_s f_L = 1 \times 4 \times 50 \times 0.44 = 88 \text{ tons}$$

القدرة الكلية :

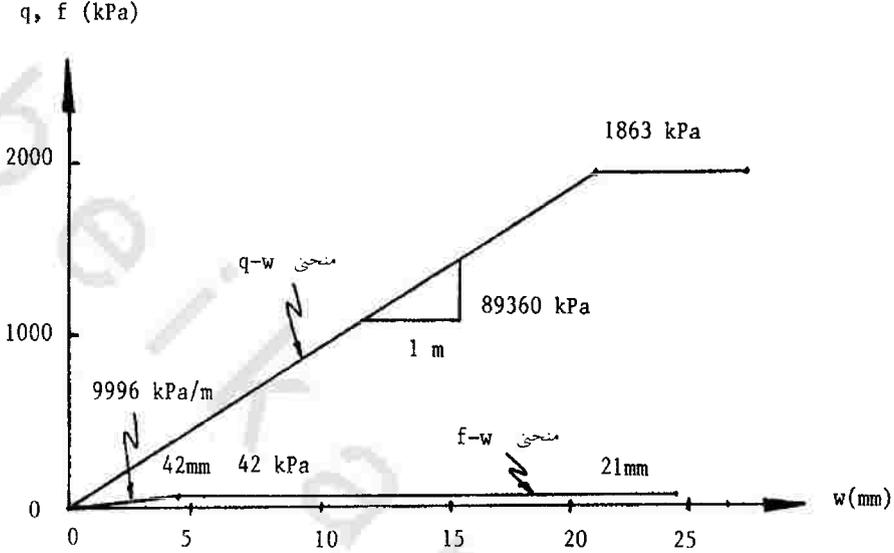
$$Q_L = 19.5 + 88 = 107.5 \text{ tons}$$

يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي :

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} - W_p = \frac{107.5}{2.8} - 1 \times 1 \times 50 \times \frac{150}{2000} = 34.6 \text{ tons}$$

يجب التأكد من حمل الزحف (معادلة ٢٢٧) :

$$Q_c = \frac{107.5}{1.5} = 71.7 \text{ tons} > 34.6 \text{ tons} \quad O.K.$$

مثال رقم (١) : منحنيات  $f-w$  ،  $q-w$ 

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

منحنى  $q-w$ 

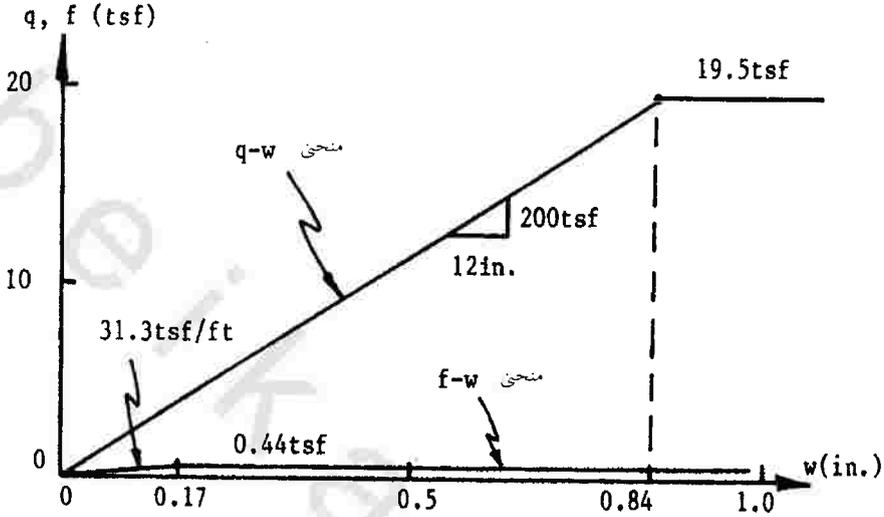
$$\frac{q}{w} = \frac{4 E_R}{\pi (1-\nu^2) B} = \frac{4 \times 19150}{3.14 (1-0.3^2) \times 0.3} = 89360 \text{ kPa/m}$$

$$q_L = 1863 \text{ kPa}; w_q = \frac{1863}{89360} = 0.021 \text{ m} = 21 \text{ mm}$$

منحنى  $f-w$ 

$$\frac{f}{w} = \frac{E R}{(1+\nu) \left( 1 + \ln \left( \frac{L}{B} \right) \right) B} = \frac{19150}{(1+0.3) \left( 1 + \ln \left( \frac{15}{0.3} \right) \right) \times 0.3} = 9996 \text{ kPa/m}$$

$$f_L = 42 \text{ kPa}; w_L = \frac{42}{9996} = 0.0042 \text{ m} = 4.2 \text{ mm}$$

مثال رقم (١) : منحنيات  $f-w$  ،  $q-w$ 

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

منحنى  $q-w$ 

$$\frac{q}{w} = \frac{4E_r}{\pi(1-\nu^2)B} = \frac{4 \times 200}{3.14(1-0.3^2) \times 1} = 280 \text{ tsf/ft}$$

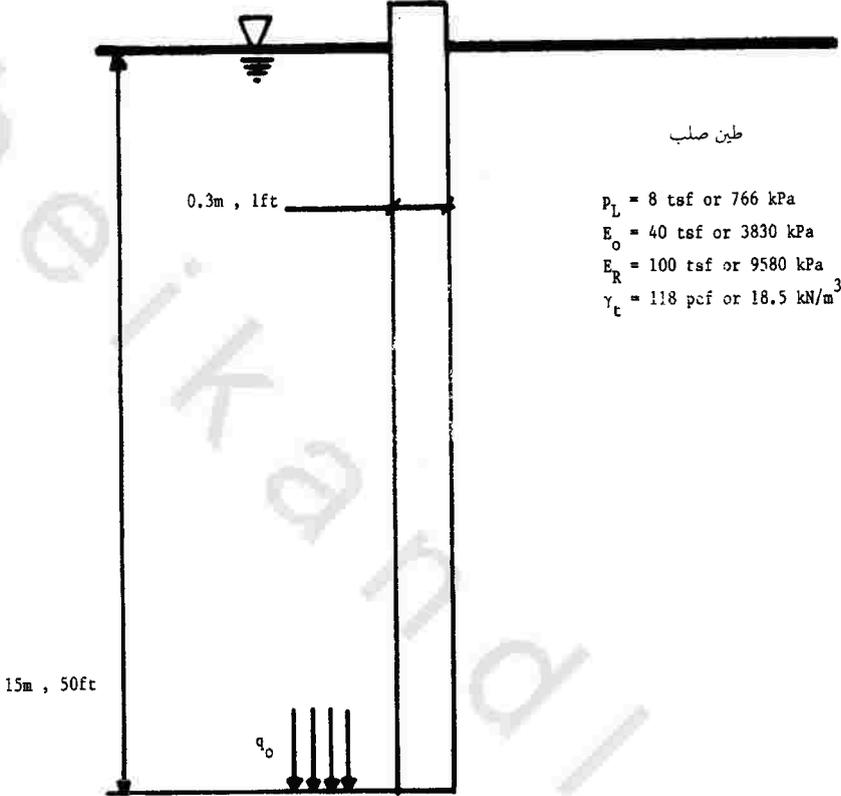
$$q_L = 19.5 \text{ tsf}; \quad w_q = \frac{19.5}{280} = 0.07 \text{ ft} = 0.84 \text{ in.}$$

منحنى  $f-w$ 

$$\frac{f}{w} = \frac{E_r}{(1+\nu) \left( 1 + \text{Ln} \left( \frac{L}{B} \right) \right) B} = \frac{200}{(1+0.3) \left( 1 + \text{Ln} \frac{50}{1} \right) \times 1} = 31.3 \text{ tsf/ft}$$

$$f_L = 0.44 \text{ tsf}; \quad w_L = \frac{0.44}{31.3} = 0.014 \text{ ft} = 0.17 \text{ in.}$$

مثال رقم ( ٢ ) : القدرة القصوى



خازوق خرساني مصبوب (أسطوانة محفورة بواسطة الحفر الجاف)

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

١- حساب المقاومة الطرفية Point resistance

نظراً لكون التربة الرملية منتظمة الحبيبات فإن  $p_L = 766 \text{ kPa}$  وقيمة  $p_{OH} = 202 \text{ kPa}$  والتي تم الحصول عليها من التجربة عند عمق ١٥ متراً. نحصل من جدول رقم (١٦) وبدون إزاحة للخازوق في التربة الطينية على :

$$k = 1.2$$

$$q_L = k(p_{Le} - p_{OH}) + q_{ov}$$

$$q_L = 1.2 (766 - 202) + 15 \times 18.5 = 954 \text{ kPa}$$

$$Q_p = A_p q_L = \pi \times 0.15^2 \times 954 = 67.4 \text{ kN}$$

## ٢- حساب المقاومة الجانبية Side resistance

نستخدم منحني Q1 بالرجوع إلى جدول رقم (١٧)؛ وذلك لأن الخازوق وضع باستخدام الحفر الجاف، مع ملاحظة إمكانية استخدام المنحني Q2 في حالة التأكد من التحدد والتوسيع قبل صب الخرسانة. نجد من شكل رقم (٩٥) ومع قيمة  $P_{Le}$  وباستخدام المنحني Q1 أن :

$$f_L = 19.7 \text{ kPa}$$

$$Q_s = A_s f_L = \pi \times 0.3 \times 15 \times 29.7 = 420 \text{ kN}$$

القدرة الكلية :

$$Q_L = 67.4 + 420 = 487.4 \text{ kN}$$

يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي :

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} - W_p = \frac{487.4}{2.8} - \pi \times 0.15^2 \times 15 \times 23.6 = 149 \text{ kN}$$

التأكد من حمل الزحف ( معادلة ٢٢٦ ):

$$Q_c = \frac{67.4}{2} + \frac{420}{1.5} = 314 \text{ kN} > 149 \text{ kN} \text{ OK}$$

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

## ١- حساب المقاومة الطرفية Point resistance

نظراً لكون التربة الرملية منتظمة الحبيبات فإن  $P_L = 8 \text{ tsf}$  وقيمة  $P_{OH} = 2.1 \text{ tsf}$  والتي تم الحصول عليها من التجربة عند عمق ٥٠ قدماً، ومن جدول رقم (١٦)، وبدون إزاحة للخازوق في التربة الطينية، نحصل على :

$$k = 1.2$$

$$q_L = k(P_{Le} - P_{OH}) + q_{ov} = 1.2(8 - 2.1) + 50 \frac{118}{3000} = 10.0 \text{ tsf}$$

$$Q_p = A_p q_L = \pi \times 0.5^2 \times 10 = 7.85 \text{ tons}$$

## ٢- حساب المقاومة الجانبية Side resistance

نستخدم منحنى Q1 بالرجوع إلى جدول رقم (١٧) ؛ وذلك لأن الخازوق وضع باستخدام الحفر الجاف ، مع ملاحظة إمكانية استخدام المنحنى Q2 في حالة التأكد من التحدد والتوسيع قبل صب الخرسانة ؛ نجد من شكل رقم (٩٥) ومع قيمة  $p_{Le}$  وباستخدام المنحنى Q1 أن :

$$f_L = 0.31 \text{ tsf}$$

$$Q_s = A_s f_L = \pi \times 1 \times 50 \times 0.31 = 48.7 \text{ tons}$$

القدرة الكلية:

$$Q_L = 7.85 + 48.7 = 56.5 \text{ tons}$$

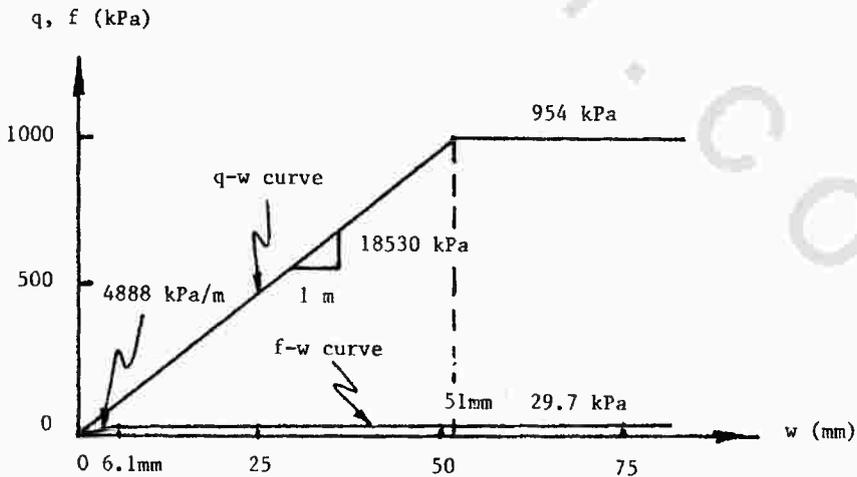
يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي :

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} \cdot W_p = \frac{56.5}{2.8} \cdot \pi \times 0.5^2 \times \frac{50 \times 100}{2000} = 17.2 \text{ tons}$$

يجب التأكد من حمل الزحف ( معادلة ٢٢٦ ) :

$$Q_c = \frac{7.85}{2} + \frac{48.7}{1.5} = 36.4 \text{ tons} > 17.3 \text{ tons} \text{ OK}$$

مثال رقم (٢) : منحنيات  $f-w$  ،  $q-w$



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

منحنى  $q-w$

$$\frac{q}{w} = \frac{4 E_o}{\pi(1-\nu^2)B} = \frac{4 \times 3830}{3.14(1-0.35^2) \times 0.3} = 18530 \text{ kPa/m}$$

$$q_L = 954 \text{ kPa}$$

$$w_q = \frac{954}{18530} = 0.051 \text{ m} = 51 \text{ mm}$$

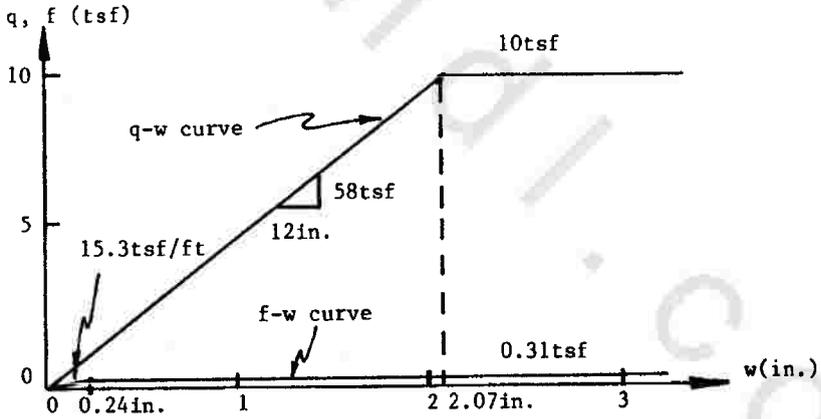
منحنى  $f-w$

$$\frac{f}{w} = \frac{ER}{(1+\nu) \left[ 1 + \text{Ln} \left( \frac{L}{B} \right) \right] B} = \frac{9580}{(1+0.33) \left( 1 + \text{Ln} \frac{15}{0.3} \right) 0.3} = 4888 \text{ kPa/m}$$

$$f_L = 29.7 \text{ kPa}$$

$$w_f = 0.0061 \text{ m} = 6.1 \text{ mm}$$

مثال رقم (٢) : منحنيات  $f-w$  ،  $q-w$



ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

منحنى  $q-w$

$$\frac{q}{w} = \frac{4 E_o}{\pi(1-\nu^2)B} = \frac{4 \times 40}{3.14(1-0.35^2) \times 1} = 58 \text{ tsf/ft}$$

$$q_L = 10.0 \text{ tsf}$$

$$w_q = \frac{10.0}{58} = 0.17 \text{ ft} = 2.07 \text{ in.}$$

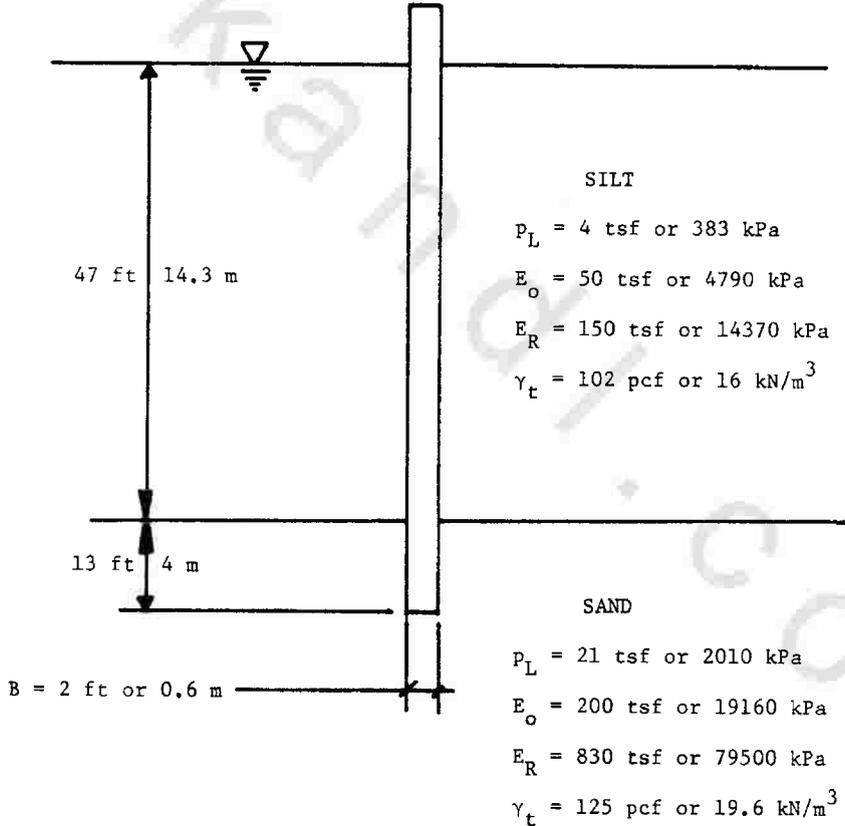
منحنى f-w

$$\frac{f}{w} = \frac{E_R}{(1+\nu) \left[ 1 + \text{Ln} \left( \frac{L}{B} \right) \right] B} = \frac{100}{(1+0.33) \left( 1 + \text{Ln} \frac{50}{1} \right) \times 1} = 15.3 \text{ tsf/ft}$$

$$f_L = 0.31 \text{ tsf}$$

$$w_f = 0.24 \text{ in.}$$

مثال رقم (٣) : القدرة القصوى



خازوق أنبوبي فولاذي

(نهاية مفتوحة ، سمك الجدار = ٨/٣ بوصة = ٩,٥ ملم)

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS  
 ١- حساب المقاومة الطرفية Point resistance  
 الضغط الجوي المكافئ هو :

$$p_L = \frac{1}{2a} \int_{-a}^{+a} p_{L(z)} dz$$

حيث  $a=0.5m$  لأن  $B \leq 1 m$

يمكن اعتبار أن الطبقة الحاملة لطرف الخازوق متجانسة ؛ حيث إن قيمة  $p_L$  ثابتة في المنطقة  $\pm 0.5 m$  أعلى وأسفل طرفي الخازوق ، لذا :

$$p_{Le} = 2010 \text{ kPa}$$

من جدول رقم (١٦) ولخازوق كامل الإزاحة (بفرض خازوق أنبوبي مغلق)

$$k = 3.2 \text{ for } P_L > 3000 \text{ kPa}$$

$$k = 4.2 \text{ for } P_L < 1000 \text{ kPa}$$

بالاستكمال عند قيمة  $p_L$  في هذا المثال = 2010 kPa فإن :

$$k = 3.65$$

حيث إن عمق الطمر في الطبقة الحاملة يساوي ٥ م (أكبر من ٥ أمثال عرض الخازوق) لذا لا داعي لإنقاص قيمة  $k$  نتيجة لنقص الطمر. تم الحصول على ضغط أفقي مستقر ( $p_{OH}$ ) عند عمق ١٩.٢ م ويساوي :

$$p_{OH} = 239 \text{ kPa}$$

$$q_L = 3.65(2010 - 239) + 4 \times 19.6 + 14.3 \times 16 = 6771 \text{ kPa}$$

$$Q_p = A_p q_L = \pi \times 0.3^2 \times 6771 = 1913 \text{ kN}$$

جميع الحسابات السابقة افترضت أن الخازوق كان مغلق النهاية .

للخازوق ذي النهاية المفتوحة يجب إنقاص  $Q_p$  إلى نصف قيمة  $Q_p$  للخازوق ذي النهاية المغلقة.

$$Q_p(\text{open end}) = \frac{1}{2} Q_p(\text{closed end}) = \frac{1}{2} \times 1913 = 957 \text{ kN}$$

## ٢- حساب المقاومة الجانبية Side resistance

يستخدم المنحنى Q1 للظمي والمنحنى Q2 للرمل من جدول رقم (١٧)؛ وحيث إن الخازوق عبارة عن معدن مغروز، ومن شكل رقم (٩٥) وللقيمة المعطاة لـ  $p_{Le}$  في هذا المثال نجد أن قيم  $f_L$  تساوي ١٩.١ كيلوباسكال للظمي و ٨٠.٤ كيلوباسكال للرمل، لذا:

$$Q_s = 14.3 \times \pi \times 0.6 \times 19.1 + 4 \times \pi \times 0.6 \times 80.4$$

$$Q_s = 514.6 + 605.9 = 1120.5 \text{ kN}$$

القدرة الكلية:

$$Q_L = 957 + 1120.5 = 2077.5 \text{ kN}$$

يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي:

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} - W_p = \frac{2077.5}{2.8} - \pi(0.3^2 - (0.3 - 0.0095)^2) \times 18.3 \times 70.7$$

$$Q = 742 - 22.8 = 719.2 \text{ kN}$$

يجب التأكد من حمل الزحف:

$$Q_c = \frac{Q_L}{1.5} = \frac{2077.5}{1.5} = 1385 \text{ kN} > 719.2 \text{ kN} \quad OK.$$

ثانياً: استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

## ١- حساب المقاومة الطرفية Point resistance

الضغط الجوي المكافئ هو:

$$p_L = \frac{1}{2a} \int_{-a}^{+a} p_{L(z)} dz$$

حيث  $a = 1.65 \text{ ft}$  لأن  $B \leq 3.3 \text{ ft}$

يمكن اعتبار الطبقة الحاملة متجانسة، حيث إن قيمة  $p_L$  لا تتغير في المنطقة  $\pm 1.65 \text{ ft}$

حول طرف الخازوق، لذا:

$$p_{Le} = 21 \text{ tsf}$$

من جدول رقم (١٦) ولخازوق كامل الإزاحة (بفرض خازوق أنبوبي مغلق).

$$k = 3.2 \text{ for } p_L > 30 \text{ tsf}$$

$$k = 4.2 \text{ for } p_L > 10 \text{ tsf}$$

بالاستكمال عند قيمة  $p_L$  في هذا المثال = ٢١ طن/قدم<sup>٢</sup> فإن :

$$k = 3.65$$

حيث إن عمق الطمر في الطبقة الحاملة يساوي ١٣ قدماً (أكبر من ٥ أمثال عرض الخازوق) لذا لا داعي لإنقاص قيمة  $k$  نتيجة لنقص الطمر. تم الحصول على ضغط

أفقي مستقر ( $p_{OH}$ ) عند عمق ٦٣ قدماً ويساوي :

$$P_{OH} = 2.5 \text{ tsf}$$

$$q_L = 3.65(21 - 2.5) + \frac{13 \times 125}{2000} + \frac{47 \times 102}{2000} = 70.7 \text{ tsf}$$

$$Q_p = A_p q_L = \pi \times 1^2 \times 70.7 = 222 \text{ tons}$$

جميع الحسابات السابقة افترضت أن الخازوق كان مغلق النهاية .

للخازوق ذي النهاية المفتوحة ، يجب إنقاص  $Q_p$  إلى نصف قيمة  $Q_p$  للخازوق ذي النهاية المغلقة.

$$Q_p(\text{open end}) = \frac{1}{2} Q_p(\text{closed end}) = \frac{1}{2} \times 222 \text{ tons} = 111 \text{ tons}$$

## ٢- حساب المقاومة الجانبية Side resistance

يستخدم المنحنى Q1 للطمي والمنحنى Q2 للرمل من جدول رقم (١٧) ،

وحيث إن الخازوق عبارة عن معدن مغروز ، من شكل رقم (٩٥) وللقيمة المعطاه لـ  $p_{Le}$  في هذا المثال نجد أن قيم  $f_L$  تساوي ٠,٢ طن/قدم<sup>٢</sup> للطمي و ٠,٨٤ طن/قدم<sup>٢</sup>

للرمل ، لذا :

$$Q_s = 47 \times \pi \times 2 \times 0.20 + 13 \times \pi \times 2 \times 0.84 = 59 + 68.6$$

$$Q_s = 127.6 \text{ tons}$$

القدرة الكلية:

$$Q_L = 111 + 127.6 = 238.6 \text{ tons}$$

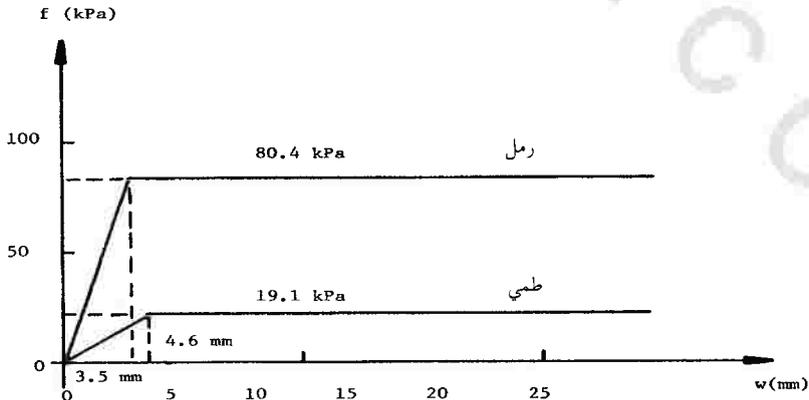
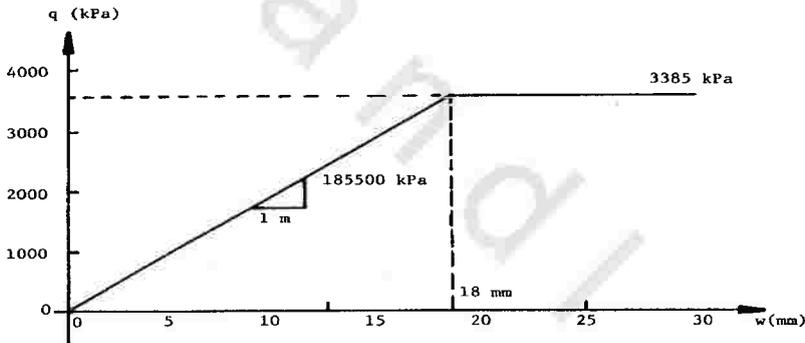
يكون الحمل الكلي الموصى به عند سطح الأرض كالتالي :

$$Q = \frac{Q_L}{2.8} - W_p = \frac{238.6}{2.8} - \frac{\pi \left( 12^2 - \left( 12 - \frac{3}{8} \right)^2 \right) 60}{144} \times \frac{450}{2000} = 85.2 - 2.6$$

$$Q = 82.6 \text{ tons}$$

يجب التأكد من حمل الزحف

$$Q_c = \frac{Q_L}{1.5} = \frac{238.6}{1.5} = 159 \text{ tons} > 82.6 \text{ tons} \quad \text{OK}$$

مثال رقم (٣) : منحنيات  $f-w$  و  $q-w$ 

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

منحنى  $q-w$

$$\frac{q}{w} = \frac{4 E R}{\pi(1-\nu^2)B} = \frac{4 \times 79500}{\pi(1-0.3^2) \times 0.6} = 185500 \text{ kPa/m}$$

وذلك لأن الخازوق الأنبوبي ذو طرف مفتوح

$$q_L = \frac{1}{2} \times 6771 = 3385 \text{ kPa}$$

$$w_q = \frac{3385}{185500} = 0.018 \text{ m} = 18 \text{ mm}$$

منحنى  $f-w$  للتربة الرملية

$$\frac{f}{w} = \frac{E R}{(1+\nu) \left( 1 + \text{Ln} \frac{L}{B} \right) B} = \frac{79500}{(1+0.3) \left( 1 + \text{Ln} \frac{18.3}{0.6} \right) \times 0.6} = 23070 \text{ kPa/m}$$

$$f_L = 80.4 \text{ kPa}$$

$$w_f = \frac{80.4}{23070} = 0.0035 \text{ m} = 3.5 \text{ mm}$$

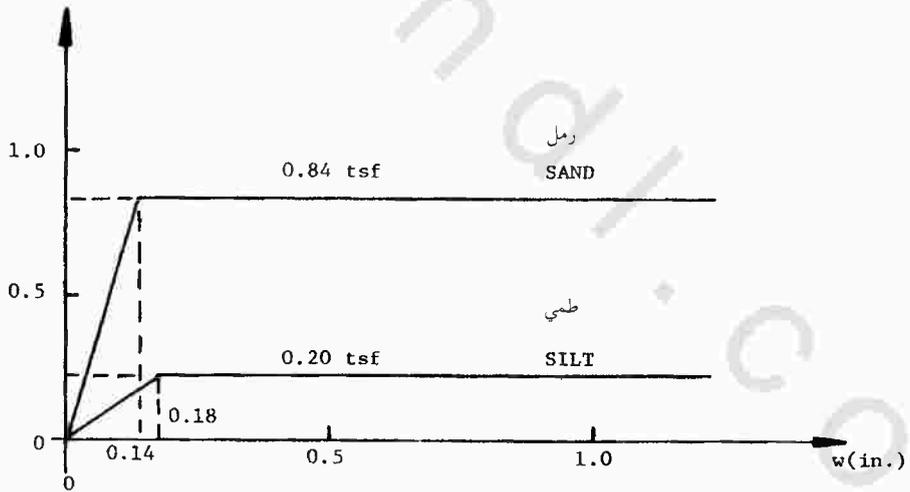
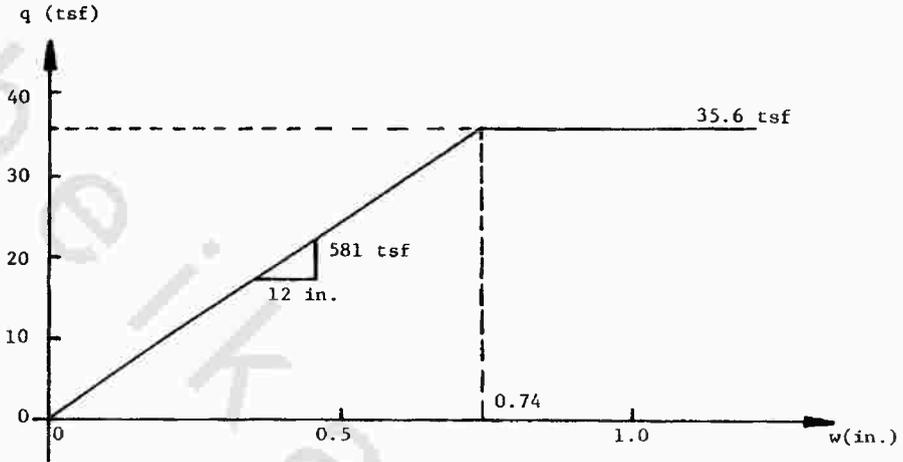
منحنى  $f-w$  للتربة الطميية

$$\frac{f}{w} = \frac{E R}{(1+\nu) \left( 1 + \text{Ln} \frac{L}{B} \right) B} = \frac{14370}{(1+0.3) \left( 1 + \text{Ln} \frac{18.3}{0.6} \right) \times 0.6} = 4170 \text{ kPa/m}$$

$$f_L = 19.1 \text{ kPa}$$

$$w_f = \frac{19.1}{4170} = 0.0046 \text{ m} = 4.6 \text{ mm}$$

مثال رقم (٣) : منحنيات  $f-w$  و  $q-w$



ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

منحنى  $q-w$

$$\frac{q}{w} = \frac{4 ER}{\pi(1-\nu^2)B} = \frac{4 \times 830}{\pi(1-0.3^2)x^2} = 581 \text{ tsf / ft}$$

وذلك لأن الخازوق الأنبوبي ذو طرف مفتوح

$$q_L = \frac{1}{2} \times 70.7 = 35.4 \text{ tsf}$$

$$w_q = \frac{35.4}{581} = 0.06 \text{ ft} = 0.74 \text{ in.}$$

منحنى  $f-w$  للتربة الرملية

$$\frac{f}{w} = \frac{E_R}{(1+\nu)\left(1 + \text{Ln} \frac{L}{B}\right)B} = \frac{830}{(1+0.3)\left(1 + \text{Ln} \frac{60}{2}\right)x^2} = 72.5 \text{ tsf/ft}$$

$$f_L = 0.84 \text{ tsf}$$

$$w_f = \frac{0.84}{72.5} = 0.012 \text{ ft} = 0.14 \text{ in.}$$

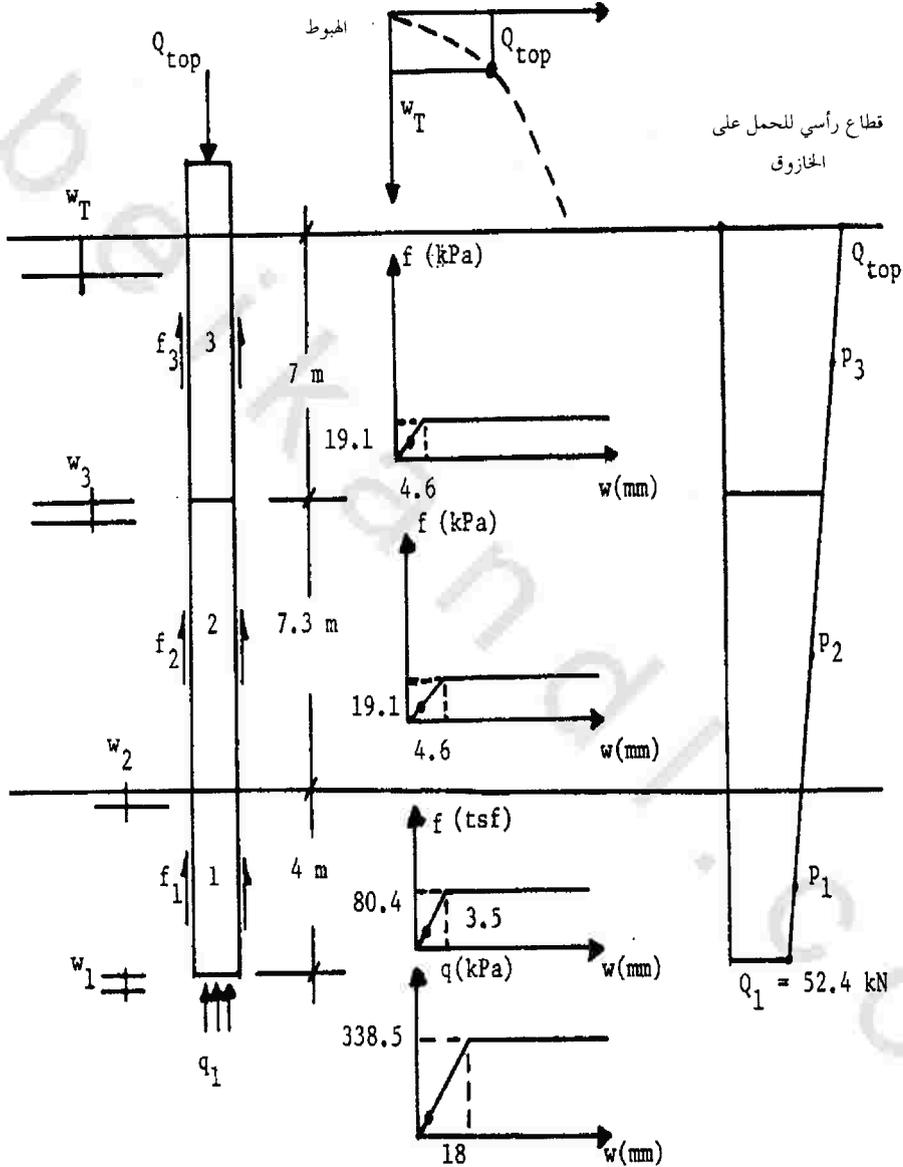
منحنى  $f-w$  للتربة الطميية

$$\frac{f}{w} = \frac{E_R}{(1+\nu)\left(1 + \text{Ln} \frac{L}{B}\right)B} = \frac{150}{(1+0.3)\left(1 + \text{Ln} \frac{60}{2}\right)x^2} = 13.1 \text{ tsf/ft}$$

$$f_L = 0.2 \text{ tsf}$$

$$w_f = \frac{0.2}{13.1} = 0.015 \text{ ft} = 0.18 \text{ in.}$$

مثال رقم (٤) : حسابات الهبوط مع منحنيات انتقال الحمل



خصائص التربة نفسها المذكورة في مثال رقم (٣).

## أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

يكمن الهدف من هذا المثال في بيان كيف أن تجزئة الخازوق إلى عناصر تسمح باستخدام منحنيات انتقال الحمل لحساب هبوط الخازوق. تجرى هذه العملية عادة باستخدام الحاسب الآلي ، ولكن تم تبسيط تلك الإجراءات بهدف تقديم العمليات الحسابية اليدوية التالية.

يقسم الخازوق إلى العناصر الثلاثة المبينة في الشكل السابق ( يوصى البرنامج بتجزئة الخازوق إلى عشرة عناصر على الأقل) عند اعتبار التربة والخازوق في المثال رقم ٣. يرتبط كل عنصر أو جزء بجزء من منحنى انتقال حمل الاحتكاك المقابل له. بافتراض هبوط طرف الخازوق ١ ملم، لذا :

$$w_l = 1.0 \text{ mm}$$

يقابل هذا ضغط طرفي يساوي :

$$q_l = 1.0 \times 10^{-3} \times 185500 = 185.5 \text{ kPa}$$

وحمل طرفي يساوي :

$$Q_l = 185.5 \times \pi \times 0.3^2 = 52.4 \text{ kN}$$

يهبط إلى الأسفل العنصر رقم ١ بمقدار ١ ملم وتنتج عن هذا قوة احتكاك  $f_l$  على العنصر رقم ١.

يمكن الحصول على قوة الاحتكاك  $f_l$  من منحنى  $f - w$  للعنصر رقم ١ بقراءة  $f_l$  المقابلة لـ  $w_l$  (يستخدم الحاسب الآلي عملية التكرار لحساب الهبوط  $w$  عند منتصف ارتفاع العنصر رقم ١ ، وهذا يشمل الانضغاط الحاصل في النصف السفلي من ارتفاع العنصر رقم ١ . تم إهمال هذا هنا للتبسيط).

$$f_l = 1 \times 10^{-3} \times 23070 = 23.1 \text{ kPa} < f_L = 80.4 \text{ kPa}$$

$$f_l = 23.1 \text{ kPa}$$

يسمح هذا لحساب الحمل المتوسط على العنصر رقم ١ ، وكذلك الانضغاط الحاصل في العنصر ، وبالتالي حساب الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٢  $w_2$  .  
الحمل المتوسط للعنصر رقم ١ :

$$P_1 = q_1 A_p + \frac{1}{2} f_1 A_{sl}$$

$$P_1 = 185.5 \times \pi \times 0.3^2 + 0.5 \times 23.1 \times \pi \times 0.6 \times 4 = 52.4 + 87.0$$

$$P_1 = 139.4 \text{ kN}$$

الانضغاط في العنصر رقم ١ :

$$AE = \pi (0.3^2 - (0.3 - 0.0095)^2) \times 2 \times 10^8 = 3.52 \times 10^6 \text{ kN}$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 L_1}{AE} = \frac{139.4 \times 4}{3.52 \times 10^6} = 0.158 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.158 \text{ mm}$$

مقدار الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٢ :

$$w_2 = w_1 + \delta_1 = 1 + 0.158 = 1.158 \text{ mm}$$

يمكن بالتالي الحصول على  $f_2$  :

$$f_2 = 1.158 \times 10^{-3} \times 4170 = 4.83 \text{ kPa} < f_L = 19.1 \text{ kPa}$$

الحمل المتوسط للعنصر رقم ٢ :

$$P_2 = 139.4 + 23.1 \times \pi \times 0.6 \times 2 + 4.83 \times \pi \times 0.6 \times 3.65$$

$$P_2 = 139.4 + 87 + 33.2 = 259.6 \text{ kN}$$

الانضغاط في العنصر رقم ٢ :

$$\delta_2 = \frac{P_2 L_2}{AE} = \frac{259.6 \times 7.3}{3.52 \times 10^6} = 0.538 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.538 \text{ mm}$$

مقدار الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٣:

$$w_3 = w_2 + \delta_2 = 1.158 = 1.595 \text{ mm}$$

يمكن بالتالي الحصول على  $f_3$ :

$$f_3 = 1.696 \times 10^{-3} \times 4170 = 7.1 \text{ kPa} < f_L = 19.1 \text{ kPa OK}$$

(في حالة كون  $f_3$  أكبر من  $f_L$ ، تؤخذ قيمة  $f_L$  للعنصر رقم ٣)

الحمل المتوسط للعنصر رقم ٣:

$$P_3 = 259.6 + 4.83 \times \pi \times 0.6 \times 3.65 + 7.1 \times \pi \times 0.6 \times 3.5 = 259.6 + 33.2 + 46.8$$

$$P_3 = 339.6 \text{ kN}$$

الانضغاط في العنصر رقم ٣:

$$\delta_3 = \frac{339.6 \times 7}{3.52 \times 10^6} = 0.00068 \text{ m} = 0.68 \text{ mm}$$

هبوط الخازوق:

$$w_T = w_3 + \delta_3 = 1.696 + 0.68 = 2.34 \text{ mm}$$

الحمل على الخازوق:

$$Q_T = 339.6 + 7.1 \times \pi \times 0.6 \times 3.5 = 339.6 + 46.8 = 386.4 \text{ kN}$$

تؤدي هذه الحسابات إلى الحصول على نقطة واحدة على منحنى الحمل-الهبوط المتوقع.

تتم إعادة العمليات السابقة عند هبوط جديد لطرف الخازوق يساوي

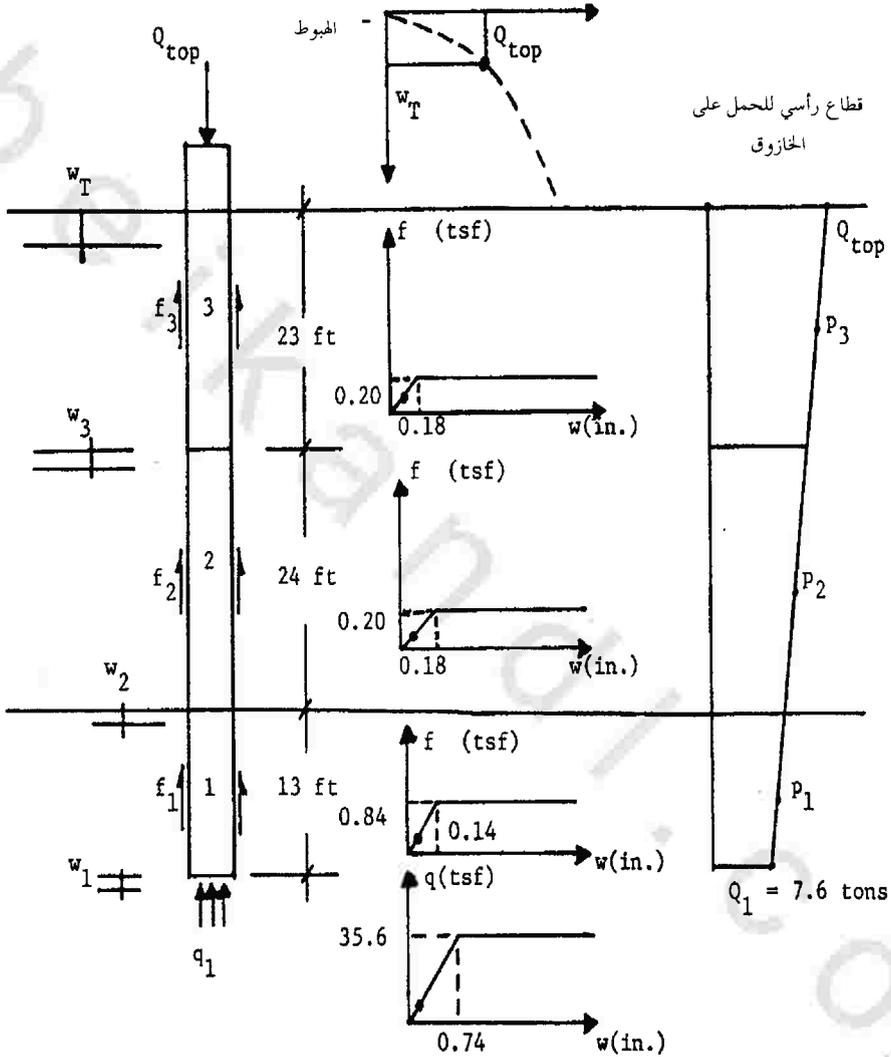
٢ ملم، وبعد ذلك ٥، ١٠، ٢٥ ملم من أجل الحصول على منحنى مكتمل لحمل -

هبوط الخازوق عند أعلى نقطة له. يمكن قراءة هبوط الخازوق من ذلك المنحنى عند

اختيار حمل مأمون، وهو في مثال رقم ٣ يساوي:

$$Q = 719.2 \text{ kN}$$

مثال رقم (٤) : حسابات الهبوط مع منحنيات انتقال الحمل



خصائص التربة نفسها المذكورة في مثال رقم (٣)

## ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

يهدف هذا المثال بيان كيف أن تجزئة الخازوق إلى عناصر تسمح باستخدام منحنيات انتقال الحمل لحساب هبوط الخازوق. تجرى هذه العملية عادة باستخدام الحاسب الآلي، ولكن تم تبسيط تلك الإجراءات بهدف تقديم العمليات الحسابية اليدوية التالية.

يقسم الخازوق إلى العناصر الثلاثة المبينة في الشكل السابق (باستخدام الحاسب الآلي يوصى بتجزئة الخازوق إلى عشرة عناصر على الأقل) عند اعتبار التربة والخازوق في المثال رقم (٣). يرتبط كل عنصر أو جزء بجزء من منحني انتقال حمل الاحتكاك المقابل له. بافتراض هبوط طرف الخازوق ٠,٠٥ بوصة، لذا :

$$w_f = 0.05 \text{ in}$$

يقابل هذا ضغط طرفي يساوي :

$$q_f = (0.05/12) \times 581 = 2.42 \text{ tsf}$$

وحمل طرفي يساوي :

$$Q_f = 2.42 \times \pi \times 1^2 = 7.6 \text{ tons}$$

يهبط إلى الأسفل العنصر رقم ١ بمقدار ٠,٠٥ بوصة، وينتج عن هذا قوة احتكاك  $f_1$  على العنصر رقم ١.

يمكن الحصول على قوة الاحتكاك  $f_1$  من منحني  $f - w$  للعنصر رقم ١ بقراءة  $f_1$  المقابلة لـ  $w_1$  (يستخدم الحاسب الآلي عملية التكرار لحساب الهبوط  $w$  عند منتصف ارتفاع العنصر رقم ١، وهذا يشمل الانضغاط الحاصل في النصف السفلي من ارتفاع العنصر رقم ١. تم إهمال هذا هنا للتبسيط).

$$f_1 = \frac{0.05}{12} \times 72.5 = 0.30 \text{ tsf} < f_L = 0.84 \text{ tsf}$$

$$f_1 = 0.30 \text{ tsf}$$

يسمح هذا لحساب الحمل المتوسط على العنصر رقم ١ ، وكذلك الانضغاط الحاصل في العنصر ، وبالتالي حساب الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٢  $w_2$  .  
الحمل المتوسط للعنصر رقم ١ :

$$P_1 = 2.42 \times \pi \times 1^2 + 0.30 \times \pi \times 2 \times 6.5 = 7.6 + 12.2 = 19.8 \text{ tons}$$

الانضغاط في العنصر رقم ١ :

$$AE = \pi \left( 1^2 - \left( 1 - \frac{3/8}{12} \right)^2 \right) \times 30 \times 10^6 \frac{144}{2000} = 4.17 \times 10^5 \text{ tons}$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 L_1}{AE} = \frac{19.8 \times 13 \times 12}{4.17 \times 10^5} = 0.0074 \text{ in.}$$

مقدار الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٢ :

$$w_2 = w_1 + \delta_1 = 0.05 + 0.0074 = 0.0574 \text{ in.}$$

وبالتالي يمكن الحصول على  $f_2$  :

$$f_2 = \frac{0.0574}{12} \times 13.1 = 0.063 \text{ tsf} < f_L = 0.20 \text{ tsf OK}$$

الحمل المتوسط للعنصر رقم ٢ :

$$P_2 = 19.8 + 0.30 \times \pi \times 2 \times 6.5 + 0.063 \times \pi \times 2 \times 12 = 19.8 + 12.2 + 4.7 = 36.7 \text{ tons}$$

الانضغاط في العنصر رقم ٢ :

$$\delta_2 = \frac{36.7 \times 24 \times 12}{4.17 \times 10^5} = 0.025 \text{ in.}$$

مقدار الهبوط إلى أسفل للجزء السفلي للعنصر رقم ٣ :

$$w_3 = 0.0574 + 0.025 = 0.0824 \text{ in.}$$

وبالتالي يمكن الحصول على  $f_3$  :

$$f_3 = \frac{0.082}{12} \times 13.1 = 0.090 \text{ tsf} < f_L = 0.20 \text{ tsf OK}$$

( في حالة كون  $f_3$  أكبر من  $f_L$  ، تؤخذ قيمة  $f_L$  للعنصر رقم ٣ )

الحمل المتوسط للعنصر رقم ٣ :

$$P_3 = 36.7 + 0.063 \times \pi \times 2 \times 12 + 0.090 \times \pi \times 2 \times 11.5 = 36.7 + 4.7 + 6.5 = 47.9 \text{ tons}$$

الانضغاط في العنصر رقم ٣ :

$$\delta_3 = \frac{47.9 \times 23 \times 12}{4.17 \times 10^5} = 0.032 \text{ in.}$$

هبوط الخازوق :

$$w_T = 0.082 + 0.032 = 0.11 \text{ in}$$

الحمل على الخازوق :

$$Q_T = 47.9 + 0.090 \times \pi \times 2 \times 11.5 = 47.9 + 6.5 = 54.4 \text{ tons}$$

تؤدي هذه الحسابات إلى الحصول على نقطة واحدة على منحنى الحمل-الهبوط المتوقع.

تم إعادة العمليات السابقة عند هبوط جديد لطرف الخازوق يساوي ١,٠ بوصة وبعد ذلك ٢,٠, ٥,٠, ١ بوصة من أجل الحصول على منحنى مكتمل لحمل هبوط الخازوق عند أعلى نقطة له. يمكن قراءة هبوط الخازوق من ذلك المنحنى عند اختيار حمل مأمون ( $Q = 60.2 \text{ tons}$  في مثال رقم ٣).

## الملحق د

حل بطريقة الفوارق المحدودة ومثال لمشكلة حائط استنادي  
**Finite Difference Solution and Example of  
 a Retaining Wall Problem**

لا يوجد في هذه الحالة حمل رأسي على الجدار، وبذلك يمكن تبليص المعادلة التفاضلية على النحو التالي:

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} - P(y, z) = 0$$

بأخذ وحدة واحدة من عرض الحائط يمكن أن نفرض أن رد فعل التربة  $P$  يتغير خطياً مع الانحراف  $y$  كالتالي (شكل رقم ١٠٩):

$$P = q - Ky$$

حيث إن  $q$  هو رد فعل التربة عند الانحراف الصفري و  $K$  هو ميل الخط  $P-y$ . ونلاحظ أن إشارات  $P$  و  $y$  متعاكستان؛ وذلك لأن رد الفعل  $P$  يؤثر في اتجاه معاكس لاتجاه الانحراف  $y$ ، وهذا يؤدي إلى المعادلة التالية:

$$\frac{q - Ky}{EI} = \frac{d^4 y}{dx^4}$$

يمكن استخدام طريقة الفوارق المحدودة لحل المعادلة السابقة، وذلك بتقسيم الجدار إلى عدد من القطع المنفصلة. وبهذه الطريقة نحصل على:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i - y_{i-1}}{h^2}$$

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{y_{i+2} - 2y_{i-1} - y_{i-2}}{2h^3}$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{y_{i+2} - 4y_{i+1} + 6y_i - 4y_{i-1} + y_{i-2}}{h^4}$$

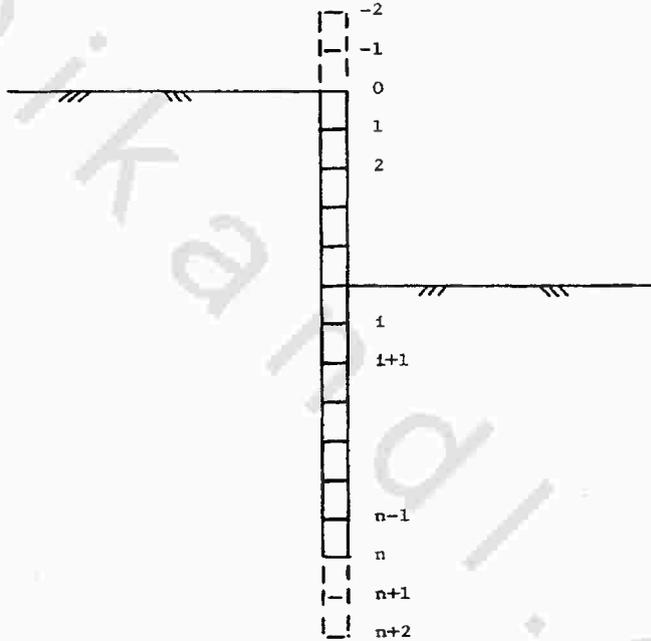
حيث إن  $y_i$  هو الانحراف عند العقدة  $i$  و  $h$  المسافة بين العقد.

وبالتعويض نحصل على:

$$\frac{q_i - K_i y_i}{EI} = \frac{y_{i+2} - 4y_{i+1} + 6y_i - 4y_{i-1} + y_{i-2}}{h^4}$$

أو

$$\frac{q_i h^4}{EI} = y_{i+2} - 4y_{i+1} + \left(6 + \frac{K_i h^4}{EI}\right) y_i - 4y_{i-1} + y_{i-2}$$



يكون عدد المعادلات  $n$  إذا كان هناك جدار له عدد  $n$  من العقد، وتكتب بنفس الصيغة. وبما أن قيم كل من  $q$ ،  $h$ ،  $K$  و  $EI$  معلومة عند كل نقطة فإن المجاهيل هي الانحرافات وعددها  $n+4$ . وتأتي هذه الإزاحات الأربع الزائدة من العقد التخيلية: اثنتان فوق أعلى عقدة واثنتان تحت آخر عقدة. تؤدي هذه العقد التخيلية إلى إضافة أربع معادلات والتي يمكن استنباطها من حدود النهايات. وفي حالة الجدار فإن قوى القص والعزم يساويان الصفر عند أعلى وأسفل الجدار، وبهذا فإن المعادلات الناتجة كالتالي:

$$\frac{V_o}{EI} = 0 = \frac{d^3 y_o}{dx^3} = \frac{y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}}{2h^3}$$

$$\frac{M_o}{EI} = 0 = \frac{d^2 y_o}{dx^2} = \frac{y_1 - 2y_o + y_{-1}}{h^2}$$

$$\frac{V_n}{EI} = 0 = \frac{d^3 y_n}{dx^3} = \frac{y_{n+2} - y_{n+1} + 2y_{n-1} - y_{n-2}}{2h^3}$$

$$\frac{M_n}{EI} = 0 = \frac{d^2 y_n}{dx^2} = \frac{y_{n+1} - 2y_n - y_{n-1}}{h^2}$$

ويمكن إعادة كتابة هذه المعادلات كالتالي :

$$y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2} = 0$$

$$y_1 - 2y_o + y_{-1} = 0$$

$$y_{n+2} - 2y_{n+1} + 2y_{n-1} - y_{n-2} = 0$$

$$y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1} = 0$$

وبتجميع المعادلات نحصل على :

$$0 = y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}$$

$$0 = y_1 - 2y_o + y_{-1}$$

$$\frac{q_o h^4}{EI} = y_2 - 4y_1 + \left(6 + \frac{K_o h^4}{EI}\right) y_o - 4y_{-1} + y_{-2}$$

$$\frac{q_1 h^4}{EI} = y_3 - 4y_2 + \left(6 + \frac{K_1 h^4}{EI}\right) y_1 - 4y_o + y_{-1}$$

$$\frac{q_n h^4}{EI} = y_{n+2} - 4y_{n+1} + \left(6 + \frac{K_n h^4}{EI}\right) y_n - 4y_{n-1} + y_{n-2}$$

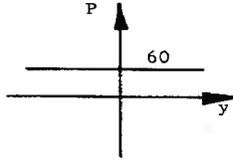
$$0 = y_{n+2} - 2y_{n+1} + 2y_{n-1} - y_{n-2}$$

$$0 = y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1}$$



المنحنيات  $P-y$  هي كالتالي:

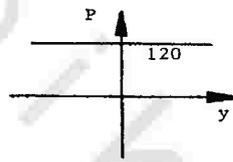
عقدة ١



$$P_1 = q_1 - K_1 y = 60$$

$$q_1 = 60 \quad K_1 = 0$$

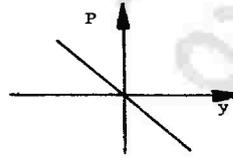
عقدة ٢



$$P_2 = 120$$

$$q_2 = 120 \quad K_2 = 0$$

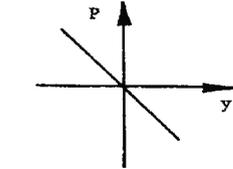
عقدة ٣



$$P_3 = q_3 - K_3 y = 0 - 1000 y$$

$$q_3 = 0 \quad K_3 = 1000$$

عقدة ٤



$$P_4 = q_4 - K_4 y = 0 - 1500 y$$

$$q_4 = 0 \quad K_4 = 1500$$

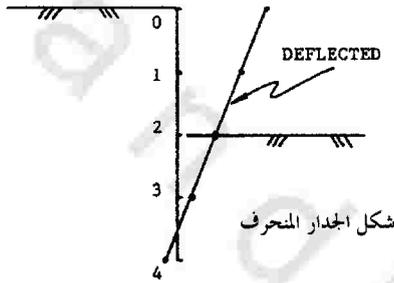
بما أنه لا يوجد ضغوط عند العقدة  $o$ ، فإن  $K_o = p_o = صفر$ . وبالنظر فإن  $M_o = V_o =$

$M_4 = V_4 = صفر$ . وترتب المعادلات في صيغة مصفوفة كالتالي:

$$\begin{bmatrix} -1 & 2 & 0 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -4 & (6 + K_0 h^4 / EI) & -4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -4 & (6 + K_1 h^4 / EI) & -4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -4 & (6 + K_2 h^4 / EI) & -4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -4 & (6 + K_3 h^4 / EI) & -4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -4 & (6 + K_4 h^4 / EI) & -4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -4 & (6 + K_4 h^4 / EI) & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} y_2 \\ y_1 \\ y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{matrix} = \begin{matrix} 2V_0 h^3 / EI \\ M_0 h^2 / EI \\ q_0 h^4 / EI \\ q_1 h^4 / EI \\ q_2 h^4 / EI \\ q_3 h^4 / EI \\ q_4 h^4 / EI \\ 2V_4 h^3 / EI \\ M_4 h^2 / EI \end{matrix}$$

وبإدخال قيم كل من  $P, K, V, M, h$  و  $EI$  نحصل على:

$$\begin{bmatrix} -1 & 2 & 0 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -4 & 6.1 & -4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -4 & 6.15 & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y_{-2} \\ y_{-1} \\ y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ .006 \\ .012 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



حل المجموعة المكونة من تسع معادلات خطية في وقت واحد يؤول إلى الإزاحات التالية:

$$y_{-2} = 4.26$$

$$y_{-1} = 3.49$$

$$y_0 = 2.72$$

$$y_1 = 1.95$$

$$y_2 = 1.18$$

$$y_3 = 0.42$$

$$y_4 = -0.32$$

$$y_5 = -1.06$$

$$y_6 = -1.77$$

يمكن استخدام أي مجموعة من الوحدات المتوافقة.

ستكون وحدة الانحرافات ماثلة لوحدة  $P/K$ .

وبمعرفة الإزاحات فإن الأحمال على الجدار كالتالي:

$$P_0 = 0$$

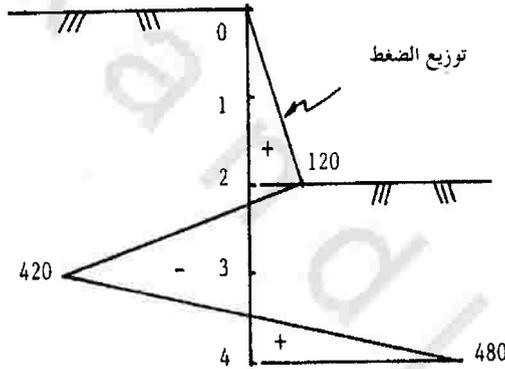
$$P_1 = 60$$

$$P_2 = 120$$

$$P_3 = -1000(0.42) = -420$$

$$P_4 = 1500(-0.32) = 480$$

وبافتراض أن التوزيع خطي، فإن الرسم البياني للضغط على الجدار كالتالي:



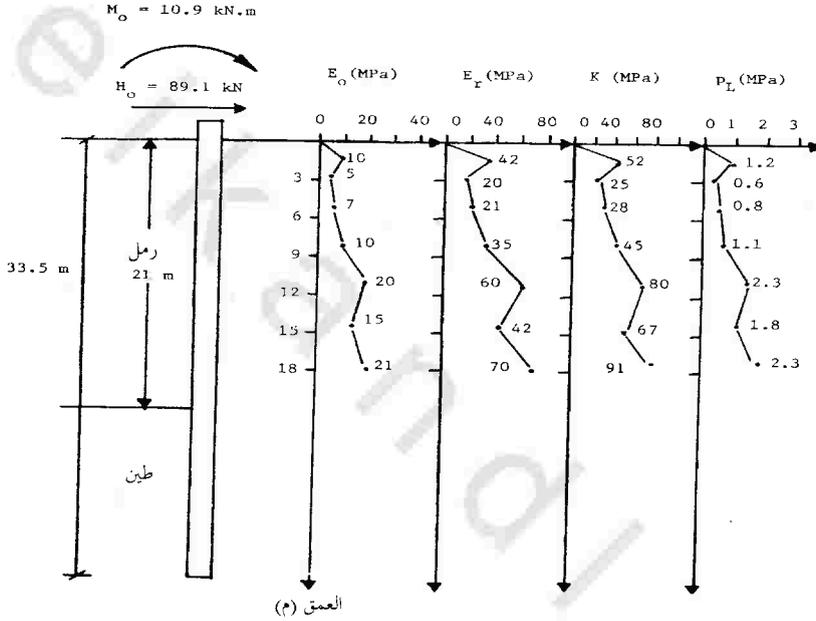
يشير تجميع القوى والعزوم على أن الجدار في حالة اتزان وأن الحل صحيح.

## الملحق هـ

أمثلة مشكلات الخوازيق المحملة أفقياً

## Examples of Horizontally Loaded Pile Problems

مثال رقم (١) : خازوق طويل ومرن تحت حمل أفقي



٦١,٦ م خازوق أنبوبي غير مسدود، سماكة جداره ٩,٥ ملم

أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

اختيار معامل الزنبرك الأفقي

نختار القيمة التحفظية 25 MPa من القطاع الرأسي ، لذا:

ولحساب الطول المنقول:

$$K = 25 \text{ MPa}$$

$$l_o = 4\sqrt{\frac{4EI}{K}}$$

$$E = 2 \times 10^8 \text{ kPa}$$

$$I = \frac{\pi D_o^4}{64} - \frac{\pi D_i^4}{64} = \frac{\pi \times 0.61^4}{64} - \frac{\pi (0.61 - 2 \times 0.0095)^4}{64} = 8.08 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$K = 25000 \text{ kPa}$$

$$l_o = 4 \sqrt{\frac{4 \times 2 \times 10^8 \times 8.08 \times 10^{-4}}{25000}} = 2.25 \text{ m}$$

$$L = 33.5 \text{ m}$$

التأكد من إمكانية اعتبار الخازوق مرناً طويلاً :

$$3l_o = 6.75 \text{ m}$$

$$L > 3l_o \text{ OK}$$

$$y_o = \frac{2H_o}{l_o K} + \frac{2M_o}{l_o^2 K}$$

الإزاحة والميل عند سطح الأرض :

$$y_o = \frac{2 \times 89.1}{2.25 \times 25000} + \frac{2 \times 10.9}{2.25^2 \times 25000}$$

$$y_o = 0.00317 + 0.00017 = 0.00334 \text{ m} = 3.34 \text{ mm}$$

$$y'_o = \frac{2H_o}{l_o^2 K} - \frac{4M_o}{l_o^3 K}$$

$$y'_o = -\frac{2 \times 89.1}{2.25^2 \times 25000} - \frac{4 \times 10.9}{2.25^3 \times 25000}$$

$$y'_o = -1.41 \times 10^{-3} - 0.15 \times 10^{-3} = -1.56 \times 10^{-3} \text{ radians}$$

$$y'_o = -0.089 \text{ degrees}$$

$$\tan \frac{Z_{\max}}{l_o} = \frac{1}{1 + \frac{2M_o}{l_o H_o}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 10.9}{2.25 \times 89.1}} = 0.902$$

إيجاد عمق أقصى عزم الانحناء :

$$\frac{Z_{\max}}{l_o} = 0.734 \text{ radians}$$

$$Z_{\max} = 0.734 \times 2.25 = 1.65 \text{ m}$$

إيجاد عزم الانحناء الأقصى :

$$M_{\max} = H_o l_o e^{-\frac{Z_{\max}}{l_o}} \sin \frac{Z_{\max}}{l_o} + M_o e^{-\frac{Z_{\max}}{l_o}} \left( \cos \frac{Z_{\max}}{l_o} + \sin \frac{Z_{\max}}{l_o} \right)$$

$$M_{\max} = 89.1 \times 2.25 e^{-0.734} \sin 0.734 + 10.9 e^{-0.734} (\cos 0.734 + \sin 0.734)$$

$$M_{\max} = 64.4 + 7.4 = 71.8 \text{ kN/m}$$

$$P = Ky; \quad P = 25000 \times 0.00334 = 83.5 \text{ kN/m}$$

التأكد من الزحف :

$$P_a = P/B = 83.5/0.6 = 135 \text{ kPa}$$

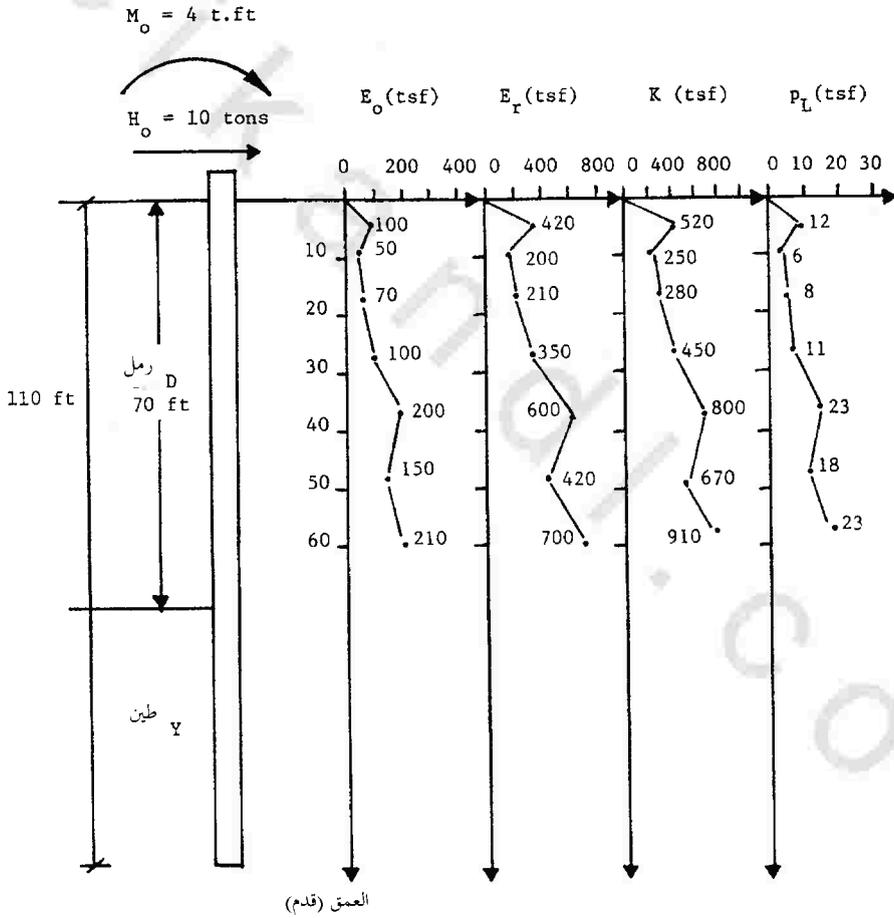
متوسط الضغط المقابل  $P_a$ :

يساوي الضغط النهائي قرب سطح الأرض على الأقل ٦٠٠ كيلوباسكال، لذا:

$$F = P_L/P = 600/139 = 4.31$$

معامل الأمان هذا كافٍ لتأكيد وجود زحف بسيط مع الزمن.

مثال رقم (١) : خازوق طويل ومرن تحت حمل أفقي



٢٤ بوصة خازوق أنبوبي غير مسدود ، سماكة جداره = ٨/٣ بوصة

ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

اختيار معامل الزنبرك الأفقي

نختار من القطاع الرأسي القيمة التحفظية  $250 \text{ tsf}$  ، لذا :

وحساب الطول المنقول :

$$K=250 \text{ tsf}$$

$$l_o = 4\sqrt{\frac{4EI}{K}}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ psi} = 30 \times 10^6 \times \frac{144}{2000} \text{ tsf} = 2.16 \times 10^6 \text{ tsf}$$

$$I = \frac{\pi D_o^4}{64} - \frac{\pi D_i^4}{64} = \frac{\pi \times 24^4}{64} - \frac{\pi (24 - 2 \times 0.375)^4}{64} = 1941 \text{ in}^4 = 0.0936 \text{ ft}^4$$

$$K = 250 \text{ tsf}$$

$$l_o = 4\sqrt{\frac{4 \times 2.16 \times 10^6 \times 0.0936}{250}} = 7.54 \text{ ft}$$

التأكد من إمكانية اعتبار الخازوق طويلاً ومرناً :  $L = 110 \text{ ft} > 3l_o = 22.6 \text{ ft}$  OK

الإزاحة والميل عند سطح الأرض :

$$y = \frac{2H_o}{l_o K} + \frac{2M_o}{l_o^2 K}$$

$$y_o = -\frac{2 \times 10}{7.54 \times 250} + \frac{2 \times 4}{7.54^2 \times 250}$$

$$y_o = 0.0106 + 0.00056 = 0.0112 \text{ ft} = 0.13 \text{ in}$$

$$\dot{y}_o = \frac{2H_o}{l_o^2 K} + \frac{4M_o}{l_o^3 K}$$

$$\dot{y}_o = -\frac{2 \times 10}{7.54^2 \times 250} + \frac{4 \times 4}{7.54^3 \times 250}$$

$$\dot{y}_o = -0.00140 - 0.00015 = -0.00155 \text{ radians}$$

$$\dot{y}_o = -0.089 \text{ degrees}$$

$$\tan \frac{Z_{\max}}{l_o} = \frac{1}{1 + \frac{2M_o}{l_o H_o}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \times 4}{7.54 \times 10}} = 0.904$$

إيجاد عمق أقصى عزم انحناء :

$$\frac{Z_{\max}}{l_o} = 0.735 \text{ radians}$$

$$Z_{\max} = 0.735 \times 7.54 = 5.54 \text{ ft}$$

إيجاد عزم الانحناء الأقصى :

$$M_{\max} = H_o l_o e^{-\frac{Z_{\max}}{l_o}} \sin \frac{Z_{\max}}{l_o} + M_o e^{-\frac{Z_{\max}}{l_o}} \left( \cos \frac{Z_{\max}}{l_o} + \sin \frac{Z_{\max}}{l_o} \right)$$

$$M_{\max} = 10 \times 7.54 e^{-0.735} \sin 0.735 + 4 e^{-0.735} (\cos 0.735 + \sin 0.735)$$

$$M_{\max} = 24.24 + 2.71 = 26.95 \text{ t/ft}$$

$$P = Ky; \quad P = 250 \times 0.0112 = 2.8 \text{ t / ft}$$

التأكد من الزحف :

$$P_o = P/B = 2.8/2 = 1.4 \text{ tsf}$$

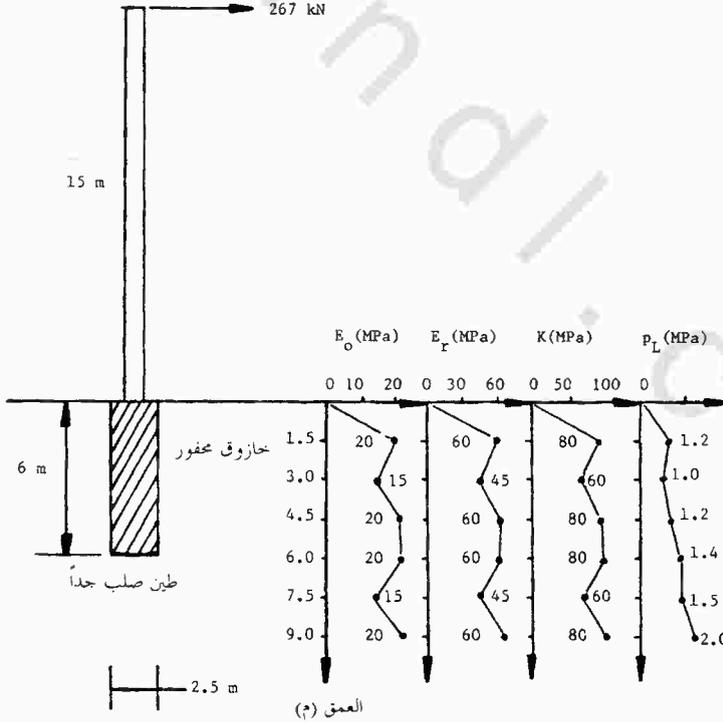
متوسط الضغط المقابل  $P_o$  :

الضغط النهائي قرب سطح الأرض يساوي ٦ طن / قدم<sup>٢</sup> ، لذا :

$$F = P_L/P = 6/1.4 = 4.28 \text{ Ok}$$

معامل الأمان هذا كافٍ لتأكيد وجود زحف بسيط مع الزمن.

مثال رقم (٢) : خازوق قصير وصلب تحت حمل أفقي



أولاً : استخدام النظام الدولي للوحدات SI UNITS

اختيار معامل الزنبرك الأفقي

نختار من القطاع الرأسي القيمة التحفظية  $60 \text{ Mpa}$  ، لذا :

$$K = 60,000 \text{ kPa}$$

ولحساب الطول المنقول :

$$l_o = 4 \sqrt{\frac{4EI}{K}}$$

$$E = 2 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi \times 2.5^4}{64} = 1.92 \text{ m}^4$$

$$K = 60,000 \text{ kPa}$$

$$l_o = 4 \sqrt{\frac{4 \times 2 \times 10^7 \times 1.92}{60,000}} = 7.1 \text{ m}$$

التأكد من إمكانية اعتبار الخازوق قصيراً وصلباً :

$$L = 6 \text{ m} < l_o = 7.1 \text{ m} \text{ OK}$$

الإزاحة عند سطح الأرض :

$$H_o = 267 \text{ kN}$$

$$M_o = 267 \times 15 = 4005 \text{ kN/m}$$

$$y_o = \frac{2(2 H_o L + 3 M_o)}{KL^2}$$

$$y_o = \frac{2(2 \times 267 \times 6 + 3 \times 4005)}{60,000 \times 6^2}$$

$$y_o = 0.014 \text{ m} = 14 \text{ mm}$$

الميل عند سطح الأرض :

$$y'_o = \frac{6(H_o L + 2 M_o)}{KL^3}$$

$$y_o' = -\frac{6(267 \times 6 + 2 \times 267 \times 15)}{60,000 \times 6^3}$$

$$y_o' = -0.0045 \text{ radians} = -0.26 \text{ degrees}$$

حساب عزم الانحناء الأقصى

العمق الأقصى  $Z_{\max}$  يساوي :

$$Z_{\max} = -\frac{2 y_o}{y_o'} - L$$

$$Z_{\max} = -\frac{2 \times 0.014}{-0.0045} - 6$$

$$Z_{\max} = 0.22 \text{ m}$$

لذا :

$$M_{\max} = M_0 + H_0 Z_{\max} - KR \frac{Z_{\max}}{6} - KS \frac{Z_{\max}^2}{2}$$

$$R = y_o' = -0.0045$$

$$S = y_o = 0.014 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 267 \times 15 + 267 \times 0.22 - 60,000 \times (-0.0045) \frac{0.22}{6} - 60,000 \times 0.014 \times \frac{0.22^2}{2}$$

$$M_{\max} = 4005 + 58.7 + 9.9 - 2.0 = 4071.6 \text{ kN/m}$$

$$P = Ky \quad P = 60,000 \times 0.14 = 840 \text{ kN/m}$$

التأكد من الزحف :

$$P = P / B = 840 / 2.5 = 336 \text{ kPa}$$

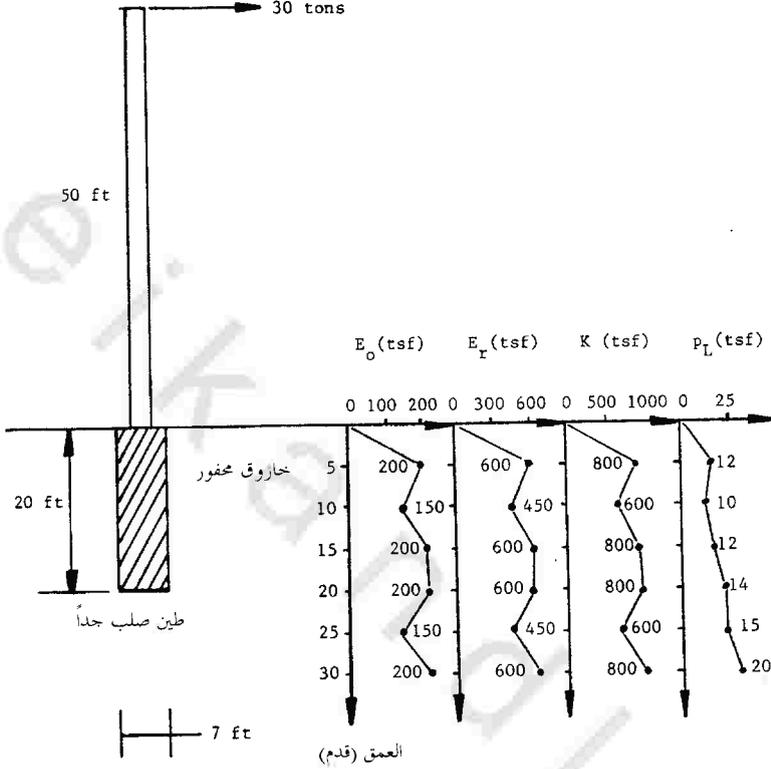
متوسط الضغط المقابل  $P$ :

الضغط النهائي قرب سطح الأرض يساوي ١٠٠٠ كيلوباسكال ، لذا :

$$F = \frac{P_L}{P} = \frac{1000}{336} \sim 3$$

يكفي معامل الأمان هذا لتأكيد وجود زحف بسيط مع الزمن :

مثال رقم (٢) : خازوق قصير وصلب تحت حمل أفقي



ثانياً : استخدام الوحدات الإنجليزية ENGLISH UNITS

اختيار معامل الزنبرك الأفقي

من القطاع الرأسي نختار القيمة التحفظية  $600 \text{ tsf}$  ، لذا :

$$K = 600 \text{ tsf}$$

ولحساب الطول المنقول :

$$l_o = 4 \sqrt{\frac{4EI}{K}}$$

$$E = 3 \times 10^6 \text{ psi} = 3 \times 10^6 \times \frac{144}{2000} \text{ tsf} = 2.16 \times 10^5 \text{ tsf}$$

$$I = \frac{\pi D^2}{64} = \frac{\pi \times 7^4}{64} = 117.8 \text{ ft}^4$$

$$K = 600 \text{ tsf}$$

$$l_o = 4 \sqrt{\frac{4 \times 2.16 \times 10^5 \times 117.8}{600}} = 20.29 \text{ ft}$$

التأكد من إمكانية اعتبار الخازوق قصيراً وصلباً

$$L = 20 \text{ ft} < l_o = 20.29 \text{ ft} \text{ OK}$$

الإزاحة عند سطح الأرض:

$$H_o = 30 \text{ t}$$

$$M_o = 30 \times 50 = 1500 \text{ t/ft}$$

$$y_o = \frac{2(2H_o L + 3M_o)}{KL^2}$$

$$y_o = \frac{2(2 \times 30 \times 20 + 3 \times 1500)}{600 \times 20^2}$$

$$y_o = 0.57 \text{ in.}$$

الميل عند سطح الأرض:

$$y_o' = \frac{6(H_o L + 2M_o)}{KL^3}$$

$$y_o' = -\frac{6(30 \times 20 + 2 \times 1500)}{600 \times 20^3} = -0.0045 \text{ radians}$$

$$y_o' = -0.26 \text{ degrees}$$

حساب عزم الانحناء الأقصى

عمق أقصى عزم انحناء  $Z_{max}$  يساوي:

$$Z_{max} = \frac{2y_o}{y_o'} - L$$

$$Z_{max} = -\frac{2 \times 0.047}{-0.0045} - 20 = 0.89 \text{ ft}$$

لذا:

$$M_{max} = M_o + H_o Z_{max} - KR \frac{Z_{max}}{6} - KS \frac{Z_{max}^2}{2}$$

$$R = y'_0 = -0.0045$$

$$S = y_o = 0.047 \text{ ft}$$

$$M_{max} = 1500 + 30 \times 0.89 - 600(-0.0045) \frac{0.89^3}{6} - 600 \times 0.047 \times \frac{0.89^2}{2}$$

$$M_{max} = 1515.8 \text{ t/ft}$$

التأكد من الزحف:

$$P = Ky \quad P = 600 \times 0.047 = 28.2 \text{ t/ft}$$

متوسط الضغط المقابل  $P$ :

$$P = P/B = 28.2/7 = 4.03 \text{ tsf}$$

الضغط النهائي قرب سطح الأرض يساوي ١٠ طن / قدم<sup>٢</sup>، لذا:

$$F = P_L/P = 10/4.03 = 2.5$$

معامل الأمان هذا كافٍ لتأكيد وجود زحف بسيط مع الزمن.

## الملحق و

إعداد منحنى  $P-y$  من منحنى مقياس الضغط

## Preparation of a P-y Curve from a Pressuremeter Curve

تدخل البيانات الأولية لتجربة مقياس الضغط في برنامج الحاسب الآلي PRESRED، الذي يقوم بتصحيح منحنى مقياس الضغط، كما هو مشروح في البند ١، ٧. أما المخرجات فهي البيانات المطبوعة والشكلان التاليان، وهي لتجربة مقياس الضغط عند عمق عشرة أقدام. ومن ثم تنتقل إلى الإعداد لمنحنى  $P-y$ . في هذا المثال الخازوق مصبوب في الموقع وقطره ثمانية أقدام، يمكن بهذا الحصول على المقاومة الأمامية للخازوق من منحنى التحميل الأولي لتجربة مقياس الضغط. ويمكن الحصول على هذا المنحنى؛ وذلك بالحصول بيانياً على النقطة التي تناظر الضغط الأفقي عند السكون  $p_{OH}$ . وعند هذه النقطة  $A$  على منحنى مقياس الضغط، كل من الضغط  $p_{OH}$  والزيادة في نصف قطر التجويف  $R_c$  تساويان صفراً. تقابل النقطة  $A$  في هذا المثال الزيادة النسبية في نصف قطر الأنبوب الأسطواني المساوية ٥٪ والضغط  $p_{OH}$  المساوي ١.٧ كب/قدم<sup>٢</sup>. وتعد المحاور الجديدة لمنحنى مقياس الضغط بعد تحريك نقطة تقاطع المحاور إلى النقطة  $A$  (انظر إلى الأشكال في الصفحات التالية)، حيث إن المحور الرأسي هو للضغط الصافي على جدار التجويف.

$$p^* = p - p_{OH}$$

أما المحور الأفقي فهو للزيادة النسبية لنصف قطر التجويف.

$$\frac{\Delta R_c}{R_c} = \frac{\Delta R / R_o - (\Delta R / R_o)_c}{1 + (\Delta R / R_o)_c}$$

يمكن من هذا المنحنى الحصول على منحنى المقاومة الأمامية ( $Q-y$  curve) نقطة نقطة، وذلك باستخدام المعادلات التالية لكل نقطة (البند ٦، ١١):

$$Q = p^* BSQ \frac{\alpha}{\beta}$$

$$y = (\Delta R_c / R_c) R_{pile}$$

حيث إن جميع المتغيرات في المعادلات السابقة معرفة في البند ٦، ١١ وفي هذا المثال فإن  $B$  تساوي ٩٦ بوصة،  $SQ$  يساوي ٠,٨ (المعادلة ٣١٨)،  $\alpha$  تساوي ٠,٩٢ (الشكلان رقما ١١٥ و ١١٦)،  $\beta$  تساوي ١ (شكل رقم ١١٧). ويبين آخر شكل في هذا الملحق منحنى  $Q-y$ .

يتم الحصول على منحنى مقاومة الاحتكاك من جزء إعادة التحميل لمنحنى مقياس الضغط، حيث يتم أولاً الحصول بيانياً على النقطة التي تناظر نصف قطر التجويف الابتدائي  $p_{OH}$  عند بداية منحنى إعادة التحميل. ونحصل على النقطة  $B$ ؛ وذلك بمد منحنى إعادة التحميل إلى الضغط  $p_{OH}$ ، كما هو موضح في الأشكال المرفقة. وتناظر النقطة  $B$  في هذا المثال الزيادة النسبية في نصف قطر الأنبوب الأسطواني التي تساوي ١٠,٥٪ وتعد المحاور الجديدة للمنحنى بعد إزاحة نقطة تقاطع المحاور إلى النقطة  $B$  (انظر الأشكال الواردة في الصفحات التالية). وبهذا فإن المحور الرأسي هو الضغط الصافي على جدار التجويف:

$$p^* = p - p_{OH}$$

والمحور الأفقي هو الزيادة النسبية في نصف القطر.

$$\frac{\Delta R_c}{R_c} = \frac{\Delta R / R_o - (\Delta R / R_o)_{cr}}{1 + (\Delta R / R_o)_{cr}}$$

وعندئذ تطبق طريقة تحت المماس المنحنى الجديد (البند ٨، ١) للحصول على منحنى إجهاد القص الأقصى-انفعال. ويتم الحصول على منحنى مقاومة الاحتكاك من منحنى إجهاد القص الأقصى نقطة نقطة؛ وذلك باستخدام المعادلات التالية (البند ١١، ٦):

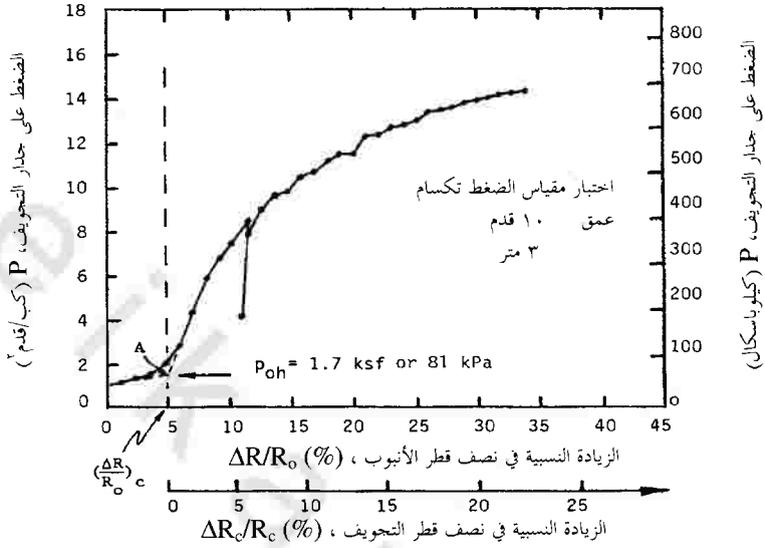
$$F = \tau BSF \frac{1}{\beta}$$

$$y = (\Delta R_c / R_c) R_{pile}$$

حيث إن جميع هذه المتغيرات قد تم تعريفها في البند ١١,١. وفي هذا المثال  $B$  يساوي ٩٦ بوصة،  $SF$  يساوي ١ (معادلة ٣٢٠)،  $\beta$  يساوي ١ (الشكل رقم ١١٧). منحنى  $F-y$  موضح في الأشكال التالية.

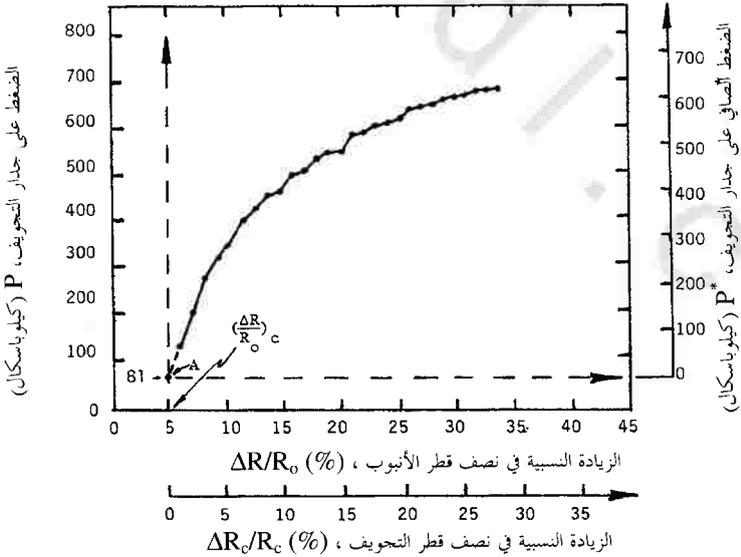
يعتبر المنحنى  $P-y$  منحنىً إضافياً للمنحنى  $F-y$  والمنحنى  $Q-y$  كما هو موضح في الأشكال التالية. يلاحظ أن معظم إسهامات مقاومة الحمل عند الانحرافات الصغيرة تأتي من مقاومة الاحتكاك أما في الانحرافات الكبيرة فإن معظم إسهامات مقاومة الحمل تأتي من المقاومة الأمامية. وندرج هنا نموذج مخرجات البرنامج PYPMT الذي يعد منحنيات  $P-y$  لتجربة مقياس الضغط الموضحة.

وحدات النظام الدولي والإنجليزي



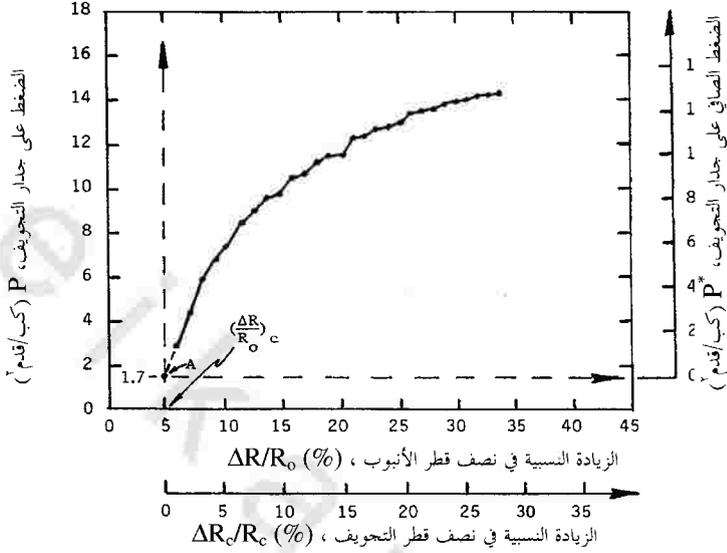
منحنى مقياس الضغط مصححاً

وحدات النظام الدولي



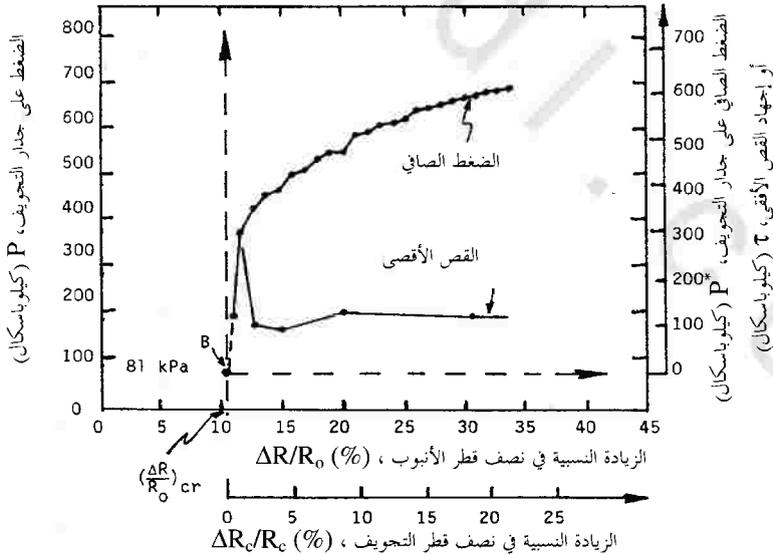
تصحيح منحنى مقياس الضغط للحصول على منحنى المقاومة الأصلية

الوحدات الإنجليزية



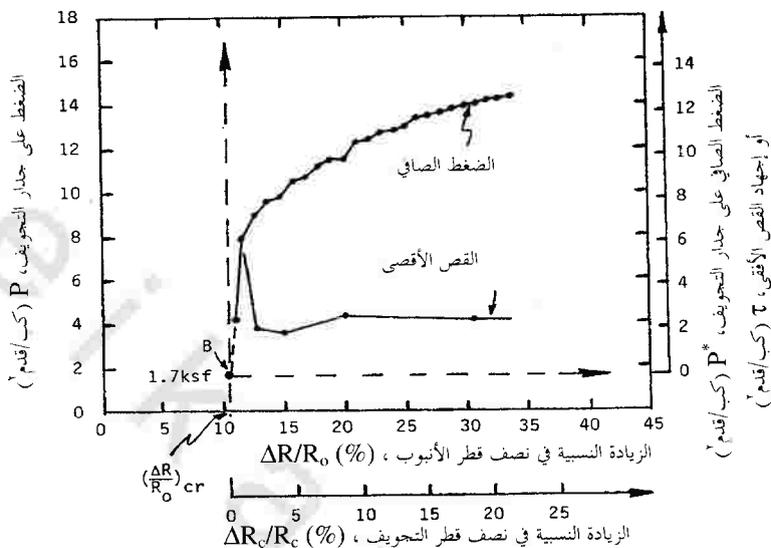
تصحيح منحني مقياس الضغط للحصول على منحنى المقاومة الأمامية

وحدات النظام الدولي



تصحيح منحني مقياس الضغط للحصول على منحنى مقاومة الاحتكاك

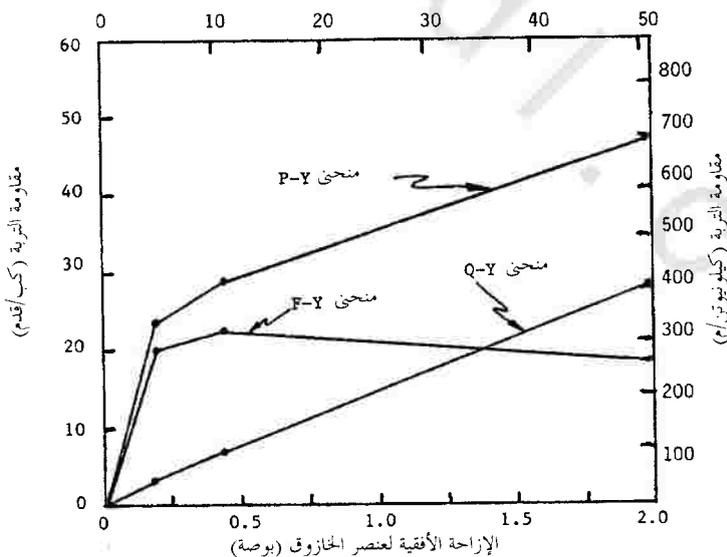
الوحدات الإنجليزية



تصحيح منحنى مقياس الضغط للحصول على منحنى مقاومة الاحتكاك

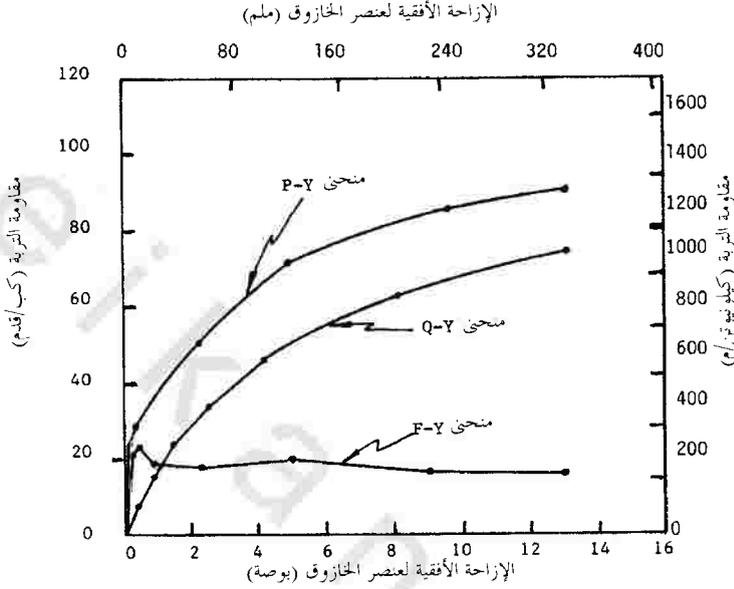
وحدات النظام الدولي والإنجليزي

الإزاحة الأفقية لعنصر الخازوق (ملم)



مقاومة الاحتكاك، والمقاومة الأمامية والمقاومة الكلية لعنصر الخازوق (للإزاحة الصغيرة)

## وحدات النظام الدولي والإنجليزي



مقاومة الاحتكاك والمقاومة الأمامية والمقاومة الكلية لعنصر الخازوق (للإزاحة الكبيرة)

منحنى P-y لـ ٣,٠٥ متر

إزاحة الخازوق		رد الفعل الكلي		رد الفعل الجانبي		رد الفعل الأمامي	
ملم	بوصة	كيلونيوتن/م	كجم/قدم	كيلونيوتن/م	كجم/قدم	كيلونيوتن/م	كجم/قدم
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٤,٣٢	٠,١٧	٣٣٦,٢	٢٣,٠٢٨	٢٩٥	٢٠,٢٠٩	٤١,١٦	٢,٨١٩
١٠,٤١	٠,٤١	٤٢٢,٢	٢٨,٩٢	٣٢١,٦	٢٢,٠٢٦	١٠٠,٦٥	٦,٨٩٤
٥٧,٩١	٢,٢٨	٧٣٩,٧	٥٠,٦٦٧	٢٦٦	١٨,٢٢٢	٤٧٣,٧	٣٢,٤٤٥
١٢٥,٤٨	٤,٩٤	١٠٥٢,٥	٧٢,٠٨٨	٢٩٩,٦	٢٠,٥٢٢	٧٥٢,٩	٥١,٥٦٦
١٨١,٣٦	٧,١٤	١١٦٤,٨	٧٩,٧٨	٢٨٥,٩	١٩,٥٨٣	٨٧٨,٩	٦٠,١٩٧
٢٤٤,٣٥	٩,٦٢	١٢٤٦,٣	٨٥,٣٦٦	٢٤٨,٢	١٦,٩٩٧	٩٩٨,٢	٦٨,٣٧
٣٣٢,٩٩	١٣,١١	١٣٢٢,٢	٩٠,٥٦٥	٢٤٣,٤	١٦,٦٧٤	١٠٧٨,٨	٧٣,٨٩١

الحفرة ١ : العمق عشرة أقدام

رقم النقطة	قياس الحجم	قياس الضغط	زيادة الحجم المصححة (سم <sup>٣</sup> )	$dR/R_o$ (%)	الضغط المصحح (ك/قدم <sup>٢</sup> )	الضغط المصحح كيلو باسكال
١	٠	٠.١	٠	٠	٠.٩٨	٤٦.٩
٢	٠.٢٥	٠.٣	٤٧.٨٣	١.٢٣	١.١٦	٥٥.٥
٣	٠.٥	٠.٤	٩٥.٦٣	٢.٤٤	١.٣٦	٦٥.١
٤	٠.٧٥	٠.٦	١٤٣.٣٥	٣.٦٤	١.٦٣	٧٨.١
٥	١	٠.٩	١٩٠.٨٤	٤.٨١	٢.٠٨	٩٩.٦
٦	١.٢٥	١.٤	٢٣٨	٥.٩٧	٢.٩٣	١٤٠.٣
٧	١.٥	٢.١	٢٨٤.٣٦	٧.٠٩	٤.٤١	٢١١.١
٨	١.٧٥	٢.٨	٣٣٠.٧٥	٨.٢١	٥.٨٧	٢٨١.١
٩	٢	٣.٣	٣٧٧.٨٣	٩.٣٣	٦.٧٧	٣٢٤.٢
١٠	٢.٢	٣.٦	٤١٥.٦٧	١٠.٢٢	٧.٣٧	٣٥٢.٩
١١	٢.٥	٤.٢	٤٧٢.١٥	١١.٥٣	٨.٤٩	٤٠٦.٦
١٢	٢.٣٥	٢.١	٤٤٨.٩٨	١٠.٩٩	٤.٢١	٢٠١.٦
١٣	٢.٥	٣.٩	٤٧٢.٩٥	١١.٥٥	٧.٨٥	٣٧٥.٩
١٤	٢.٧٥	٤.٤	٥١٩.٨	١٢.٦٣	٨.٩٥	٤٢٨.٦
١٥	٣	٤.٨	٥٦٧.١٦	١٣.٧١	٩.٦٤	٤٦١.٧
١٦	٣.٢٥	٤.٩	٦١٥.١٧	١٤.٨	٩.٨٢	٤٧٠.٣
١٧	٣.٥	٥.٢	٦٦٢.٥٣	١٥.٨٦	١٠.٥	٥٠٢.٨
١٨	٣.٧٥	٥.٣	٧١٠.٥٣	١٦.٩٢	١٠.٦٨	٥١١.٥
١٩	٤	٥.٦	٧٥٨.١٦	١٧.٩٧	١١.١٦	٥٣٤.٥
٢٠	٤.٢٥	٥.٨	٨٠٥.٩	١٩.٠١	١١.٥٤	٥٥٢.٧
٢١	٤.٥	٥.٧	٨٥٤.١٧	٢٠.٠٦	١١.٤٨	٥٤٩.٨
٢٢	٤.٧٥	٦.٢	٩٠١.٤	٢١.٠٧	١٢.٣١	٥٨٩.٥
٢٣	٥	٦.٢	٩٤٩.٤٩	٢٢.٠٩	١٢.٤٣	٥٩٥.٣
٢٤	٥.٢٥	٦.٤	٩٩٧.٤١	٢٣.١	١٢.٦٦	٦٠٦.٣
٢٥	٥.٥	٦.٥	١٠٤٥.٤٢	٢٤.١	١٢.٨٣	٦١٤.٤
٢٦	٥.٧٥	٦.٦	١٠٩٣.٤٣	٢٥.١	١٣	٦٢٢.٦
٢٧	٦	٦.٨	١١٤١.١٧	٢٦.٠٨	١٣.٣٧	٦٤٠.٣
٢٨	٦.٢٥	٦.٨	١١٨٩.٢٦	٢٧.٠٦	١٣.٤٨	٦٤٥.٦
٢٩	٦.٥	٦.٩	١٢٣٧.٣١	٢٨.٠٤	١٣.٦١	٦٥١.٨
٣٠	٦.٧٥	٧	١٢٨٥.٣٢	٢٩	١٣.٧٨	٦٥٩.٩
٣١	٧	٧.١	١٣٣٣.٣٣	٢٩.٩٦	١٣.٩٥	٦٦٨.١
٣٢	٧.٢٥	٧.٢	١٣٨١.٤٦	٣٠.٩١	١٤.٠١	٦٧٠.٩
٣٣	٧.٥	٧.٣	١٤٢٩.٤٧	٣١.٨٦	١٤.١٨	٦٧٩.١
٣٤	٧.٧٥	٧.٣	١٤٧٧.٦	٣٢.٨	١٤.٢٥	٦٨٢.٤
٣٥	٨	٧.٤	١٥٢٥.٧٣	٣٣.٧٣	١٤.٣٢	٦٨٥.٥

$p_o = 1.7 \text{ ksf}$

$p_L = 15.0 \text{ ksf}$

$P_L^* = 13.3 \text{ ksf}$

$E_o = 186 \text{ ksf}$

$E_r = 967 \text{ ksf}$

$E_r/P_L^* = 14.0$

$p_o = 81.4 \text{ kPa}$

$p_L = 718 \text{ kPa}$

$P_L^* = 636.9 \text{ kPa}$

$E_o = 8907 \text{ kPa}$

$E_r = 46310 \text{ kPa}$

$E_r/P_L^* = 14.0$

إعداد منحني  $P-y$  من اختبار مقياس الضغط

عنوان الاختبار : *Caltrans*

الموقع : *L.A.*

بيانات مقياس الضغط

ترية متماسكة

مقياس ضغط للثقوب مسبقة الحفر

عمق الاختبار : ٣,٠٥ متر

نصف قطر الأنبوب الأسطواني مفرغاً : ٣٧,١ ملم

نصف قطر ثقب الحفر (رد الفعل الأمامي) : ٣٨,٩٥٣ ملم

نصف قطر ثقب الحفر (رد الفعل القصي) : ٤١,٠١٩ ملم

الضغط الابتدائي  $P_{OH}$  : ٨١,٤ كيلو باسكال

الضغط النهائي  $P_L$  : ٥٥٠,٧ كيلو باسكال

معامل تقليل العمق للأنبوب الأسطواني : ١

بيانات الخازوق

قطر الخازوق : ٢,٤٣٨ متر

معامل الخازوق :  $٢٠,٦٩ \times ١٠^٨$  كيلو باسكال

عزم القصور الذاتي للخازوق : ٢,٥٣٢ م<sup>٤</sup>

معامل الشكل لرد الفعل الأمامي للخازوق : ٠,٨

معامل الشكل لرد الفعل القصي للخازوق : ١

معامل التقليل للخازوق لتهيئة الضغط : ١

معامل التقليل للخازوق لتهيئة القص : ١

معامل تقليل عمق الخازوق : ٠,٩١٥١٩٤٤

الخازوق المصبوب

oboeikendi.com

## المراجع

### References

- Amar, S., Baguelin, F. & Canepa, Y., Etude Experimental du Comportement des Fondations Superficielles, *Annales de l' I.T.B.T.P.* No. 427, Serie Sols et Fondations 189, September 1984.
- Amar, S. & Jezequel, F.J., Essais en Place et en Laboratoire sur Sols Coherents Comparaison des Resultats, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, No. 58, March-April 1972.
- Ambrosino, R., Bru, J.P. & Ledoux, I.L., Comportement d'un Pieu Sollicite Horizontalement, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* No.67, September-October 1973.
- ASTM Standard D4719-87, Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1988.
- Baguelin, F., Mesure du Coefficient de Consolidation a l'Aide du Pressiometre Autoforeur, discussion, *8th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg.*, Vol. 4.2, Moscow, August 1973.
- Baguelin, F., Rules of Foundation Design Using Selfbofing Pressuremeter Test Results, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Editions Technip, Paris, 1982.
- Baguelin, F., Bustamante, M. & Frank, R.A., The Pressuremeter for Foundations: French Experience, *Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 6, June 1986a.
- Baguelin, F., Frank, R. & Jezequel, J.F., Parameters for Friction Piles in Marine Soils, *Second Int. Conf. in Numerical Methods for Offshore Piling*, Austin, April 1982.
- Baguelin, F., Frank, R.A. & Nahra, Rafic, A Theoretical Study of Pore Pressure Generation and Dissipation around the Pressuremeter, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP 950, Texas A&M University, April 1986b.
- Baguelin, F., Frank, R. & Said, Y., Theoretical Study of Lateral Reaction Mechanism of Piles, *Geotechnique*, 27(3) September 1977.

- Baguelin, F. & Jezequel, J.F., Etude Experimentale du Comportement de Pieux Sollicites Horizontalement, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* No.62, November/December 1972.
- Baguelin, F. & Jezequel, J.F., Le Pressiometre Autoforeur, *Annales de L'I.T.B.T.P.*, Paris, Serie Sols et Fondations, No 97, July-August 1973.
- Baguelin, F., Jezequel, J.F., Lemee, E. & Le Mehaute, A., Expansion des Sondes Cylindriques dans les Sols Coherents, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, September-October 1972.
- Baguelin, F., Jezequel, J.F. & Shields, D.H., *The Pressuremeter and Foundation Engineering*, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, W. Germany, 1978.
- Barker, W.R. & Brabston, W.N., Development of a Structural Design Procedure for Flexible Airport Pavements, *Report FAA-RD-64-199*, Federal Aviation Administration, Washington, 1975.
- Barker, W., Brabston, W. & Chou, Y., A General System for the Structural Design of Flexible Pavements, *4th Int. Conf. on the Structural Design of Flexible Pavements, Vol. 1*, University of Michigan, 1977.
- Bea, R. G. & Audibert, J.M.E., Performance of Dynamically Loaded Pile Foundations, *2nd Int. Conf. on the Behavior of Offshore Structures*, Imperial College, August 1979.
- Bea, R.G. & Doyle, E.H., Parameters Affecting Axial Capacity of Piles in Clay, *Offshore Technology Conference*, Number OTC 2307, 1975.
- Bergdahl, U. & Hult, G., Load Tests on Friction Piles in Clay, *Proceedings, 10th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering*, Stockholm, 625-630, 1981.
- Bierschwale, M.W., Coyle, H.M., & Bartoskewitz, R. E., Field Tests and New Design Procedure for Laterally Loaded Drilled Shafts in Clay, *Report TTI 211-3F*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, January 1981.
- Bigot, G., Gourges, F. & Frank, R., Etude Experimentale d'un Pieu Soumis aux Poussees Laterales des Sols, *Revue Francaise de Geotechnique*, No. 18, February 1982.
- Bjerrum, L., Problems on Soil Mechanics and Construction of Soft Clays and Structurally Unstable Soils, *Proceedings of the Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Moscow, Vol.III, 1973, pp. 111-159.
- Bjerrum, L., Simons, N. & Torblaa, I., The Effect of Time on the Shear Strength of a Soft Marine Clay, Norwegian Geotechnical Institute, *Publication No.33*, 1958.
- Bogard, D. & Matlock H., A Model Study of Axially Loaded Piles Including Pore Pressure Measurements, *Report to American Petroleum Institute*, University of Texas, 1979.
- Bonne Esperance, 11 Rue de Gries, B.P. 4, 67240, Bischwiller, France (FAX: 88539019, TEL:88098200, Contact Person: M. Courbot).

- Brand, E.W., Moh, Z.C. & Wirojanagud, P., Interpretation of Dutch Cone Test on Soft Bangkok Clay, *European Symposium on Penetration Testing*, Stockholm, Vol. 11, 1974, pp. 51-58.
- Briaud, J.-L., The Pressuremeter: Application to Pavement Design, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, University of Ottawa, 1979.
- Briaud, J.-L., Pressuremeter and Deep Foundation Design, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP950, Texas A&M University, April 1986a.
- Briaud, J.-L., Pressuremeter and Foundation Design, *Use of in Situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE Geotechnical Publication No. 6, Virginia Polytechnic Institute, June 1986b.
- Briaud, J.-L., The Cone Penetrometer: Comparison with Other Pressuremeter Tests, *Proceedings of a Specialty Session on the Cone Pressuremeter at the International Symposium on Penetration Testing*, Orlando, 1988.
- Briaud, J.-L., The Pressuremeter Test for Highway Applications, (Manual and Videotape), Federal Highway Administration, *Publication No. FHWA-IP-89-008*, July 1989, pp. 148.
- Briaud, J.-L., Braswell, T.E. & Tucker, L.M., Case History of Two Laterally Loaded Piles at Lock & Dam 26 Replacement Site, *Research Report 4690-2*, Civil Engineering, Texas A&M University, June 1984a.
- Briaud, J.-L., Cosentino, P.J. & Terry, T.A., Pressuremeter Moduli for Airport Pavement Design and Evaluation, *FAA Report DOT/FAA/PM-87-10*, Civil Engineering Dept., Texas A&M University, College Station, Texas, 1987.
- Briaud, J.-L., Cosentino, P.J., Tucker, L.M. & Terry, T. A., Comparison between the Texam and the Menard Pressuremeter, *Research Report*, Civil Engineering, Texas A&M University, 1985a.
- Briaud, J.-L., Coyle, H.M. & Tucker, L.M., Axial Response of 3 Vibratory and 3 Impact Driven H-piles in sand, *Transportation Research Board*, January 1990.
- Briaud, J.-L. & Dupin, R., Texas A&M University Clay and Sand Sites for Geotechnical Research, *Research Report*, Civil Engineering, Texas A&M University, 1985.
- Briaud Engineers, Foundation Investigations Using Pressuremeter Testing at Chocolate Bayou and Texas City Amoco Plants, *Report to Kenneth E. Tand and Associates, Inc.*, January 1984a.
- Briaud Engineers, Pressuremeter Test and Pile Capacity at Lock and Dam 2, Red River, Alexandria, Louisiana, *Report to Corps of Engineers*, Vicksburg, Mississippi, June 1984b.
- Briaud Engineers, Lackland Air Force Base Vertical and Lateral Drilled Shaft Load Test: Pressuremeter Testing, *Report to the U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station*, September 1982.
- Briaud Engineers, Pressuremeter, Cone Penetrometer Testing for SH146 Bridge over the Houston Ship Channel, *Report to the Texas State Department of Highways and Public Transportation*, May 1986a.

- Briaud Engineers, Pressuremeter Tests and Bridge Settlement Predictions for 5 Bridge Abutments in Northeastern USA, *Report to the Federal Highway Administration*, 1986b.
- Briaud, J.-L. & Felio, G.Y., Influence of Cyclic Loading on Axially Loaded Piles in Clay, *Research Report 4980*, Civil Engineering, Texas A&M University, April 1985.
- Briaud, J.-L. & Gambin, M., Suggested Practice for Drilling Boreholes for Pressuremeter Testing, *ASTM, Geotechnical Testing Journal*, Vol. 7, No. 1, March 1984.
- Briaud, J.-L. & Garland, E., Influence of Loading Rate on Axially Loaded Piles in Clay, *Research Report 4695*, Civil Engineering, Texas A&M University, March 1984.
- Briaud, J.-L. & Garland, E., Loading Rate Method for Piles Response in Clay, *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 111, No. 3, March 1985.
- Briaud, J.-L., Huff, L.G., Tucker, L.M. & Coyle, H.M., Evaluation of In Situ Test Methods for Vertically Loaded H Piles at Lock & Dam 26 Replacement Site, *Research Report 4690-1*, Civil Engineering, Texas A&M University, July 1984b.
- Briaud, J.-L., Lytton, R.L. & Hung, J. T., Using a Pressuremeter for Pavement Design and Evaluation, *Int. Symp. on the Bearing Capacity of Roads and Airfields*, Civil Aviation Administration, Oslo, The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway, 1982.
- Briaud, J.-L., Lytton, R.L. & Hung, J.T., Obtaining Moduli from Cyclic Pressuremeter Tests, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, May 1983a.
- Briaud, J.-L., Makarim, C.A., Little, R. & Tucker, L.M., Development of a Pressuremeter Method for Predicting the Behavior of Single Piles in Clay Subjected to Cyclic Lateral Loads, *Research Report 5112*, Civil Engineering, Texas A&M University, November 1985b.
- Briaud, J.-L., Noubani, A., Kilgore, J. & Tucker, L.M., Correlation between Pressuremeter Data and Other Parameters, *Research Report*, Civil Engineering, Texas A&M University, 1985c.
- Briaud, J.-L., Pacal, A.J. & Shively, A.W., Powerline Foundation Design Using the Pressuremeter, *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, St. Louis, 1984c.
- Briaud, J.-L. & Riner, K., A Study of Cyclic Pressuremeter Testing for Offshore Applications, *Research Report 4839* to the Fukada Geological Institute, Civil Engineering, Texas A&M University, 1984.
- Briaud, J.-L., Riner, K. & Ohya, S., Cyclic Pressuremeter Tests for Cyclic Lateral Loads, *Offshore Technology Conference*, Paper 4678, Houston, 1984d.
- Briaud, J.-L. & Shields, D.H., A Special Pressuremeter and Pressuremeter Test for Pavement Evaluation and Design, *Geotechnical Testing Journal*, ASTM, Vol. 2, No. 3, pp. 143-151, 1979.

- Briaud, J.-L. & Shields, D.H., Pressuremeter Tests at Shallow Depth, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 107, GT8, August 1981a.
- Briaud, J.-L. & Shields, D.H., Use of a Pressuremeter Test to Predict the Modulus and Strength of Pavement Layers, *Transportation Research Record* No. 810, 1981 b.
- Briaud, J.-L., Smith, T.D. & Meyer, B.J., Laterally Loaded Piles and the Pressuremeter: Comparison of Existing Method, *Laterally Loaded Deep Foundations*, ASTM, STP835, 1983b.
- Briaud, J.-L., Smith, T.D. & Meyer, B.J., Pressuremeter Gives Elementary Model for Laterally Loaded Piles, *Int. Symp. on In Situ Testing of Soil and Rock*, Paris, May 1983c.
- Briaud, J.-L., Smith, T.D. & Tucker, L.M., A Pressuremeter Method for Laterally Loaded Piles, *Int. Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 3, p. 1353, San Francisco, 1985d.
- Briaud, J.-L., Tand, K.E. & Funegard, E.G., Pressuremeter and Shallow Foundations on Stiff Clay, *Spread Foundations*, Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, January 1986a.
- Briaud, J.-L. & Terry, T. A., Rate Effect for Vertical and Horizontal Pile Response, *3rd Int. Conf. on Numerical Methods in Offshore Piling*, Nantes, May 1986.
- Briaud, J.-L., Terry, T. A., Cosentino, P.J., Tucker, L.M. & Lytton, R.L., Influence of Stress, Strain, Creep and Cycles on Moduli from Preboring and Driven Pressuremeters, *Research Report 7035-1 to Pailen-Johnson Associates and the Federal Aviation Administration*, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986b.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Piles in Sand: A Method Including Residual Stresses, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, March 1984a.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Residual Stresses in Piles and the Wave Equation, *ASCE Symposium on Deep Foundations*, San Francisco, October 1984b.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Pressuremeter and Foundation Design, Short Course notes, Vol. 1, Civil Engineering, Texas A&M University, 1985.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Pressuremeter and Shallow Foundations on Sand, *Settlement of Shallow Foundations on Sand*, Session at the ASCE Convention, Seattle, April 1986.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Horizontally Loaded Piles Next to a Trench, Foundations for Transmission Line Towers, *ASCE Geotechnical Special Publication* No. 8, Atlantic City, April 1987.
- Briaud, J.-L. & Tucker, L.M., Measured and Predicted Axial Responses of 98 Piles, *ASCE, Journal of Geotechnical Engineering*, September 1988.
- Briaud, J.-L., Tucker, L.M., Anderson, J.S., Perdomo, D. & Coyle, H.M., Development of an Improved Pile Design Procedure for Single Piles in Clays and Sands, *Research Report 4981-3F*, to the Mississippi State Highway Department, Civil Engineering, Texas A&M University, August 1986c.

- Briaud, J.-L., Tucker, L.M., Lytton, R.L. & Coyle, H.M., Behavior of Piles in Cohesionless Soils, *Research Report 4777*, Civil Engineering, Texas A&M University, September 1983d.
- Briaud, J.-L., Tucker, L.M. & Makarim, C.A., Pressuremeter Standard and Pressuremeter Parameters, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP 950, Texas A&M University, 1986d.
- Briaud, J.-L., Tucker, L.M. & Ng, Eric, Axially Loaded 5 Pile Group and Single Pile in Sand, *Proceedings Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Rio de Janeiro, August 1989.
- Broms, B.B., Bearing Capacity of Cyclically Loaded Piles, *Swedish Geotechnical Institute, Report No. 44*, 1972.
- Burgess, N. & Eisenstein, Z., Determination of Deformation Characteristics of Soils and Rocks in Western Canada by the Pressuremeter, *28th Canadian Geotechnical Conf.*, Montreal, 1975.
- Bustamante, M. & Doix, B., Une Methode pour le Calcul des Tirants et des Micropieux Injectes, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* No. 140, Nov-Dec 1985.
- Bustamante, M. & Gianeselli, L., Prevision de la Capacite Por tante des Pieux Isoles, sous Charge Verticale: Regles Pressiometriques et Penetrometriques, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* 113, May-June 1981.
- Bustamante, M. & Gianeselli, L., Prevision de la Capacite Portante des Pieux par la Methode Pressiometrique (version B2), *Compte Rendu de Recherche F.A.E.R. 1.05.02.2*, Laboratoire Central des Ponts et Chaussees, en communication privee, 1982.
- Cambridge Insitu, Little Eversden, Cambridge, CB37HE, England (FAX:+44-223-263947, TEL:+44-223-262361, Contact person: Clive Dalton).
- Carter, J.P., Randolph, M.F. & Wroth, C.P., Driven Piles in Clay - The Effect of Installation and Subsequent Consolidation, *Geotechnique*, Vol. 29, No. 4, December 1979.
- Casbarian, A.O.P., Pile Soil Behavior of a Deep Axially Loaded Pile, Vol. 1, Recommendations for Design of Deep Axially Loaded Piles in Cohesive Soils, Shell Oil Company, September 1967.
- Cassagrande, A. & Shannon, W.L., Research on Stress-Deformation and Strength Characteristics of Soil and Soft Rocks Under Transient Loading, *Harvard Soil Mechanics Series No.31*, Harvard University, 1948.
- Cassan, M., Correlation Entre Essais In Situ en Mecanique des Sols, *Internal Report*, Fondasol, Avignon, 1972.
- Cheney, R., Permanent Ground Anchors, Report FHWA-DP-68-1R, Federal Highway Administration, March 1988.
- Christian, J.T. & Carrier, W.D., Janbu, Bjerrum and Kjaemli's Chart Reinterpreted, *Canadian Geotechnical Journal*, 15, pp. 123-128, 1978.
- Claessen, A.E.M., et al., Asphalt Pavement Design: The Shell Method, *4th Int. Conf. on the structural Design of Asphalt Pavements*, Vol. 1, University of Michigan, 1977.

- Coyle, H.M., Bartoskewitz, R.E. & Berger, W.J., Bearing Capacity Prediction by Wave Equation Analysis-State of the Art, TTI Report No. 125-8F, Texas A&M University, August 1973.
- Coyle, H.M. & Castello, R., New Design Correlations for Piles in Sand, *ASCE, Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 107, GT7, 1981.
- Crawford, C. B., The Influence of Rate of Strain on Effective Stresses in Sensitive Clay, *ASTM Special Technical Publication* No. 361, 1959.
- Dauvisis, J.P. & Menard, L., Etude Experimentale du Tassement et de la Force Portante de Fondations Superficielles, *Sols-Soils*, Vol. 3, No. 10, 1964.
- Davidson, R.R. & Bodine, D.G., Analysis and Verification of Louisiana Pile Foundation Design Based on Pressuremeter Results, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM, STP 950, 1986.
- Davidson, R.R. & Perez, J.Y., Pressuremeter Research: 190 Project, Woodward-Clyde Consultants, *Research Report*, February 1980.
- Deschenes, J.H., Bearing Capacity of Footings Close to Slopes of Cohesionless Soil, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, University of Ottawa, 1978.
- DiGioia, A., Davidson, H.L. & Donovan, T.D., Laterally Loaded Drilled Piers: A Design Model, *Drilled Piers and Caissons*, ASCE Convention, St. Louis, October 1981.
- Dover, E.H., Bamford, S.R. & Suarez, L.F., Rod Shear Interface Friction Shear Tests in Sands, Silts, and Clays, *Int. Conf. on the Behavior of Offshore Structures*, Cambridge, 1982.
- Doyle, E.H. & Pelletier, J.H., Behavior of a Large Scale Pile in Silty Clay, *XI Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, San Francisco, 1985.
- Dubose, L.A., Dubose on Friction Piles, *ASCE Transactions*, Paper No. 2882, 1955, pp. 755-757.
- Dunand, M., Etude Experimentale du Comportement des Fondations Soumises au Renversement, These de Docteur Ingenieur, Institut de Mecanique de Grenoble, France, 1981.
- Duncan, J.M. & Chang, C.-Y., Nonlinear Analysis of Stress and Strain in Soils, *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division*, ASCE, Vol. 96, SM5, 1970.
- Eide, O., Short and Long Term Loading of a Friction Pile in Clay, *Proceedings of V Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Paris, 1961, Vol. 2, pp. 45-53.
- Eisenstein, Z. & Morrison, N., Prediction of Foundation Deformations in Edmonton Using an In Situ Pressure Probe, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 10, 1973.
- Fay, J.B. & LeTirant, P., Offshore Selfboring Pressuremeter for Deep Water, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Paris, 1982, France, 1981.
- Fayans, B.L., Barvashov, V.A., Luchkovskii, I. Ya., Lekumovich, G.S. & Mets, M.A., *Effets of Cyclic Horizontal Loads on the Behavior of Piles*, translated from *Osnovanya Fundamety: Mehanika Gruntov*, No. 3, Scientific Research

- Institute of Bases and Underground Structures, Karkov State Institute of General Construction and Sanitary Engineering Planning of Industrial Establishment, USSR, 1978.
- Felio, G.Y. & Briaud, J.-L., Conventional Parameters from Pressuremeter Tests Data: Review of Existing Methods, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM, STP 950, Texas A&M University, 1986.
- Frank, R. & Zhao, S.R., Estimation par les Parametres Pressiometriques de l'Enfoncement Sous Charge Axiale de Pieux Fores dans les Sols Fins, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* 119, May-June 1982.
- Fujita, K., Ueda, K. & Kusabuka, M., A Method to Predict the Load-displacement Relationship of Ground Anchors, *Rev. francaise de Geotechnique*, 3, Paris, January 1978, pp. 58-62.
- Fuller, F.M. & Hoy, H.E., Pile Load Test Including Quick Load Test, Conventional Methods and Interpretations, *Highway Research Record* No. 333, Pile Foundations, 12 Reports, 1970.
- GAI Consultants, Inc., Laterally Loaded Drilled Pier Research: Vol. 1: Design Methodology, Volume 2: Research Documentation, *Research Report EPRI EL-2197*, January 1982.
- Gallagher, K.A. & St. John, H.D., Field Scale Model Studies of Piles as Anchorage for Buoyant Platforms, *Proceedings, European Offshore Petroleum Conf. and Exhibition*, London, 1980.
- Gambin, M., Calcul du Tassement d'une Fondation Profonde en Fonction des Resultats Pressiometriques, *Sols-Soils*, No. 7, 1963.
- Gambin, M., Calculations of Foundations Subjected to Horizontal Forces Using Pressuremeter Data, *Sols-Soils*, No. 30/31, 1979.
- Gan, K.C. & Briaud, J.-L., Use of the Stepped Blade in Foundation Design and Comparison with the Pressuremeter, *Research Report 7032 to Iowa State University and the Federal Highway Administration*, Civil Engineering, Texas A&M University, July 1987.
- Garas, F.K. & McAnoy, R.P.L., Offshore Piled Foundations with Particular Reference to Behavior under Tension, *Proceedings, Mexico Offshore Conf.*, 131-137, 1980.
- Gibson, R.E. & Anderson, W.F., In Situ Measurement of Soil Properties with the Pressuremeter, *Civil Engineering and Public Works Review*, London, 56 No. 658, May 1961.
- Gifford, D.G., Wheler, J.R., Kraemer, S.R. & McKown, A.F., Spread Footings for Highway Bridges, Federal Highway Administration, *Report No. FHWA/RD-86/185*, October 1987, 222 p.
- Ginzburg, L.Y., Investigation of the Strength of Loams by Dynamic Test on Piles, Translation from *Osnovaniya Fundmenety Mekhanika Gruntov*, No. 1, pp. 11 - 13, Jan.-Feb. 1973.
- Goncharov, B.V., Soil Resistance when Jacking Piles, Translation from *Osnovaniya Fundmenty Mckhanika Gruntov*, No. 1, pp. 17-18, July-Aug. 1966.

- Greenland, Economic Loading Tests with the Menard Pressuremeter, *Proceedings of Symp. on the Economic Use of Soil Testing*, Birmingham, 1964.
- Grosh, J.J. & Reese, L.C., Field Tests of Small-Scale Pile Segments in a Soft Clay Deposit under Repeated Axial Loading, *Proceedings, 12th Annual Offshore Technology Conference*, Houston, Paper No. 3869, 1980.
- Hansbo, S., Prediction of Load vs. Settlement Curves for Friction Piles, Contribution to *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Editions Technip, Paris, 1982.
- Hansen, B.J., The Ultimate Resistance of Rigid Piles Against Transversal Forces, The Danish Geotechnical Institute, *Bulletin* No. 12, 1961.
- Hartman, J.P., Finite Element Parametric Study of Vertical Strain Influence Factor and the Pressuremeter Test to Estimate the Settlement of Footings in Sand, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, University of Florida, 1974.
- Higgins, C., Pressuremeter Correlation Study, *Highway Research Record*, No. 284, 1969.
- Holloway, D.M., Clough, G.W. & Vesic, A.S., The Mechanics of Pile-Soil Interaction in Cohesionless Soils, *Report to the Corps of Engineers*, Vicksburg, Mississippi, December 1975.
- Holloway, G.L., Coyle, H.M., Bartoskewitz, R.E. & Sarver, W.G., Field Test and Preliminary Design Method of Laterally Loaded Drilled Shafts in Clay, *Report TTI 211-2*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, September 1978.
- Hossain, M. K., Evaluation of the PMT Subgrade Modulus Method, CVEN 687 Class Report, Texas A&M University, Spring 1989.
- Hughes, J.M.O., Goldsmith, P.R. & Fendall, H. D.W., Predicted and Measured Behavior of Laterally Loaded Piles for the Westgate Freeway Bridge, *Victoria Geomechanics Society*, Australia, August 1979.
- Hughes, J.M.O. & Withers, N.J., Reinforcing of Soft Cohesive Soils with Stone Columns, *Ground Engineering*, May 1974, pp. 42-49.
- Hughes, J.M.O., Wroth, G.P. & Windle, D., Pressuremeter Tests in Sand, *Geotechnique*, Vol. 27, No. 4, 1977.
- Hung, J.T., Briaud, J.-L. & Lytton, R.L., Layer Equivalency Factors and Deformation Characteristics for Flexible Pavements, *Research Report 384-2A* for the Texas Highway Department, Civil Engineering, Texas A&M University, 1981.
- Hunter, A.H. & Davisson, M.T., Measurements of Pile Load Transfer, Performance of Deep Foundations, *ASTM STP 444*, 1969.
- Idriss, I.M., Dobry, R. & Singh, R.D., Nonlinear Behavior for Soft Clays During Cyclic Loading, *ASCE, Journal of the Geotechnical Engineering Division*, Vol. 104, GT 12, 1978.
- Institut Francais du Petrole, *Recommended Practice for Application of Pressuremeter Test Results to Designing of Offshore Foundations*, Ref. 31763, Paris, December 1983.
- Jamiolkovsky, M., personal communication, June 1986.

- Janbu, N., Soil Compressibility as Determined by Oedometer and Triaxial Tests, *Europ. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Wiesbaden, Germany, Vol. 1, 1963.
- Janbu, N., Bjerrum, L. & Kjaemli, B., Guidance in the Solution of Foundation Problems, *Norwegian Geotechnical Institute Publication No. 16*, 1956.
- Jeyapalan, J.K. & Boehm, Roland, Procedures for Predicting Settlement in Sands, *Settlement of Shallow Foundations on Cohesionless Soils: Design and Performance*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 5, April 1986.
- Jezequel, J.F., Les Penetrometres Statiques: Influence du Mode d'Emploi sur la Resistance de Pointe, *Bull. Liaison Labo. Routiers P. et Ch.* No. 36, Jan.-Feb. 1969.
- Jezequel, J.F., Lemasson, H. & Touze, J., Le Pressiometre Louis Menard: Quelques Problemes de Mise en oeuvre et leur Influence Sur les Valeurs Pressiometriques, *Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers des Ponts et Chaussees*, No. 32, 1968.
- Jezequel, J.F. & LeMehaute, A., Cyclic Tests with the Selfboring Pressuremeter, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Editions Technip, Paris, 1982.
- Johnson, L.D., Correlation of Soil Parameters from In Situ and Laboratory Tests for Building 333, *ASCE Specialty Conference on Use of In Situ Testing in Geotechnical Engineering*, Blacksburg, Virginia, 1986.
- Jones, D.A. & Spencer, I.M., Clay Anchors. A Caribbean Case History, *Ground Engineering*, Vol. 17, No.1, January 1984.
- Jones, R. M., *Mechanics of Composite Materials*, McGraw-Hill, 1975.
- Kahle, J.G., Predicting Settlement in Piedmont Residual Soil with the Pressuremeter Test, *Transportation Research Board Meeting*, Washington, January 1983.
- Karlsrud, K. & Haugen, T., Cyclic Loading of Plies and Pile Anchor - Field Model Tests, *Final Report: Summary and Evaluation of Test Results*, 40010-28, Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, 1983.
- Karlsrud, K., Nadim, F. & Haugen, T., Piles in Clay under Cyclic Axial Loading: Field Tests and Computational Modeling, *Int. Conf. on Numerical Methods in Offshore Piling*, Editions Technip, Nantes, May 1986.
- Kasch, V.R., Coyle, H.M., Bartoskewtiz, R.E. & Sarver, W.G., Lateral Load Test of a Drilled Shaft in Clay, *Report TTI 211-1*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, November 1977.
- Kay, S., Griffiths, V. & Kolk, H.J., Application of Pressuremeter Testing to Assess Lateral Pile Response in Clays, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP 950, 1986.
- Kay, S., Kolk, H.J. & Hooydonk, W.R., Site Specific Design of Laterally Loaded Piles, *ASCE Specialty Conference on Geotechnical Practice in Offshore Engineering*, Austin, 1983.
- Komornik, A., Wiseman, G. & Frydman, S., A Study of In Situ Testing with the Pressuremeter, *Conf. on In Situ Investigations on Soils and Rocks*, Institution of Civil Engineers, London, 1970.

- Kondner, R.L., Hyperbolic Stress-Strain Response: Cohesive Soils, *ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 89, S M1, 1963.
- Konstantinidis, B., Schneider, J.P. & Van Reissen. G., Structural Settlements of a Major Power Plant, *Settlement of Shallow Foundations on Cohesionless Soils: Design and Performance*, ASCE Geotechnical Special Publication No. 5, New York, 1986.
- Koreck, W., Small Diameter Bored Injection Piles, *Ground Engineering*, May 1978.
- Kraft, L.M., Jr., Cox, W.R. & Verner, E.A., Pile Load Tests: Cyclic Loads and Varying Load Rates, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 107, GTI, pp. 1-20, January 1981.
- Kubena, M.E., Briaud, J.-L., Tension Capacity of Two Drilled and Grouted Piles, *Report 5887-2 to various sponsors, Texas A&M University, September 1989.*
- Kulhawy, F.H., Limiting Tip and Side Resistance: Fact or Fallacy? *Analysis and Design of Pile Foundations*, ASCE National Convention. San Francisco, October 1984.
- Laboratoire des Ponts et Chaussees, Internal Documents on Lateral Pile Load Tests, Paris, 1982.
- Ladanyi, B., In Situ Determination of Undrained Stress-Strain Behavior of Sensitive Clays with the Pressuremeter, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 9, No. 3, August 1972.
- Ladd, C.C., Foot, R., Ishihara, K., Schlosser, F. & Poulos, H.G., Stress-Deformation and Strength Characteristics, State-of-the-Art Report, *9th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Vol. 2, Tokyo, 1977.
- Laier, J.E., Effects of Pressuremeter Probe Length/Diameter Ratio and Borehole Disturbance on Pressuremeter Test Results in Dry Sand, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, University of Florida, 1973.
- Lassoudiere, F.M. & Zanier, F.B., Numerical Analysis of Pressuremeter Tests by the Finite Element Method, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP 950, Texas A&M University, 1986.
- LCPC-SETRA, Regles de Justification des Fondations sur Pieux a Partir des Resultats des Essais Pressiometriques, Laboratoire Central des Ponts et Chaussees, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Paris, October 1985.
- LeBlanc, J., Menard Pressuremeter Testing, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Editions Technip, Paris, 1982.
- Lee, P.Y. & Gilbert, L.W., Behavior of Laterally Loaded Piles in Very Soft Clay, *Offshore Technology Conference*, Houston, pp. 387-345, May 1979.
- Leichner, W., Die Bautechnische Baugrund Beurteilung Mittels Horizontaler Belastungsversuche im Bohrioch nach dem Kogler-Verfahren, *Der Bauingenieur*, Heft 12, 1966.
- Le Mauff, H. & Peignaud, M., Sollicitations Hofizontales de Dispositifs Legers d'Amarrage, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.* No. 64, March-April 1973.

- Little, R.L. & Briaud, J.-L., Cyclic Lateral Load Test at Houston Ship Channel Bridge Site, *Research Report 5640 to the U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station*, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986.
- Little, R.L. & Briaud, J.-L., A Pressuremeter Method for Single Piles Subjected to Cyclic Lateral Loads in Sand, *Research Report 5357 to the U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station*, Civil Engineering, Texas A&M University, April 1987.
- Little, R.L., Tucker, L.M. & Briaud, J.-L., User's Manual for PYPMT, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986.
- Lo, K.Y. & Stermac, A.G., Some Pile Loading Tests in Stiff Clay, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 1, No. 2, p. 63, March 1964.
- Long, J.H. & Reese, L.C., Testing and Analysis of Two Offshore Drilled Shafts Subjected to Lateral Loads, *Laterally Loaded Deep Foundations: Analysis and Performance*, ASTM STP 835, Philadelphia, 1984.
- Lukas, R.G., Settlement Prediction Using the Pressuremeter, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: 2nd Int. Symp.*, ASTM STP 950, Texas A&M University, 1986.
- Lukas, G.L. & LeCler de Bussy, B., Pressuremeter and Laboratory Test Correlations for Clays, *ASCE, Journal of the Geotechnical Engineering Division*, Vol. 102, No. GT9, September 1976.
- Makarim, C.A. & Briaud, J.-L., Pressuremeter Method for Single Piles Subjected to Cyclic Lateral Loads in Overconsolidated Clay, Research report to various oil companies, Texas A&M University, December 1986.
- Marsland, A. & Randolph, M.F., Comparison of the Results from Pressuremeter Tests and Large In Situ Plate Tests in London Clay, *Geotechnique*, 17 (2), 1977.
- Matlock, H., Correlations for Design of Laterally Loaded Piles in Soft Clay, *Offshore Technology Conference*, Paper 1204, Houston, 1970.
- Matlock, H. & Holmquist, D.V., A Model Study of Axially Loaded Piles in Soft Clay, The University of Texas, Austin, *Report to the American Petroleum Institute*, 1976.
- Matlock, H., Ripperger, E.A. & Fitzgibbon, D.P., Static and Cyclic Lateral Loading of an Instrumented Pile, *A Report to Shell Oil Company*, Houston, July 1956.
- Matlock, H. & Tucker, R.L., Lateral Load Tests of an Instrumented Pile at Sabine, Texas, *A Report to Shell Development Company*, Houston, September 1961.
- McAnoy, R.P.L., Cashman, A.C. & Purvis, D., Cyclic Tensile Testing of a Pile in Glacial Till, *Proceedings, Recent Developments in the Design and Construction of Offshore Structures Conference*, Institution of Civil Engineers, London, 1982.
- McClelland Engineers, Pile Load Test Results for the Houston Ship Channel Bridge, *Report to the Texas State Department of Highways and Public Transportation*, Houston, 1986.
- Meigh, A. & Greenland, S., In Situ Testing of Soft Rocks, *6th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Vol. 1, Montreal, 1965.

- Menard, L., Calcul de la Force Portante des Fondations sur la Base des Resultats des Essais Pressiometriques, *Sols-Soils*, Vol. 2, Nos. 5 and 6, June 1963a.
- Menard, L., Calcul de la Force Portante des Fondations sur la Base des Resultats des Essais Pressiometriques, Seconde Partie: Resultats Experimentaux et Conclusions, *Sols-Soils*, No. 6, September 1963b.
- Menard, L., Comparaison entre le CBR et les Resultats du Minipressiometre, *Rapport Interne, Technique Louis Menard*, 1968.
- Menard, L., The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design, *Sols-Soils*, No. 26, 1975.
- Menard, L. & Bourdon, G., Calcul des Rideaux de Soutenement: Methode Nouvelle Prenant en Compte les Conditions Reeles d'Encastrement, *Sols-Soils*, No. 12, 1965.
- Menard, L., Bourdon, G. & Gambin, M., Methode Generale de Calcul d'un Rideau ou Pieu Sollicite Horizontalement en Fonction des Resultats Pressiometriques, *Sols-Soils*, No. 22/23, 1969.
- Menard, L., Bourdon, G. & Houy, A., Etude Experimentale de L'Encastrement d'un Rideau en Fonction des Caracteristiques Pressiometriques du Sol de Fondation, *Sols-Soils*, No. 9, 1964.
- Menard, L. & Rousseau, J., L'Evaluation des Tassements-Tendances Nouvelles, *Sols-Soils*, Vol. 1, No. 1, June 1962.
- Merritt, B.K., Davidson, R.R. & Baker, G.L., Menard Pressuremeter Experience in Beaumont Clay, Texas Section Meeting, ASCE meeting, Austin, Spring 1979.
- Meyerhof, G.G., The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads, *3rd Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Eng.*, Vol. 1, Zurich, 1953.
- Meyerhof, G.G., The Bearing Capacity of Foundations on Slopes, *4th Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Eng.*, Vol. 1, London, 1957.
- Meyerhof, G.G., Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations, *ASCE, Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 102, GT3, 1976.
- Mori, H. & Tajima, S., The Application of the Pressiometre Method to the Design of Deep Foundations, *Soil and Foundations*, Vol. 4, No. 2, Tokyo, 1964.
- Morrison, C. & Reese, L.C., A Lateral Load Test of a Full Scale Pile Group in Sand, *A report to MMS, FHWA, USAE-WES*, Civil Engineering, University of Texas, August 1986.
- O'Neill, M.W., Group Action in Offshore Piles, *Geotechnical Practice in Offshore Engineering*, ASCE Specialty Conference, Austin, 1983.
- O'Neill, M.W. & Dunnavant, T.W., A Study of the Effect of Scale, Velocity, and Cyclic Degradability on Laterally Loaded Single Piles in Overconsolidated Clay, *Research Report No. UHCE 84-7*, Civil Engineering, University of Houston, October 1984.
- O'Neill, M.W., Hawkins, R.A. & Mahar, L.T., Field Study of Pile Group Action, *Research Report No. FHWA/RD-81*, Civil Engineering, University of Houston, October 1980.

- O'Neill, M.W., Hawkins, R.A. & Mahar, L.J., Field Study of Pile Group Action: Appendix A, User's Guide, Program PILGPI, Report No. FHWA/RD-81/003, Federal Highway Administration, March 1981.
- O'Neill, M.W. & Reese, L.C., Behavior of Axially Loaded Drilled Shafts in Beaumont Clay, *Research Report* 89-8, Center for Highway Research, University of Texas, 1970.
- O'Neill, M.W. & Sheikh, S.A., Geotechnical Behavior of Underreams in Pleistocene Clay, *Proceedings of the Session on Drilled Piers and Caissons II*, ASCE Convention, Denver, May 1985.
- Ostermayer, H. & Sheele, F., Research on Ground Anchors in Non-cohesive Soils, *Proceedings of the International Congress of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Tokyo, 1977.
- Oyo Corporation, 2-6 Kudan kita 4-Chome, Chiyoda-Ku, Tokyo 102, Japan (FAX: 03-262-5169, TEL: 03-234-081 1).
- Oyo Corporation, Elastometer 100 Operation Manual, *Internal Document*, Houston, 1983.
- Oyo Corporation, Lateral Load Tester (LLT) Operation Manual, *Internal Document*, Houston, 1983.
- Palmer, A.C., Undrained Plane Strain Expansion of a Cylindrical Cavity in Clay: A Simple Interpretation of the Pressuremeter Test, *Geotechnique*, Vol. 22, No. 3, September 1972.
- Peck, R.B. & Bazaraa, A.R., Discussion of Settlement of Spread Footings on Sand, by D'Appolonia et al., *ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division*, May 1969.
- Perez, J.Y. & Holloway, D.M., Results and Interpretation of Pile Driving Effects Test Program: Existing Lock and Dam No. 26, Mississippi River, Alton, Illinois, *Phase IV Report, Vol. 111*, prepared for the U.S. Army Corps of Engineers, St. Louis District, by Woodward-Clyde Consultants, San Francisco, California, 1979.
- Poulos, H.G., Cyclic Axial Response of Single Piles, *Journal of the Geot. Engrg. Div.*, ASCE, Vol. 107, No. GT7, 41-5 8, 1981.
- Price, G. & Wardle, I.F., Horizontal Load Tests on Steel Piles in London Clay, *10th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Vol. 1, Stockholm, 1981.
- Puech, A., Basic Data for the Design of Tension Piles in Silty Soils, *Proceedings, 3rd. Int. Conf. on the Behavior of Offshore Structures*, Cambridge, 1982.
- Puech, A., Boulon, M. & Meimon, Y., Tension Piles: Field Data and Numerical Modeling, *Proceedings, 2nd Int. Conf. on Numerical Methods in Offshore Piling*, Austin, 1982a.
- Puech, A., Brucy, F. & Ma, E., Tension Pile Design Using Selfboring Pressuremeter Test Results, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Editions Technip, Paris, 1982b.
- Puech, A. & Jezequel, J.F., The Effect of Long Time Cyclic Loads on the Behavior of a Tension Pile, *Proceedings, 12th Annual Offshore Technology Conference*, Houston, Paper No. 3870, 1980.

- Randolph, M.F., Carter, J.P. & Wroth, C.P., Driven Piles in Clay - The Effects of Installation and Subsequent Consolidation, *Geotechnique*, Vol. 29, No. 4, December 1979.
- Randolph, M.F. & Wroth, C.P., Analysis of Deformation of Vertically Loaded Plies, *ASCE, Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 104, GT 1 2, December 1978.
- Reese, L.C., Laterally Loaded Piles: Program Documentation, *ASCE, Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 103, GT4, April 1977.
- Reese, L.C., Cox, W.R. & Grubbs, B.R., Lateral Load Tests on Instrumented Piles in Sand at Mustang Island, *A report to Shell Development Company*, Reese and Cox Consulting Engineers, Austin, Texas, 1967a.
- Reese, L.C., Cox, W.R. & Koop, F., Analysis of Laterally Loaded Pile Tests in Sand at Mustang Island, *A report to Shell Development Company*, Houston, November 1967b.
- Reese, L.C., Cox, W.R. & Koop, F.D., Lateral Load Test of Instrumented Piles in Stiff Clay at Manor, Texas, *A report to Shell Development Company*, Reese and Cox Consulting Engineers, Austin, Texas, 1968.
- Reese, L.C., Cox, W.R. & Koop, F., Analysis of Laterally Loaded Piles in Sand, *Offshore Technology Conference*, Paper 2080, Houston, 1974.
- Reese, L.C., Hudson, W.R. & Vijayvergiya, V.N., An Investigation of the Interaction between Bored Piles and Soil, *Proceedings, 7th Int. Conf. on Soil Mech. and Foundation Engineering*, Mexico City, 1969.
- Reid, W.M., Fyffe, S., St. John, J.D. & Rigden, W.J., The Push In Pressuremeter, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Paris, 1982.
- Riggins, M., The Viscoelastic Characteristics of Marine Sediments in Large Scale Simple Shear, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, Texas A&M University, 1981.
- Robertson, P.K. & Hughes, J.M.O., Determination of Properties of Sand from Selfboring Pressuremeter Tests, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: Second International Symp.*, ASTM STP 950, Texas A&M University, April 1986.
- Robertson, P.K., Hughes, J.M.O., Campanella, R.G., Brown, P. & McKeown, S., Design of Laterally Loaded Piles Using the Pressuremeter, *The Pressuremeter and Its Marine Applications: Second International Symp.*, ASTM STP 950, 1986.
- Robertson, P.K., Hughes, J.M.O., Campanella, R.G. & Sy, A., Design of Laterally Loaded Displacement Piles Using a Driven Pressuremeter, *Laterally Loaded Deep Foundations*, ASTM STP 835, Kansas City, June 1982.
- Roctest, Inc., 7 Pond Street, Plattsburgh, New York, 12901-0118, USA (FAX: 518-561-1192, TEL: 518-561-3300, Contact person: David Prentice).
- Roctest, Inc., The Cone Pressuremeter Pencil: Operation Manual, *Internal Document*, Plattsburg, NY, 1984.
- Roctest, Inc., Texam Operation Manual, *Internal Document*, Plattsburg, NY, 1983.

- Roy, M., Juneau, R., LaRochelle, P. & Tavenas, F., In Situ Measurements of the Properties of Sensitive Clays by Pressuremeter Test, *ASCE, Spec. Conf. on In Situ Measurement of Soil Properties, Vol. 1, Raleigh, 1975.*
- Schmertmann, J.H., Improved Strain Influence Factor Diagram, Technical Note, *ASCE, Soil Mechanics and Foundation Engineering Journal, Vol. 104, No. GT8, 1978.*
- Seed, H.B. & Reese, L.C., The Action of Soft Clay along Friction Plies, *Transactions, ASCE, Paper No. 842, 731-754, 1955.*
- Sharman, F.A., The Anticipated and Observed Resistance of Some Friction Piles Entirely in Clay, *Proceedings, 5th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering, Paris 135-141, 1961.*
- Sheikh, S.A. & O'Neill, M.W., Long Term Behavior of Expansive Concrete Drilled Shafts, *Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 13, 1986, pp. 213-217.*
- Sheikh, S.A., O'Neill, M.W. & Mehrazarin, M.A., Expansive Concrete Drilled Shafts, *Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 12, No. 2, 1985, pp. 382-395.*
- Shields, D.H. & Bauer, G.E., Determination of the Modulus of Deformation of a Sensitive Clay Using Laboratory and In Situ Test, *ASCE Specialty, Conference on In Situ Measurement of Soil Properties, North Carolina State University, 1975.*
- Shields, D.H., Scott, J.D., Bauer, G.E., Deschennes, J.H., Barszary, A.K., Bearing Capacity of Foundations Near Slopes, *9th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. 1, Tokyo, 1977.*
- Skempton, A.W., The Bearing Capacity of Clays, *Proceedings, Building Research Congress, Vol.1, 1951.*
- Smith, R.E. & Lytton, R.L., Operating Characteristics of and User Satisfaction with Commercially Available NDT Equipment, *64th Annual TRB, Washington, DC, 1985.*
- Smith, T.D., Pressuremeter Design Method for Single Piles Subjected to Static Lateral Load, Ph.D. dissertation, Civil Engineering, Texas A&M University, 1983.
- Soil Mechanics, Inc., Lateral Pile Load Tests at Exxon Baytown Olefins Plant, A report to Exxon Chemical Americas, Bryan, Texas, January 1982.
- Suyama, K., Imai, T. & Ohya, S., Development of LLT Pressuremeter and Its Application in Prediction of Pile Behavior under Horizontal Load, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications, Editions Technip, Paris, 1982.*
- Suyama, K., Ohya, S., Imai, T., Matsubara, M. & Nakayama, E., Ground Behavior During Pressuremeter Testing, *Int. Symp. on Soil and Rock Investigations by In Situ Testing, Paris, 1983.*
- TA77, Recommandation concernant la conception, le calcul, l'exécution et le contrôle des tirants d'ancrage, Bureau Securitas, Eyrolles, September 1977.

- Tand, K.E., Funnegard, E.G. & Briaud, J.-L., Bearing Capacity of Footings on Clay: CPT Method, *ASCE Specialty Conference, Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, Blacksburg, Virginia, 1986.
- Tassios, T. & Levendis, E., Efforts Repetitifs Horizontaux sur Pieux Verticaux, *Sols et Fondations* 105, No. 315, March 1974.
- Tavenas, F., Blanchette, G., Leroueil, S., Roy, M. & La Rochelle, P., Difficulties in the In Situ Determination of  $K_0$  in Soft Sensitive Clays, *ASCE Specialty, Conf. on In Situ Measurement of Soil Properties, Vol. 1*, Raleigh, 1975.
- Terzaghi, K., Anchored Bulkheads, *ASCE Transactions*, Paper No. 2720, Vol. 119, 1954.
- Terzaghi, K. & Peck, R.B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons, New York, p. 55, 1967.
- Touma, F.T. & Reese, L.C., The Behavior of Axially Loaded Drilled Shafts in Sand, *Research Report 176-1*, Center for Highway Research, University of Texas, 1972.
- Transport Canada Manual AK-68-12, *Pavement Design and Rehabilitation*, Transport Canada, Ottawa, 1978.
- Tranter, C.J., On the Elastic Distortion of a Cylindrical Hole by a Localized Hydrostatic Pressure, *Quarterly of Applied Mathematics*, QAMAA, Vol. 4, No. 3, 1946.
- Tucker, L.M. & Briaud, J.-L., User's Manual for SHALPMT, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986a.
- Tucker, L.M. & Briaud, J.L., User's Manual for PILPMT, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986b.
- Tucker, L.M. & Briaud, J. L., User's Manual for PRESRED, Civil Engineering, Texas A&M University, 1986c.
- Tucker, L.M. & Briaud J.-L., RATPILE: A Microcomputer Program for the Analysis of Rate Effect on Axially-Loaded Piles in Clay, Research Report to UNOCAL and MOBIL, Civil Engineering, Texas A&M University, 1987.
- Tucker, L.M. & Briaud, J.-L., Analysis of Pile Load Test Program at the Lock and Dam 26 Replacement Project, *Summary Report*, Civil Engineering, Texas A&M University, November 1988.
- Vesic, A.S., Expansion of Cavities in Infinite Soil Mass, *ASCE Soil Mechanics and Foundation Engineering Journal*, Vol. 98, SM3, 1972.
- Welch, R.C. & Reese, L.C., Lateral Load Behavior of Drilled Shafts, *Research Report 89-10*, Center for Highway Research, University of Texas, Austin, May 1972.
- Winter, E., Suggested Practice for Pressuremeter Testing in Soils, *ASTM Geotechnical Testing Journal*, Vol. 5, No. 3/4, September 1982.
- Winter, E. & Rodriguez, A., Evaluation of Preconsolidation and Friction Angle in Granular Soils Using the Pressuremeter, *ASCE Specialty Conf. on In Situ Measurement of Soil Properties, Vol. 1*, Raleigh, 1975.
- Whitaker, T. & Cooke, R.W., A New Approach to Pile Testing, *Proceedings, 5th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering*, Paris, 171-176, 1961.

- Withers, N.J., Schaap, L.H.J., Kolk, K.J. & Dalton, J.C.P., The Development of the Full Displacement Pressuremeter, *ASTM 2nd. Int. Symp. on The Pressuremeter and Its Marine Applications*, STP 950, Texas A&M University, 1986.
- Whitman, R.V., The Behavior of Soils under Transient Loading, *Proceedings, 4th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering*, London 1957.
- Woodward-Clyde Consultants, Foundation Investigation and Test Program, Lock & Dam No. 26, Mississippi River, Alton, Illinois, *Report to the St. Louis District, U.S. Army Corps of Engineers*, 1979.
- Woodward-Clyde Consultants, Study to Investigate the Effects of Skin Friction on the Performance of Drilled Shafts in Cohesive Soils, *Report to the U.S. Army Waterways Experiment Station*, August 1981.
- Wroth, C.P., British Experience with the Selfboring Pressuremeter, *Symposium on the Pressuremeter and Its Marine Applications*, Institut Francais du Petrole, Paris, April 1982.
- Wroth, C.P. & Hughes, J., An Instrument for the In Situ Measurement of the Properties of Soft Clays, *Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Moscow, 1973.

## ثبت المصطلحات

أولاً : عربي-إنجليزي



Equilibrium	اتزان
Stress	إجهاد
Total horizontal stress at rest (PoH)	إجهاد أفقي كلي عند السكون
Circumferential stress ( $\sigma_\theta$ )	إجهاد حلقي
Minor principal stress	إجهاد رأسي أصغر
Major principal stress	إجهاد رأسي أكبر
Vertical stress at rest ( $\sigma_{ov}$ )	إجهاد رأسي عند السكون
Principal stress	إجهاد رئيسي
Radial stress ( $\sigma_r$ )	إجهاد نصف قطري
Monocell	أحادي الخلية
Skin friction	احتكاك سطحي
Probability	احتمال
Boulders	أحجار

Abscissa	إحداثي سيني
Coordinates	إحداثيات
Sustained loads	أحمال باقية
Working loads	أحمال تشغيلية
Rare load	أحمال عرضية (طارئة)
Standard penetration test (SPT)	اختبار الاختراق المعياري
Unconfined compression test	اختبار الانضغاط غير المحصور
Triaxial compression tests	اختبار الضغط ثلاثي المحور
Simple shear test	اختبار القص البسيط
Plate test	اختبار اللوح
Dynamic plate test	اختبار اللوح الديناميكي
Cyclic triaxial test	اختبار ثلاثي المحور الدوري
Rod shear test	اختبار قص القضيب
Undrained test	اختبار محبوس
Drained test	اختبار مصرف
In situ tests	اختبارات حقلية
Elastic half space	أرض مرنة
Displacement	إزاحة
Circumferential displacement	إزاحة حلقية
Radial displacement	إزاحة نصف قطرية
Unbound granular base	أساس حبيبي غير متماسك

Curvature	استدارة
Relaxation	استرخاء
Extrapolation	استكمال
Linear interpolation	استكمال خطي
Cylinder	أسطوانة
Asphalt	أسفلت
Minimum	أصغر
Recompression	إعادة الانضغاط
Sign posts	أعمدة علامات الإرشاد
Maximum	أكبر
Adhesion	التصاق
Convergence	التقاء
Probe	أنبوب أسطواني
Standard deviation	انحراف معياري
Consolidation	اندماج
Sliding	انزلاق
Compressibility	انضغاطية
Strain	انفعال
Compressive strain compaction	انفعال الانضغاط
Hoop strain	انفعال حلقي
Normal strain	انفعال عمودي
Plane strain	انفعال في اتجاهين

Overturning

انقلاب

Failure

انهيار

Punching failure

انهيار ثقبى

ب.

Computer program

برنامج حاسب آلي

Tire imprint

بصمة الإطّار

Bulb

بصيلة

Pendulum

بندول

Raw data

بيانات أولية

ج.

Deceleration

تباطؤ

Anisotropy

تباين الخواص

Scatter

تبعثر

Oedometer test

تجربة الأدميتر (الاندماج)

Consolidation test

تجربة الاندماج

Cone penetrometer test (CPT)

تجربة مقياس الاختراق المخروطي

Empirical

تجريبي

Cavity

تجويف

Regression analysis

تحليل التراجع

Monotonic loading	تحميل متماثل
Rutting	تحدد
Disturbance	تخلخل ، اضطراب
Calcareous soil	تربة جيرية
Granular soil	تربة حبيبية
Coarse grained soil	تربة خشنة الحبيبات
Loam	تربة رملية طينية
Peat	تربة عضوية
Cohesionless soil	تربة غير متماسكة (رملية)
Permafrost	تربة متجمدة
Cemented soil = Cohesive soil	تربة متماسكة
Fine grained soil	تربة ناعمة الحبيبات
Acceleration	تسارع
Leak	تسرب
Analogy	تشابه
Saturation	تشبع بالماء
Distortion	تشوه
Deformation	تشويه
Correction	تصحيح
Zeroing	تصفير
Classification	تصنيف

Identification	تعريف
Casing	تغليف
Tolerance	تفاوت مسموح به
Deflation	تفريغ الهواء
Intersection	تقاطع
Frequency	تكرار
Iteration	تكرارية
Cohesion	تماسك
Dilate	تمدد
Liquefaction	تميع
Distribution	توزيع

ث

Spring constant	ثابت الزنبرك
Borehole = Boring	ثقب ، جسة
Tricell	ثلاثي الخلية
Bilinear	ثنائي الميل

ج

Dry	جاف
Lateral	جانبي

Flow	جريان
Bridge	جسر
ASTM (American Society for Testing Materials)	الجمعية الأمريكية لاختبار المواد
Drill rig	جهاز الحفر
Well graded	جيد التدرج

## ح

Well rounded particles	حبيبات جيدة الاستدارة
Angular particles	حبيبات ذات زوايا
Limestone	حجر جبيري
Chalk	حجر كلسي طباشيري
Porous stone	حجر مسامي
Volume	حجم
Nominal volume	حجم اسمي
Zero volume	حجم صفري
Volumetric	حجمي
Gravel	حصى
Mat = Raft	حصيرة (لبشة)
Excavation	حفر
Rotary drilling	حفر دوراني
Loop	حلقة

Ultimate load ( $Q_L$ )	حمل أقصى
Ultimate friction load ( $\theta_s$ )	حمل الاحتكاك الأقصى
Creep load ( $\theta_c$ )	حمل الزحف
Static live load	حمل حي ثابت
Eccentric load	حمل لامركزي
Inclined load	حمل مائل
Dead load	حمل ميت
Reinforced earth walls	حوائط أرضية مسلحة
Retaining walls	حوائط استنادية
Cantilever drilled shaft walls	حوائط الأعمدة المجوفة المحفورة الكابولية
Slurry trench walls	حوائط الخنادق الوحلة
Sheet pile walls	حوائط الخوازيق اللوحية
Gravity walls	حوائط ثقيلة
Cantilever walls	حوائط كابولية
Anchored bulkheads	حواجز مثبتة

خ

Drilled pile	خازوق محفور
Grouted pile	خازوق محقون
Bored pile	خازوق مصبوب
Instrumented pile	خازوق مُصنَّع

Tresca criterion	خاصية تريسكا
Mohr-Coulomb criterion	خاصية مور-كولومب
Expansive concrete	خرسانة تمددية
Wet concrete	خرسانة رطبة
Reinforced concrete	خرسانة مسلحة
Yield	خضوع
Error	خطأ
Guardrails	خطوط التحرز
Cell	خلية
Trench	خندق
Slurry trench	خندق وحلي
Offshore piles	خوازيق ساحلية
Injected piles	خوازيق محقونة
Onshore piles	خوازيق مغمورة

د

Function	دالة
Pier	دعامة
Compaction	دمك
Unload-reload cycle	دورة إنزال وإعادة التحميل
Hertz (HZ)	دورة في الثانية

Cyclic

دوري

ذ

Crank

ذراع

ر

Cutting shoe

رأس الحفر

Jack

رافعة

Soft

رخو، لين

Fill

ردم

Embankment

ردمية

Chart = Plot

رسم بياني

Janbu, Bjerrum and Kjaernsli chart

رسم بياني لجانبو، بجيرم، كجرنل

Pavement

رصيف

Uplift

رفع

ز

Excess

زائد

Overconsolidated

زائدة (عالية) الاندماج

Peak friction angle ( $\theta'$ )

زاوية الاحتكاك القصوى

Soil friction angle ( $\phi$ )

زاوية الاحتكاك للتربة

Friction angle of cohesionless soil      زاوية الاحتكاك للتربة غير المتماسكة

Creep      زحف

Increments      زيادات

س

Ground line      سطح الأرض

Virgin behavior      سلوك بكر

Anvil      سندان

ش

Truck      شاحنة

Semi-empirical      شبة تجريبي

Tension      شد

Boundary conditions      شروط النهايات

ص

Rock      صخر

Shale      صخر طيني صفحي

Competent rock      صخور صلبة

Stiffness      صلابة

Rigid = Stiff      صلب



Compression	ضغط
Initial pressure ( $P_i$ )	ضغط ابتدائي
Tire pressure	ضغط الإطارات
Preconsolidation pressure ( $P_c$ )	ضغط الاندماج المسبق
Ultimate bearing pressure	ضغط التحمل الأقصى
Passive earth pressure	ضغط التربة السلبي (غير الفعال)
Active earth pressure	ضغط التربة النشط
Effective yield pressure ( $p'_y$ )	ضغط الخضوع الفعال
Net footing pressure ( $q$ )	ضغط القاعدة الصافي
Hydrostatic pore water pressure ( $u_0$ )	ضغط الماء الهيدروستاتيكي
Atmospheric pressure	ضغط جوي
Ultimate point pressure ( $q_L$ )	ضغط طرفي أقصى
Pile ultimate point pressure ( $q_{Lp}$ )	ضغط طرفي أقصى لخازوق
Pore pressure	ضغط مسامي
Passive pressure	ضغط مقاوم
Active pressure	ضغط نشط
Limit pressure (PL)	ضغط نهائي
Net limit pressure ( $P^*_L$ )	ضغط نهائي صافي
Equivalent net limit pressure ( $p^*_{Le}$ )	ضغط نهائي صافي مكافئ
Effective limit pressure ( $p'_L$ )	ضغط نهائي فعال

Hydraulic head

ضغط هيدروليكي

ط

Plane

طائرة

Multilayer system

طبقات متعددة

Asphalt concrete

طبقة أسفلتية

Overlay

طبقة إضافية

Subgrade

طبقة الأساس

Pavement surface

طبقة الرصف السطحية

Base course

طبقة القاعدة

Subbase

طبقة تحت القاعدة

Thin layer

طبقة رقيقة

Deposit

طبقة مترسبة

Soft layer

طبقة هشة

Highway

طريق سريع

Finite element method

طريقة العناصر المحددة

Finite difference method

طريقة الفوارق المحددة

Trial and error

طريقة المحاولة والخطأ

Peck and Bazaraa method

طريقة بك وبزارا

Gibson-Anderson method

طريقة جيسن-أندرسن

Hughes-Worth-Windle method

طريقة هوجز-روث-وندل

Silt

طمي

Pile transfer length ( $l_0$ )	طول الخازوق المنقول
Transfer length	طول النقل
Clay = Mud	طين
Desiccated clay	طين جاف
Glacial clay	طين جليدي
Marl	طين جيرى
Varved clay	طين رقائقي
Hard clay	طين قاس
Fissured clay	طين متشقق
Medium clay	طين متوسط

## ع

Normally consolidated	عادية الاندماج
Blow count	عدد الضربات (الطرقات)
SPT blow count	عدد الطرق لاختبار الاختراق المعياري
Car = Vehicle	عربة
Bending moment	عزم الانحناء
Overturning moment	عزم الانقلاب
Moment of inertia (I)	عزم القصور الذاتي
Depth	عمق
Embedment depth (D)	عمق الطمر

Effective embedment depth ( $H_e$ )	عمق الطمر الفعال
Data reduction process	عملية اختزال المعلومات
Shaft	عمود
Stone column	عمود حجري
Drilled shaft	عمود محفور
Disturbed sample	عينات مخلخلة
Drawbacks	عيوب

ع

Membrane	غشاء
Rubber membrane	غشاء مطاطي
Nonlinear	غير خطي
Nonhomogeneity	غير متجانس
Unconsolidated	غير متصلب
Undisturbed	غير مخلخلة
Undrained	غير مصرف ، محبوس

ف

Deviator	فرقي
Efficiency	فعالية



Firm	قاس
Footing = Foundation	قاعدة
Wide foundation	قاعدة عريضة
Data base	قاعدة معلومات
Strip footing	قاعدة منفصلة
Bearing capacity	قدرة التحمل
Ultimate bearing capacity ( $q_p$ )	قدرة التحمل القصوى
Point capacity	قدرة طرفية
Limitation	قصور
Drilling rod	قضيب الحفر
AW female rod	قضيب حفر أنثى
Tendon	قضيب فولاذي مسبق الإجهاد
Profile	قطاع
Diameter	قطر
Underestimate	قلة التقدير
Peak	قمة (قيمة علوية)
Ship channel	قناة السفن
Shallow foundation	قواعد ضحلة
Deep foundations	قواعد عميقة
Spread footings	قواعد مستمرة

Consistency	قوام
Menard's rules	قوانين مينارد
Undrained shear strength ( $S_u$ )	قوة القص المحبوسة
Residual undrained shear strength	قوة القص غير المصرفة المتبقية
Exponent	قوة جبرية (أس)
Standard	قياسي
Caisson	قيسون
Peak undrained shear strength	قيمة قصوى لمقاومة القص غير المصرفة

## ك

Dense	كثيف
Sphere	كرة
kPa	كيلوباسكال

## ل

Best fit	لائق
Infinite	لانهايي
Plastic	لدن
Viscous	لزوجة
Bit = Drill bit	لقمة الحفر
Screw jack	لولب الضبط



Dial gauge	مؤشر القياس
Pressure gauge	مؤشر ضغط
Viscoelastic material	مادة لزجة مرنة
Overestimate	مبالغة في التقدير
Heterogeneous	متباين ، غير متجانس
Orthotropic	متباين الخواص في الاتجاهات المتعامدة
Homogeneous	متجانس
Stress tensor	متجه الإجهاد
Strain tensor	متجه الانفعال
Symmetric	متشابه (متماثل)
Fractured	متصدع
Interbedded	متعاقبة
Parameter	متغير
Weathered	متفتت
Monotonic	متماثل
Axisymmetric	متماثل المحورين
Mean	متوسط
Mean normal strain ( $\epsilon_{00}$ )	متوسط الانفعال العمودي
Weighted average	متوسط موزون
Anchor	مثبت
Grouted anchor	مثبت محقون

Ground anchors	مثبتات أرضية
Auger	مثقاب لولبي
Range	مجال ، مدى
Pressure transducer	مجس ضغط
Electric feelers	مجسات كهربائية
Pile group	مجموعة خوازيق
Water content	محتوى الرطوبة
Resultant	محصلة
Confined	محصور
Slotted	مخدد
Remoulded	مخلخلة
Glacial fill	مخلفات جليدية
Extension	مد
Graduated = Runway	مدرج
Driven	مدقوق
Vibrodriven	مدقوق بالاهتزاز
Amplitude	مدى
Flexible	مرن
Elasticity	مرونة
Linear elasticity	مرونة خطية
Advantages	مزايا

Cross section	مساحة قطاع
Radial distance	مسافة نصف قطرية
Prestressed	مسبق الإجهاد
Prebored	مسبق الحفر
Allowable	مسموح
Piston-Pump	مضخة مكبس
Airport	مطار
Hammer	مطرقة
Differential equation	معادلة تفاضلية
Constitutive equation	معادلة تكوينية
Modulus	معامل
Reload modulus ( $E_R$ )	معامل إعادة التحميل
Factor of safety (F)	معامل الأمان
Coefficient of radial consolidation	معامل الاندماج الشعاعي
Rheological factor ( $\alpha$ )	معامل الانسيابية
Compressibility index (I)	معامل الانضغاطية
Modulus of deformation	معامل التشوه
Equivalent distortion modulus ( $E_d$ )	معامل التشوه المكافئ
First load modulus ( $E_0$ )	معامل الحمل الأولي
Resilient modulus	معامل الرجوعية
Shape factor	معامل الشكل

Shear modulus (G)	معامل القص
Initial tangent modulus ( $E_i$ )	معامل المماس الابتدائي
Hartman-Tranter correction factor ( $I_o$ )	معامل تصحيح هارتمان-ترانتر
Bulk modulus (K)	معامل حجمي
Coefficient of active earth pressure ( $K_a$ )	معامل ضغط التربة الفعال
Coefficient of earth pressure at rest ( $K_o$ )	معامل ضغط التربة عند السكون
Coefficient of passive earth pressure ( $K_p$ )	معامل ضغط التربة غير النشط
Modulus of subgrade reaction (K)	معامل ضغط التماس
Pressuremeter bearing capacity factor (K)	معامل قدرة التحمل لمقياس الضغط
Secant modulus	معامل قصي
Young's modulus	معامل يونج
Menard's shape factors	معاملات الشكل لمينارد
Meyerhof reduction coefficients	معاملات ميرهوف للتقليل
Calibration	معايرة
Rate	معدل
Average mean normal stress ( $\theta$ )	معدل متوسط الإجهاد العمودي
Normalized	معيّر ، مصحح
Loose	مفكك
Resistance	مقاومة
Frontal reaction	مقاومة أمامية
Cone friction resistance ( $f_c$ )	مقاومة الاحتكاك للمخروط
Tensile strength ( $\sigma_t$ )	مقاومة الشد

Cone point resistance ( $q_c$ )	مقاومة رأس المخروط
Passive resistance	مقاومة سلبية
Point ultimate resistance ( $\theta_p$ )	مقاومة قصوى طرفية
Falling weight deflectometer	مقياس الانحراف للأوزان الساقطة
Pressuremeter (PMT)	مقياس الضغط
Pushed cone pressuremeter test (PCPMT)	مقياس الضغط المخروطي المدفوع
Driven cone pressuremeter test (DCPMT)	مقياس الضغط المدفوع في الموقع
Selfboring pressuremeter test (SBPMT)	مقياس الضغط ذاتي الحفر
Pushed shelby tube pressuremeter test (PSPMT)	مقياس الضغط لأنبوب شلبي المدفوع
Preboring pressuremeter test (PBPMPT)	مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر
Miniature flowmeter	مقياس تدفق صغير جدا
Piston	مكبس
Tangent	تماس
Unique	مميز
Uniform	منتظم
Curve	منحنى
Sieve No. 200	منخل رقم ٢٠٠
Approach = Methodology	منهجية
Isotropic	موحد الخواص
Site	موقع
Mortor	مونة

Slope

ميل

ن

Void ratio

نسبة الفراغ

Poisson's ratio ( $\nu$ )

نسبة بويسون

California bearing ratio (CBR)

نسبة تحمل كاليفورنيا

Over-consolidation ratio

نسبة زيادة الاندماج

Inflation

نفخ

Underpass

نفق

Model = Prototype

نموذج

Hyperbolic model

نموذج زائدي المقطع

Power law model

نموذج قانون القوة

Typical

نموذجي

هـ

Consolidation settlement ( $s$ )

هبوط الاندماج

و

Unit skin friction ( $q_s$ )

وحدة الاحتكاك السطحي

Ultimate unit friction ( $f_L$ )

وحدة الاحتكاك القصوى

Unit weight

وحدة الوزن

Pressure cell

وحدة مقياس الضغط

Triaxial cell

وعاء الضغط ثلاثي المحاور

Reference time

وقت مرجعي



Offset

يتلاشى

Simulating

يحاكي

Interpolate

يستكمل

Obaidi.kendal.com

## ثانياً : إنجليزي-عربي

A

Abscissa	الإحداثي السيني
Acceleration	تسارع
Active earth pressure	ضغط التربة النشط
Active pressure	ضغط نشط
Adhesion	التصاق
Advantages	مزايا
Airport	مطار
Allowable	مسموح
Amplitude	مدى
Analogy	تشابه
Anchor	مثبت
Anchored bulkheads	حواجز مثبتة
Angular particles	حبيبات ذات زوايا
Anisotropy	تباين الخواص
Anvil	سندان
Approach	منهجية
Asphalt	أسفلت
Asphalt concrete	طبقة أسفلتية
ASTM (American Society for Testing Materials)	الجمعية الأمريكية لاختبار المواد

Atmospheric pressure	ضغط جوي
Auger	مثقاب لولبي
Average mean normal stress ( $\theta$ )	معدل متوسط الإجهاد العمودي
AW female rod	قضيب حفر أنثى
Axisymmetric	متماثل المحورين
<b>B</b>	
Base course	طبقة القاعدة
Bearing capacity	قدرة التحمل
Bending moment	عزم الانحناء
Best fit	لائق
Bilinear	ثنائي الميل
Bit	لقمة الحفر
Blow count	عدد الضربات (الطرقات)
Bored pile	خازوق مصبوب
Borehole	ثقب ، جسة
Boring	ثقب أو جسة
Boulders	أحجار
Boundary conditions	شروط النهايات
Bridge	جسر
Bulb	بصيلة
Bulk modulus (K)	المعامل الحجمي

Caisson	قيسون
Calcareous soil	تربة جيرية
Calibration	معايرة
California bearing ratio (CBR)	نسبة تحمل كاليفورنيا
Cantilever drilled shaft walls	حوائط الأعمدة المجوفة المحفورة الكابولية
Cantilever walls	حوائط كابولية
Car	عربة
Casing	تغليف
Cavity	تجويف
Cell	خلية
Cemented soil	تربة متماسكة
Chalk	حجر كلسي طباشيري
Chart	رسم بياني
Circumferential displacement	إزاحة حلقيّة
Circumferential stress ( $\sigma_\theta$ )	إجهاد حلقي
Classification	تصنيف
Clay	طين
Coarse grained soil	تربة خشنة الحبيبات
Coefficient of active earth pressure ( $K_a$ )	معامل ضغط التربة الفعال
Coefficient of earth pressure at rest ( $K_o$ )	معامل ضغط التربة عند السكون
Coefficient of passive earth pressure ( $K_p$ )	معامل ضغط التربة غير النشط

Coefficient of radial consolidation	معامل الاندماج الشعاعي
Cohesion	تماسك
Cohesionless soil	تربة غير متماسكة (رملية)
Cohesive soil	تربة متماسكة
Compaction	دمك
Competent rock	صخور صلبة
Compressibility	انضغاطية
Compressibility index (I)	معامل الانضغاطية
Compression	ضغط
Compressive strain compaction	انفعال الانضغاط
Computer program	برنامج حاسب آلي
Cone friction resistance ( $f_c$ )	مقاومة الاحتكاك للمخروط
Cone penetrometer test (CPT)	تجربة مقياس الاختراق المخروطي
Cone point resistance ( $q_c$ )	مقاومة رأس المخروط
Confined	محصور
Consistency	قوام
Consolidation	اندماج
Consolidation settlement (s)	هبوط الاندماج
Consolidation test	تجربة الاندماج
Constitutive equation	معادلة تكوينية
Convergence	التقاء

Coordinates	إحداثيات
Correction	تصحيح
Crank	ذراع
Creep	زحف
Creep load ( $\theta_c$ )	حمل الزحف
Cross section	مساحة قطاع
Curvature	استدارة
Curve	منحنى
Cutting shoe	رأس الحفر
Cyclic	دوري
Cyclic triaxial test	اختبار ثلاثي المحور الدوري
Cylinder	أسطوانة

## D

Data base	قاعدة معلومات
Data reduction process	عملية اختزال المعلومات
Dead load	حمل ميت
Deceleration	تباطؤ
Deep foundations	قواعد عميقة
Deflation	تفريغ الهواء
Deformation	تشويه
Dense	كثيف

Deposit	طبقة مترسبة
Depth	عمق
Desiccated clay	طين جاف
Deviator	فرقي
Dial gauge	مؤشر القياس
Diameter	قطر
Differential equation	معادلة تفاضلية
Dilate	تمدد
Displacement	إزاحة
Distortion	تشوه
Distribution	توزيع
Disturbance	تخلخل ، اضطراب
Disturbed sample	عينات مخلخلة
Drained test	اختبار مصرف
Drawbacks	عيوب
Drill bit	لقمة الحفر
Drill rig	جهاز الحفر
Drilled pile	خازوق محفور
Drilled shaft	عمود محفور
Drilling rod	قضيب الحفر
Driven	مدقوق

Driven cone pressuremeter test (DCPMT)	مقياس الضغط المدقوق في الموقع
Dry	جاف
Dynamic plate test	اختبار اللوح الديناميكي

## E

Eccentric load	حمل لامركزي
Effective embedment depth ( $H_e$ )	عمق الطمر الفعال
Effective limit pressure ( $p'_L$ )	الضغط النهائي الفعال
Effective yield pressure ( $p'_{v1}$ )	ضغط الخضوع الفعال
Efficiency	فعالية
Elastic half space	أرض مرنة
Elasticity	مرونة
Electric feelers	مجسات كهربائية
Embankment	ردمية
Embedment depth (D)	عمق الطمر
Empirical	تجريبي
Equilibrium	اتزان
Equivalent distortion modulus ( $E_d$ )	معامل التشوه المكافئ
Equivalent net limit pressure ( $p^*_{Lc}$ )	الضغط النهائي الصافي المكافئ
Error	خطأ
Excavation	حفر
Excess	زائد

Expansive concrete	خرسانة تمددية
Exponent	القوة الجبرية (أس)
Extension	مد
Extrapolation	استكمال

## F

Factor of safety (F)	معامل الأمان
Failure	انهيار
Falling weight deflectometer	مقياس الانحراف للأوزان الساقطة
Fill	ردم
Fine grained soil	تربة ناعمة الحبيبات
Finite difference method	طريقة الفوارق المحددة
Finite element method	طريقة العناصر المحددة
Firm	قاس
First load modulus ( $E_0$ )	معامل الحمل الأولي
Fissured clay	طين متشقق
Flexible	مرن
Flow	جريان
Footing	قاعدة
Foundation	قاعدة
Fractured	متصدع
Frequency	تكرار

Friction angle of cohesionless soil	زاوية الاحتكاك للتربة غير المتماسكة
Frontal reaction	مقاومة أمامية
Function	دالة

## G

Gibson-Anderson method	طريقة جيبسون-أندرسن
Glacial clay	طين جليدي
Glacial fill	مخلفات جليدية
Graduated	مدرج
Granular soil	تربة حبيبية
Gravel	حصى
Gravity walls	حوائط ثقيلة
Ground anchors	مثبتات أرضية
Ground line	سطح الأرض
Grouted anchor	مثبت محقون
Grouted pile	خازوق محقون
Guardrails	خطوط التحرز

## H

Hammer	مطرقة
Hard clay	طين قاس
Hartman-Tranter correction factor ( $I_0$ )	معامل تصحيح هارتمان-ترانتر

Hertz (HZ)	دورة في الثانية
Heterogeneous	متباين ، غير متجانس
Highway	طريق سريع
Homogeneous	متجانس
Hoop stain	انفعال حقيقي
Hughes-Worth-Windle method	طريقة هوجز-روث-وندل
Hydraulic head	ضغط هيدروليكي
Hydrostatic pore water pressure ( $u_0$ )	ضغط الماء الهيدروستاتيكي
Hyperbolic model	نموذج زائدي المقطع
Identification	تعريف
In situ tests	اختبارات حقلية
Inclined load	حمل مائل
Increments	زيادات
Infinite	لانهايي
Inflation	نفخ
Initial pressure ( $P_i$ )	ضغط ابتدائي
Initial tangent modulus ( $E_t$ )	معامل المماس الابتدائي
Injected piles	خوازيق محقونة
Instrumented pile	خازوق مصنع
Interbedded	متعاقبة

Interpolate	يستكمل
Intersection	تقاطع
Isotropic	موحد الخواص
Iteration	تكرارية

## J

Jack	رافعة
Janbu, Bjerrum and Kjaernsli chart	الرسم البياني لجانبو، بجيرم، كجرنل

## K

kPa	كيلو باسكال
-----	-------------

## L

Lateral	جانبى
Leak	تسرب
Limestone	حجر جيرى
Limit pressure (PL)	ضغط نهائى
Limitation	قصور
Linear elasticity	مرونة خطية
Linear interpolation	استكمال خطى
Liquefaction	تميع
Loam	تربة رملية طينية

Loop	حلقة
Loose	مفكك

## M

Major principal stress	الإجهاد الرأسي الأكبر
Marl	طين جيرى
Mat	حصيرة (لبشة)
Maximum	أكبر
Mean	متوسط
Mean normal strain ( $\epsilon_{\theta\theta}$ )	متوسط الانفعال العمودي
Medium clay	طين متوسط
Membrane	غشاء
Menard's rules	قوانين مينارد
Menard's shape factors	معاملات الشكل لمينارد
Methodology	منهجية
Meyerhof reduction coefficients	معاملات ميرهوف للتقليل
Miniature flowmeter	مقياس تدفق صغير جدا
Minimum	أصغر
Minor principal stress	الإجهاد الرأسي الأصغر
Model	نموذج
Modulus	معامل
Modulus of deformation	معامل التشوه

Modulus of subgrade reaction (K)	معامل ضغط التماس
Mohr-Coulomb criterion	خاصية مور-كولومب
Moment of inertia (I)	عزم القصور الذاتي
Monocell	أحادي الخلية
Monotonic	متماثل
Monotonic loading	تحميل متماثل
Mortor	مونة
Mud	طين
Multilayer system	طبقات متعددة
Net footing pressure (q)	ضغط القاعدة الصافي
Net limit pressure ( $P^*_L$ )	الضغط النهائي الصافي
Nominal volume	حجم اسمي
Nonhomogeneity	غير متجانس
Nonlinear	غير خطي
Normal strain	انفعال عمودي
Normalized	معيّر ، مصحح
Normally consolidated	عادية الاندماج
Oedometer test	تجربة الأدميتر (الاندماج)

Offset	يتلاشى
Offshore piles	خوازيق ساحلية
Onshore piles	خوازيق مغمورة
Orthotropic	متباين الخواص في الاتجاهات المتعامدة
Overconsolidated	زائدة (عالية) الاندماج
Over-consolidation ratio	نسبة زيادة الاندماج
Overestimate	مبالغة في التقدير
Overlay	طبقة إضافية
Overturning	انقلاب
Overturning moment	عزم الانقلاب

P

Parameter	متغير
Passive earth pressure	ضغط التربة السلبي (غير الفعال)
Passive pressure	ضغط مقاوم
Passive resistance	مقاومة سلبية
Pavement	رصف
Pavement surface	طبقة الرصف السطحية
Peak	قمة (قيمة علوية)
Peak friction angle ( $\theta'$ )	زاوية الاحتكاك القصوى
Peak undrained shear strength	القيمة القصوى لمقاومة القص غير المصرفة
Peat	تربة عضوية

Peck and Bazaraa method	طريقة بك وبزارا
Pendulum	بندول
Permafrost	تربة متجمدة
Pier	دعامة
Pile group	مجموعة خوازيق
Pile transfer length ( $l_o$ )	طول الخازوق المنقول
Pile ultimate point pressure ( $q_L$ )	الضغط الطرفي الأقصى لخازوق
Piston	مكبس
Piston-Pump	مضخة مكبس
Plane	طائرة
Plane strain	انفعال في اتجاهين
Plastic	لدن
Plate test	اختبار اللوح
Plot	رسم بياني
Point capacity	قدرة طرفية
Point ultimate resistance ( $\theta_p$ )	المقاومة القصوى الطرفية
Poisson's ratio ( $\nu$ )	نسبة بويسون
Pore pressure	ضغط مسامي
Porous stone	حجر مسامي
Power law model	نموذج قانون القوة
Prebored	مسبق الحفر

Preboring pressuremeter test (PBPMT)	مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر
Preconsolidation pressure ( $P_c$ )	ضغط الاندماج المسبق
Pressure cell	وحدة مقياس الضغط
Pressure gauge	مؤشر ضغط
Pressure transducer	مجس ضغط
Pressuremeter (PMT)	مقياس الضغط
Pressuremeter bearing capacity factor (K)	معامل قدرة التحمل لمقياس الضغط
Prestressed	مسبق الإجهاد
Principal stress	إجهاد رئيسي
Probability	احتمال
Probe	أنبوب أسطواناني
Profile	قطاع
Prototype	نموذج
Punching failure	انهيار ثقب
Pushed cone pressuremeter test (PCPMT)	مقياس الضغط المخروطي المدفوع
Pushed shelby tube pressuremeter test (PSPMT)	مقياس ضغط أنبوب شيلبي المدفوع

R

Radial displacement	إزاحة نصف قطرية
Radial distance	مسافة نصف قطرية
Radial stress ( $\sigma_r$ )	إجهاد نصف قطري
Raft	حصيرة ، لبشة

Range	مجال ، مدى
Rare load	الأحمال العرضية (الطارئة)
Rate	معدل
Raw data	بيانات أولية
Recompression	إعادة الانضغاط
Reference time	وقت مرجعي
Regression analysis	تحليل التراجع
Reinforced concrete	خرسانة مسلحة
Reinforced earth walls	حوائط أرضية مسلحة
Relaxation	استرخاء
Reload modulus ( $E_R$ )	معامل إعادة التحميل
Remoulded	مخلخلة
Residual undrained shear strength	قوة القص غير المصرفة المتبقية
Resilient modulus	معامل الرجوعية
Resistance	مقاومة
Resultant	محصلة
Retaining walls	حوائط استنادية
Rheological factor ( $\alpha$ )	معامل الانسيابية
Rigid	صلب
Rock	صخر
Rod shear test	اختبار قص القضيب

Rotary drilling	حفر دوراني
Rubber membrane	غشاء مطاطي
Runway	مدرج
Rutting	تحدد

## S

Saturation	تشبع بالماء
Scatter	تبعثر
Screw jack	لولب الضبط
Secant modulus	المعامل القصي
Selfboring pressuremeter test (SBPMT)	مقياس ضغط ذاتي الحفر
Semi-empirical	شبة تجريبي
Shaft	عمود
Shale	صخر طيني صفحي
Shallow foundation	قواعد ضحلة
Shape factor	معامل الشكل
Shear modulus (G)	معامل القص
Sheet pile walls	حوائط الخوازيق اللوحية
Ship channel	قناة السفن
Sieve No. 200	منخل رقم ٢٠٠
Sign posts	أعمدة علامات الإرشاد
Silt	طمي

Simple shear test	اختبار القص البسيط
Simulating	يحاكي
Site	موقع
Skin friction	احتكاك سطحي
Sliding	انزلاق
Slope	ميل
Slotted	محدد
Slurry trench	خندق وحلي
Slurry trench walls	حوائط الخنادق الوحلة
Soft	رخو، لين
Soft layer	طبقة هشة
Soil friction angle ( $\phi$ )	زاوية الاحتكاك للتربة
Sphere	كرة
Spread footings	قواعد مستمرة
Spring constant	ثابت الزنبرك
SPT blow count	عدد الطرقات لاختبار الاختراق المعياري
Standard	قياسي
Standard deviation	الانحراف المعياري
Standard penetration test (SPT)	اختبار الاختراق المعياري
Static live load	حمل حي ثابت
Stiff	صلب

Stiffness	صلابة
Stone column	عمود حجري
Strain	انفعال
Strain tensor	متجه الانفعال
Stress	إجهاد
Stress tensor	متجه الإجهاد
Strip footing	قاعدة منفصلة
Subbase	طبقة تحت القاعدة
Subgrade	طبقة الأساس
Sustained loads	أحمال باقية
Symmetric	متشابه (متماثل)

T

Tangent	مماس
Tendon	قضيب فولاذي مسبق الإجهاد
Tensile strength ( $\sigma_t$ )	مقاومة الشد
Tension	شد
Thin layer	طبقة رقيقة
Tire imprint	بصمة الإطارات
Tire pressure	ضغط الإطارات
Tolerance	تفاوت مسموح به
Total horizontal stress at rest (PoH)	إجهاد أفقي كلي عند السكون

Transfer length	طول النقل
Trench	خندق
Tresca criterion	خاصية تريسكا
Trial and error	طريقة المحاولة والخطأ
Triaxial cell	وعاء الضغط ثلاثي المحور
Triaxial compression tests	اختبار الضغط ثلاثي المحور
Tricell	ثلاثي الخلية
Truck	شاحنة
Typical	نموذجي

## U

Ultimate bearing capacity ( $q_p$ )	قدرة التحمل القصوى
Ultimate bearing pressure	ضغط التحمل الأقصى
Ultimate friction load ( $\theta_s$ )	حمل الاحتكاك الأقصى
Ultimate load ( $Q_L$ )	الحمل الأقصى
Ultimate point pressure ( $q_L$ )	الضغط الطرفي الأقصى
Ultimate unit friction ( $f_L$ )	وحدة الاحتكاك القصوى
Unbound granular base	أساس جبسي غير متماسك
Unconfined compression test	اختبار الانضغاط غير المحصور
Unconsolidated	غير متصلب
Underestimate	قلة التقدير
Underpass	نفق

Undisturbed	غير مخلخلة
Undrained	غير مصرف ، محبوس
Undrained shear strength ( $S_u$ )	قوة القص المحبوسة
Undrained test	اختبار محبوس
Uniform	منتظم
Unique	مميز
Unit skin friction ( $q_s$ )	وحدة الاحتكاك السطحي
Unit weight	وحدة الوزن
Unload-reload cycle	دورة إنزال وإعادة التحميل
Uplift	رفع
<b>v</b>	
Varved clay	طين رقائقي
Vehicle	عربة
Vertical stress at rest ( $\sigma_{ov}$ )	الإجهاد الرأسي عند السكون
Vibrodriven	مدقوق بالاهتزاز
Virgin behavior	السلوك البكر
Viscoelastic material	مادة لزجة مرنة
Viscous	اللزوجة
Void ratio	نسبة الفراغ
Volume	حجم
Volumetric	حجمي

## W

Water content	محتوى الرطوبة
Weathered	متفتت
Weighted average	المتوسط الموزون
Well graded	جيد التدرج
Well rounded particles	حبيبات جيدة الاستدارة
Wet concrete	خرسانة رطبة
Wide foundation	قاعدة عريضة
Working loads	أحمال تشغيلية

## Y

Yield	خضوع
Young's modulus	معامل يونج

## Z

Zero volume	الحجم الصفري
Zeroing	تصفير

oboeikendi.com

## كشاف الموضوعات

### Subject Index

- أس دوري ١٩٢  
استكمال ٧٥  
إعداد ثقب الحفر ٢٤  
أعمدة حجرية ٣٠١  
أعمدة محفورة (خرسانة تمديدية) ٣٠٢  
أنبوب أحادي الخلية ٨١-٨٢  
أنبوب ثلاثي الخلية ٨١-٨٢  
اندماج ٤١  
إنزال الأنبوب الأسطواني ٣٥  
انفعال ٣٣، ٤٢، ٤٨، ٥١، ٦٨  
انفعال حلقي ٤٩  
أنواع أجهزة مقياس الضغط ١
- ت**  
تجارب ضغط ثلاثي المحور ١١١  
تجاوب دوري ٢٣٩  
تجربة اندماج ١٣٧
- ج**  
إجهاد ٤١، ٤٢، ٧٤، ٥٢  
إجهاد أفقي عند السكون ٦٥، ٦٦، ٧٥  
إجهاد حلقي ٦١  
إجهاد نصف قطري ٦١، ٧٠  
أجهزة مقياس الضغط المخروطي ١٢  
أجهزة مقياس الضغط ذاتي الحفر ٩  
أجهزة مقياس الضغط لطبقات الرصف ١٤  
أجهزة مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر ١٤  
أجهزة مقياس الضغط للصخور ١٢  
احتكاك أقصى للخازوق ١٥٤  
اختبار الاختراق المخروطي ٣١٣  
اختبار الاختراق المعياري ٨٥  
اختبار اللوح الديناميكي ٨٩  
اختزال البيانات ٦٣  
إزاحة ٥٥

تجربة مقياس ضغط ٣٥-٤٦

تجهيز جسة ٢٣

تحسين تربة ٣٠٣

تحميل دوري ٢٢٩

تحميل سريع ٢٣٦

تحميل طويل المدى ٢٣٦

تحميل ترب خندق ٢٤٥

تربه طينية زائدة الاندماج ٥٧

تسريات ١٧

تشيع ١٧

تشديد أعمدة محفورة ٣٠١

تصحيح بيانات أولية ٦٣

تصلب (شك) ٣٠٢

تصميم أعمدة حاجز وقائي ٢٤٧

تصميم حوائط استنادية ٢٥١-٢٥٦

تصميم طبقات رصف ٢٧٥-٢٨٥

تصميم مثبتات محقونة بالضغط ٢٦١-٢٧٣

تقنية إدخال ٢٧

تقنية جيسون وأندرسون ٨٤

تكرارية ٧٩

تجميع ٣٠٩

ح

حجم صفري ١٨، ٢٠، ٢٤

حفر عميقة جافة ٤٦

حقن ٢٦١-٢٦٣

حمل أمان ١٦٥

حمل زحف ١٦٥

حمل مائل ١٢٩

حوائط استنادية ٢٥١

خ

خاصية تريسكا ٦٠

خلخلة ٧٩

خوازيق محملة أفقياً ٢٠١-٢٠٨

خوازيق محملة عمودياً-إجهادات متبقية

١٩٧

خوازيق محملة عمودياً-تحميل دوري ١٨٩

خوازيق محملة عمودياً-حمل أقصى ١٥٤-

١٦٩

خوازيق محملة عمودياً-مجموعات خوازيق ١٩٩

خوازيق محملة عمودياً-منعول المعدل ١٨٣

خوازيق محملة عمودياً-هبوط ١٧٨-١٨٢

د

دقة ٧٩

دمك ٣٠٣

ج

جهاز تكسام ٨

جودة اختبار ٧٨

٩٠،٧٩،٢٨ ضغط نهائي

٦٢ ضغط نهائي فعال

٩٨،٧٢ ضغط هيدروستاتيكي

ط

٢٧٦ طبقات رصف

١٤٠ طبقة هشة

٢٧٠ طول ملتحم

٧٨،٧٦،٧٤،٣٧ طين

٢٤ طين حفر

٣٠٥ طين صفيحي

ع

٢٢٦،٢٠٣ عمق حرج

١٥٥ عمق مكافئ مظمور

١٨١ عناصر محدودة

ق

١٥٥ قاعدة بيانات مينارد

١٢٦ قاعدة مربعة

١٢٦ قاعدة مستمرة

١١٦ قدرة تحمل قصوى

٤٥ قطر ثقب

١٧٥ قطر مكافئ

٥٨ قواعد سطحية

ر

٧٠ رسم منحنى مقياس الضغط

١٠٠،٧٧،٧٦،٧٤،٣٧ رمل

ز

١٠٠ زاوية الاحتكاك للتربة

٤١،٣٣ زحف

س

٢٣٥ سلوك أقصى

ص

١٦١،٧٤ صخر

٣٠٥ صخور

ض

٩٤،٧٩،٢٨ ضغط ابتدائي

١٠٠ ضغط أقصى فعال عند السكون

١٤١ ضغط آمن

١٠٥ ضغط اندماج مسبق

١٠٥ ضغط تصلب مسبق

٧٤ ضغط خضوع

٦٢ ضغط خضوع فعال

١٥٤ ضغط طرفي أقصى للخازوق

١٠١،١٠٠ ضغط ماء مسامي

معامل رجوعية ٢٩٦	قواعد سطحية الهبوط ١٣٣-١٤٧
معامل زنبرك أفقي ٢٣٨	قواعد سطحية قدرة التحمل ١١٦-١٢٤
معامل ضغط تربة عند السكون ٦٥	
معامل ضغط تربة نشط ٦٢	
معامل طبقة تأسيس لخوازيق طويلة ومرنة	
٢١٠	
معامل طبقة تأسيس لخوازيق قصيرة ٢١٧	
صلبة ٢١٧	
معامل قص ٨٥، ٩٧	
معامل مقياس ضغط ٧٠	
معامل يونج ٧٤	
معاملات ، لمينارد ١٣٥	
معايرة جهاز ١٧	
معايرة مقاومة غشاء ٢٠	
مقارنة نتائج ١٠٥	
مقاومة شد ١٠٣	
مقاومة قص غير مصرفة ٩٠	
مقياس انحراف لأوزان ساقطة ١١١	
مقياس ضغط مينارد ٩، ٧	
منحني مقاومة احتكاك F-y منحني مقاومة	
٢٠٦-٢١٨	
أمامية Q-y ٢٠٦-٢١٨	
منحني مقياس ضغط ١٢، ٢٧	
منحني P-y ٢١٤-٢١٨	
	ل
	لبشة ١٤٠
	لدونة ٥٩
	لزوجة ١٨٤
	م
	متوسط إجهاد عمودي ٨٩
	مثبتات محقونة بالضغط ٢٦١
	مثبتات محقونة بالضغط بيانات معملية ٢٦٤
	مثبتات محقونة بالضغط تجارب حقلية ٢٩٨
	مثبتات محقونة بالضغط تقنيات إنشاء ٢٦١
	مثبتات محقونة بالضغط طبقات رصف ٢٧٥
	مرونة ٥٠
	مزايا ٣١١
	مساوي ٣١٣
	مستوى إجهاد ٨٩
	مستوى انفعال ٨٧
	معامل إعادة تحميل ٧٠
	معامل أمان ١٤٠
	معامل انسيابية ١٣٦
	معامل تصحيح ٥٧
	معامل تصلب شعاعي للتربة ١٠٣

ن

نسبة بوسون ٥٨

نسبة طول إلى قطر ٨٦

نفخ أنبوب أسطوانتي ٣٦،٣٥

O b e i k e n d i . c o m