

### تطبيقات أخرى

#### Other Applications

- تشييد عمود محفور • الأعمدة المحفورة مع الخرسانة
- التمديدية • مراقبة الدمك ومراقبة تحسين التربة • دراسات
- عنصر محدد • التصميم للصخور والطين الصفيحي
- الأعمدة الحجرية • التميع • المشكلات المتضمنة  $c'$  و  $\phi$

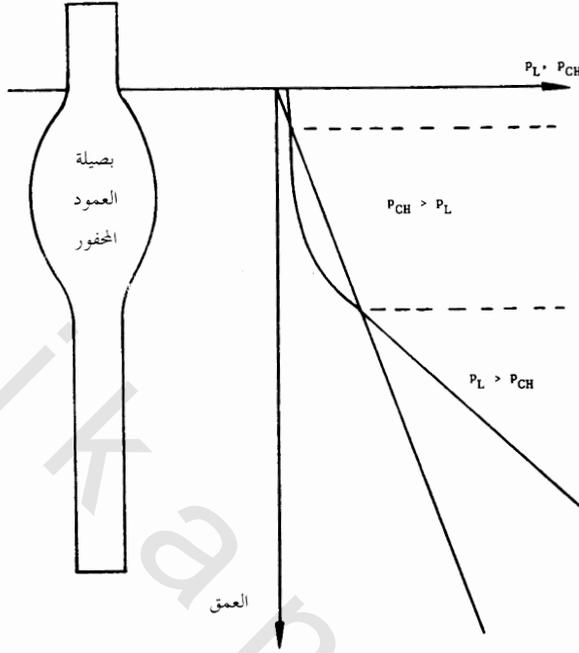
#### (١٥,١) تشييد عمود محفور DRILLED SHAFT CONSTRUCTION

تحدث الخرسانة الرطبة عند إنشاء عمود محفور ضغطاً أفقياً  $p_{CH}$  وذلك عند  
مقاس صفر على جدار الثقب المحفور والذي يساوي :

(٣٧٦)

$$p_{CH} = \gamma_c z$$

حيث إن  $\gamma_c$  هي وحدة الوزن للخرسانة الرطبة ، ويحتمل أن يكون هذا الضغط أكبر من  
الضغط النهائي لمقياس الضغط في التربة الضعيفة. وفي حالة  $p_{CH} > p_L$  فإن التربة ستعاني  
تحركات أفقية كبيرة وسيكون انتفاخ على شكل بصيلة كبيرة إلى عمق يصبح فيه  $p_{CH}$   
أصغر من  $p_L$ . تصبح عندئذ كمية الخرسانة المطلوبة أكبر من حجم الثقب المحفور،  
ويعرض شكل رقم (١٥٠) وضعاً لهذه المشكلة مع القطاع الجانبي للضغط مقابل  
العمق.



شكل رقم (١٥٠). ضغط الخرسانة لإجهاد التربة أكثر من اللازم.

### (١٥,٢) الأعمدة المحفورة مع الخرسانة التمددية

#### DRILLED SHAFTS WITH EXPANSIVE CONCRETE

يتناقص الإجهاد الأفقي في البداية عند إنشاء عمود محفور خلال عملية الحفر، ثم يتناقص خلال صب الخرسانة وبعد ذلك يتناقص عندما تنكمش الخرسانة وتتصلب. وكلما كان الإجهاد الأفقي أعلى كلما كانت قدرة الاحتكاك للعمود المحفور أعلى. تستخدم الخرسانة التمددية لمحاولة زيادة الإجهاد الأفقي. ويضمن ذلك تمدد الخرسانة بدلاً من انكماشها خلال فترة التصلب أو الشك. ولا يؤدي استخدام الخرسانة التمددية إلى الزيادة في القدرة (Sheikh et al., 1985; Sheikh and O'Neill, 1986).

يمثل تمدد العمود المحفور خلال تصلب الخرسانة تمدد مقياس الضغط. ولهذا السبب فمن المناسب استخدام مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر لتقدير الإجهاد

الأفقي الناتج عن تمدد الخرسانة، حيث ينفخ مقياس الضغط إلى مستوى معين من الانفعال يطابق المستوى المتوقع الذي يحدثه تمدد الخرسانة.

عند تشييد عمود محفور قطره ٥٠٨ ملم على سبيل المثال، وبإضافة مواد تمديدية فإن ذلك سيزيد من الحجم بنسبة ٥٪ خلال فترة التصلب (الشك). وهذا يعني أن قطر العمود المحفور سيكون بعد فترة التصلب ٥٢١ ملم. وعلى هذا يُنفخ مقياس الضغط أولاً إلى ضغط أفقي يساوي الضغط الهيدروستاتيكي الناتج عن الخرسانة الرطبة، وتوجد القراءة عند الوصول إلى حالة الاتزان. يزداد الضغط بعد ذلك إلى أن يصل الانفعال الحلقي إلى الانفعال الحلقي الذي أحدثه العمود المحفور. يساوي الانفعال الحلقي للعمود المحفور عند سطح التماس بين التربة والخرسانة  $(508 - 521) / 508 = 0.025$ ، أو ٢,٥٪. والانفعال الحلقي لمقياس الضغط هو  $R_c / \Delta R_c$ ، حيث إن  $R_c$  هو نصف قطر التجويف عندما يتساوى الضغط في مقياس الضغط والضغط الهيدروستاتيكي للخرسانة و  $\Delta R_c$  هي الزيادة في نصف قطر التجويف من تلك النقطة. يزداد الضغط بناء على ذلك في هذه الحالة حتى  $\Delta R_c = 0.025 R_c$ ، ويبقى حجم الأنبوب الأسطواني ثابتاً وتؤخذ قراءات الضغط مقابل الوقت، ويمثل ضغط الاتزان  $P_c$  عند هذه الظروف تقديراً للضغط الأفقي مقابل العمود المحفور.

يعتبر ذلك صحيحاً تحت العمق الحرج للعمود المحفور (البند ٦، ١١). أما قرب سطح الأرض فإن الضغط الناتج عن تمدد العمود المحفور يبدو أصغر من الضغط  $P_c$ ، وذلك بسبب ظاهرة العمق الحرج (البند ٦، ١١).

تعتمد الملاحظات السابقة على المبررات المنطقية وليس على الشواهد العملية.

### (١٥، ٣) مراقبة الدمك ومراقبة تحسين التربة

#### COMPACTION CONTROL AND SOIL IMPROVEMENT CONTROL

إن الغرض من تقنيات الدمك وتحسين التربة هو تحسين خصائص التربة. وتستخدم هذه التقنيات لتقليل مقدار الهبوط المتوقع لمنشأة، ردمية أو لطبقات الرصف، ويتم حساب الهبوط باستخدام معاملات، لذا فإن الطريقة المنطقية للتأكد

من التحسين هي التأكد من الزيادة في قيمة المعامل.  
 مقياس الضغط له تطبيقات أكيدة وواضحة في مراقبة الدمك وتحسين التربة  
 بسبب أن مقياس الضغط يقيّم معامل التربة.  
 يستخدم أنبوب أسطواني قصير لمراقبة دمك طبقات الرصف (على سبيل المثال  
 بنسل PENCELL من ROCTEST). وتعتبر طبقة التأسيس، الطبقة تحت الأساس أو  
 طبقة الأساس مدموكة كما يجب عندما تكون قيمة المعامل في موقع مساوياً أو أكبر  
 من القيمة المستخدمة في التصميم (انظر الفصل ١٤).  
 يستخدم أنبوب أسطواني ذو حجم اعتيادي لمراقبة تحسين التربة، ويعتبر  
 التحسين مرضياً إذا كان معمل مقياس الضغط مساوياً أو أعلى من المعامل الذي يؤدي  
 إلى الهبوط المسموح به للمنشأة (البند ٩، ١١).

#### (١٥، ٤) دراسات عنصر محدد FINITE ELEMENT STUDIES

يمكن استخدام نتائج اختبار مقياس الضغط، وذلك بالتداخل مع تحليل العنصر  
 المحدد. وغالباً ما يتم نمذجة التربة في هذه التحاليل FEM على أنها مادة غير خطية تتميز  
 بمعامل دالة في مستوى الانفعال والإجهاد. ويكتب نموذج تأثير الانفعال كالتالي:

$$E_{\theta} = E_0 \left( \frac{\theta}{Pa} \right)^n \quad (377)$$

حيث إن  $E_0$  هو معامل التماس الابتدائي لمتوسط الإجهاد العمودي المساوي للضغط  
 الجوي  $P_a$ ،  $E_{\theta}$  هو معامل التماس الابتدائي لمتوسط الإجهاد العمودي  $\theta$  الموجود في  
 التربة عند عمق مقياس الضغط و  $n$  هو الأس الذي يتم الحصول عليه من اختبار  
 مقياس الضغط، كما هو مشروح في البند ١٣، ٧. ويكتب نموذج تأثير الانفعال  
 كالتالي:

$$\frac{1}{E} = a + b\varepsilon \quad (378)$$

حيث إن  $a$  هو  $\frac{1}{E_\theta}$ ، و  $b$  و  $\varepsilon$  يتم الحصول عليهما من اختبار مقياس الضغط كما هو مشروح في البند ١٢، ٧.

يمكن استخدام برامج FEM متماثلة المحورين أو الانفعال في اتجاهين والتي تعتمد مدخلاتها على هذين النموذجين لتوقع التشوهات الناتجة من الأحمال والعكس.

### (١٥،٥) التصميم للصخور والطين الصفيحي DESIGN IN ROCK AND SHALE

يكون اختبار مقياس الضغط أحد الاختبارات الحقلية القليلة التي تختبر الصخور والطين الصفيحي في الموقع. طريقة الاختبار ومنهجية التصميم هي نفسها للتربة، وعلى هذا تطبق جميع الفصول السابقة، يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية: عند الإعداد للحفر باستخدام الحفار الدوّار، فمن المحتمل أن يكون ضرورياً استخدام القضبان  $N$  مثل القضبان  $A$  أو  $AW$  والتي معها لا يمكن التأكد غالباً من حفر ثقب مستقيم. وعندما تكون القضبان  $N$  ثقيلة فإنها تكون أقل مرونة ولا تسمح للقمّة الحفر من الالتواء بشكل كبير وبذلك نضمن ثقباً جيداً.

يبدل خلال الاختبار مجهود خاص لتقدير انضغاطية النظام بشكل مناسب (البند ٣،٣). ونلاحظ أنه لو كان الحجم المفقود في النظام أكثر من اللازم فإن معامل الصخر سيكون مبالغاً في تقديره وإذا اعتبر انخفاض العامل تحفظاً فإن التقدير المتحفظ لانضغاطية النظام يتوافق مع التقدير المنخفض للحجم المفقود في النظام.

تظهر أحياناً بعض الصعوبات خلال الاختبار، وذلك حينما تكون طبقات الصخر متعاقبة أفقياً مع طبقات طينية رخوة. ومن المحتمل في هذه الحالة أن ينجرف الثقب داخل الطبقات الرقيقة الرخوة. وعندما ينفخ الأنبوب الأسطواني فإنه سيكون محصوراً في الصخور ولكنه غير محصور في الطبقات الرخوة التي تتراوح سماكتها من ٥٠ ملم إلى ١٠٠ ملم. وربما ينفجر الأنبوب الأسطواني في المنطقة غير المحصورة. وإحدى الطرق المستخدمة لتخفيف هذه المشكلة هي استخدام مجموعة من الأدوات

لقياس الثقب قبل إنزال الأنبوب الأسطواني. وبعد دراسة السجل لقطر الثقب كدالة مع العمق يتم اختيار مواقع الاختبار للتأكد من أن الأنبوب الأسطواني بكامله داخل الصخر أو في الشقوق الرخوة.

يجب عند استخدام قوانين تصميم الخوازيق المدعومة بطبقات صخرية إعطاء أهمية خاصة للطبقات الصخرية المتعاقبة أفقياً مع الطبقات الطينية الرخوة. من الممكن في هذه الحالة أن يشير اختبار مقياس الضغط إلى أن الصخر قوي جداً إلا أن انضغاطية الطبقات الطينية الرخوة ربما تسبب في هبوط عمودي شديد تحت حمل المنشأة.

يمكن الحصول على قياس قوة الشد للصخور الصلبة بالطريقة المشروحة في البند ٤، ٨، كما يمكن استخدام هذه الطريقة لقياس قوة الشد للخرسانة.

### (١٥، ٦) الأعمدة الحجرية STONE COLUMNS

تستخدم الأعمدة الحجرية أحياناً كتقنية لتحسين التربة، وذلك بتقليل الهبوط لمنشأة أو لردمية فوق تربة طينية رخوة. تتكون الطريقة من عمل ثقب بقطر متر واحد تقريباً بطريقة النفث ثم يعبأ الثقب بالحصى. يتشوه العمود الحجري تحت تأثير الحمل، كما هو مبين في شكل رقم (١٥١). وفي هذه الحالة يوجد أيضاً تناظر مع مقياس الضغط (Hughes and Withers, 1974).

العمود عبارة عن عينة كبيرة من الحصى محملة بطريقة تشبه اختبار الثلاثي المحوري. وعلى هذا تكتب نسبة الإجهاد الرأسي الفعال  $\sigma'_1$  إلى الإجهاد الأفقي الفعال  $\sigma'_3$  عند الانهيار كالتالي:

$$\sigma'_1 = K\rho\sigma'_3 \quad (379)$$

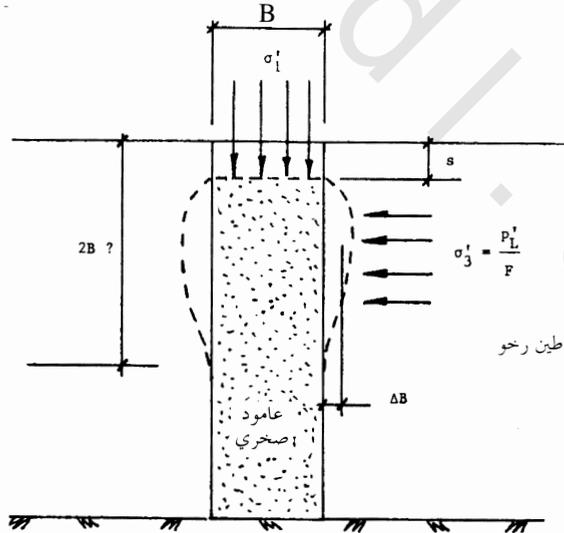
حيث إن  $K\rho$  هو معامل ضغط التربة غير النشط. يحدد الضغط الأفقي في  $\sigma_3$  هذا الاختبار الثلاثي المحوري الكبير بأعلى ضغط أفقي يمكن أن تقاومه التربة، وهو الإجهاد الفعال للضغط النهائي لمقياس الضغط  $p'_i$ . ويكتب  $\sigma'_1$  كالتالي:

$$(٣٨٠) \quad \sigma'_1 = K_\rho P'_L$$

يكتب الإجهاد الفعال للضغط النهائي  $P'_L$  كالتالي:

$$(٣٨١) \quad P'_L = p_L - u$$

حيث إن  $u$  هو ضغط الماء المسامي الناتج خلال اختبار مقياس الضغط عند الضغط النهائي  $p_L$ . يتطلب قياس ضغط الماء المسامي جهازاً على الأنبوب الأسطواني لمقياس الضغط. يمكن إجراء بدلاً من ذلك اختبار لمقياس الضغط واحتساب  $u$  كضغط هيدروستاتيكي. يستغرق اختبار مقياس الضغط هذا وقتاً أطول من الاختبار العادي، ويمكن استخدام الطريقة التالية في حالة عدم وجود طريقة لقياس الضغط المسامي لتقليل مدة الاختبار. ينفخ مقياس ضغط الماء بالمعدل العادي إلى الضغط النهائي، ثم يثبت الحجم ويسجل التناقص في الضغط مقابل الوقت. وبعد خمس دقائق تقريباً من التسجيل، يستكمل المنحنى للحصول على الضغط المصروف طويل الأجل  $p_L$ ، وبعد ذلك نحصل على  $p_L$  كالتالي:



شكل رقم (١٥١). تشوه عمود صخري.

$$(382) \quad p'_L = p_L - \gamma_w h$$

حيث إن  $h$  هي المسافة من نقطة اختبار مقياس الضغط إلى مستوى الماء و  $\gamma_w$  هي وحدة وزن الماء. ويمكن تقدير الضغط الأقصى  $p'_L$  والحمل الأقصى  $Q_u$  واللذين يمكن وضعهما على العمود الحجري، إذا كانت قيمة الحجم تقريباً ٣، كالتالي:

$$(383) \quad \sigma'_L = 3p'_L$$

$$(384) \quad Q_u = 3p'_L A$$

حيث إن  $p'_L$  هو الإجهاد الفعال للضغط النهائي طويل الأجل للتربة المراد تحسينها بالأعمدة الحجرية و  $A$  هي مساحة القطاع العرضي للعمود. ونلاحظ أن فائدة تأثير المجموعة ستتطور إذا كانت المسافات بين الأعمدة صغيرة جداً، وعليه تصبح المعادلتان ٣٨٤ و ٣٨٣ متحفظتين نوعاً ما.

يمكن أيضاً تقدير الهبوط باستخدام مقياس الضغط. فلو استخدم معامل الأمان ٢ للضغط الأفقي يمكن عند ذلك الحصول على الحركة الأفقية من منحني الضغط كالتالي:

$$(385) \quad \frac{\Delta B}{B} = \frac{\Delta R}{R_o}$$

حيث إن  $B$  و  $\Delta B$  هما القطر الابتدائي والزيادة في قطر العمود الحجري بينما  $R_o$  و  $\Delta R$  هما نصف القطر الابتدائي والزيادة في نصف قطر التجويف خلال الاختبار عند ضغط يناظر  $p_L$  مقسوماً على معامل الأمان المختار، ونلاحظ أنه يجب إجراء الاختبار ببطء شديد للوصول إلى الهبوط طويل الأجل. يمكن الحصول على الهبوط الرأسي بعد الحصول على  $\Delta B$  على النحو التالي. لقد تمت دراسة الحجم المتضمن في التشوه ذي الشكل البرميلي كما هو مبين في شكل رقم (١٥١) من قبل هيو جيس ووذرز (Hughes and Withers, 1974)، ويبدو أن ارتفاع الشكل البرميلي يساوي  $2B$ ، حيث إن  $B$  هو قطر العمود الحجري، وعلى هذا فإن الحجم الابتدائي للعمود الحجري والمتضمن في التشوه هو كالتالي:

$$(٣٨٦) \quad V_o = 2B \frac{\pi B^2}{4}$$

لو حدث وتغير حجم مقداره  $\Delta V$  في عمود حجري خلال التحميل فإن الحجم المتشوه لأسطوانة طولها  $2B$  هو:

$$(٣٨٧) \quad V = V_o + \Delta V$$

وهو أيضاً يساوي:

$$(٣٨٨) \quad V = (2B - S) \frac{\pi}{4} (B + \Delta B)^2$$

حيث إن  $S$  هو هبوط العمود الحجري و  $\Delta B$  هي الزيادة في قطره، وبذلك يكتب الهبوط  $S$  كالتالي:

$$(٣٨٩) \quad S = 2B \left( 1 - \frac{\left( 1 + \frac{\Delta v}{V_o} \right)}{\left( 1 + \frac{\Delta B}{B} \right)^2} \right)$$

يتم الحصول على المقدار  $\Delta B/B$  من المعادلة ٣٨٥ ومن اختبارات مقياس الضغط، بينما يتم الحصول على التغير النسبي في الحجم  $\Delta V/V_o$  من اختبار ثلاثي المحور لمادة العمود الحجري مع أخذ القياسات لتغير الحجم. قيمة  $\Delta V/V_o$  هي القيمة المناظرة للإجهاد الراسي  $\sigma'_1$  المسلط على العمود الحجري. ويؤدي إهمال هذه القيمة إلى هبوط أكبر في حالة تمدد العمود الحجري تحت تأثير الإجهاد  $\sigma'_1$ .

### (١٥,٧) التميع LIQUEFACTION

لا يتلاءم اختبار مقياس الضغط مع دراسات التميع. يعتبر اختبار مقياس الضغط اختبار قص، ومن هذا المبدأ فإن له تطبيقات في دراسات التميع لو أنه بالإمكان نفخ وتفريغ الأنبوب الأسطواني وفقاً لترددات الزلازل، على سبيل المثال ٥ هيرتز (دورة/ الثانية)، وهذا بحد ذاته صعب. لو أمكن عمل ذلك فإن إجهادات القص في التربة لا

تعكس خلال اختبار مقياس الضغط ، بينما تعكس خلال الزلزال. وهذا هو الاختلاف الرئيسي لمسار الإجهاد والذي يجعل اختبار مقياس الضغط لا يتناسب مع دراسات الزلازل.

إلا أنه بالإمكان استخدام مقياس الضغط ذاتي الحفر تحت دورات من الإجهاد في حدود صغيرة مقارنة للإجهاد المستقر، وهذا من الممكن أن يسبب انعكاس الإجهاد.

#### (١٥,٨) المشكلات المتضمنة $c'$ و $\phi'$ AND $c'$ PROBLEMS INVOLVING

لا يلائم مقياس الضغط في الوقت الحاضر حل المسائل مثل استقرار المنحدر طويل الأجل ومسائل ضغط التربة والتي تحتاج لمتغيرات قوة القص الفعالة  $c'$  و  $\phi'$  ، ولا يمكن بالفعل الحصول على قيم موثقة لهذين المتغيرين من اختبارات مقياس الضغط.