الفصل الثاني

الأنواع المختلفة من الأجهزة
Various Types of Equipment

- أجهزة مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر
- أجهزة مقياس الضغط ذاتي الحفر • أجهزة مقياس الضغط المخروطي • أجهزة مقياس الضغط للصخور
- أجهزة مقياس الضغط لطبقات الرصف • شراء جهاز مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر

(٢,١) أجهزة مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر
PREBORING PRESSUREMETERS (PBPMT)

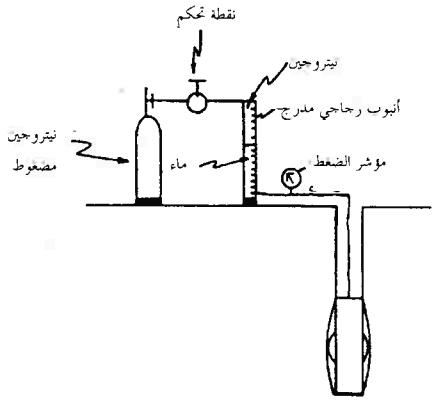
توجد حالياً في الأسواق أربعة أنواع رئيسة من أجهزة مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر. يحتوي النوع الأول (مقياس ضغط مينارد) على أنبوب أسطواني مقسم إلى ثلاث خلايا : خلية قياس وخليتي حماية (شكل رقم ٣). إن الغرض من خليتي الحماية هو عزل تمدد خلية القياس من تأثير الأطراف عند نفخهما بالغاز، بينما يتم نفخ خلية القياس بالماء. وتقوم الشرائح المعدنية المتراكبة على الغشاء المطاطي بحمايتها من الثقب. علماً بأن مصدر الضغط هو أسطوانة النيتروجين المضغوط. تشير مقاييس الضغط إلى الزيادة في حجم خلية القياس. ويعتبر مقياس ضغط مينارد من Bonne Esperance مقياس ضغط لثقوب مسبقة الحفر.

أما النوع الثاني (جهاز أويو) فإنه مطابق للنوع الأول ماعدا الأنبوب الأسطواني ؛ حيث إنه مصنوع من خلية واحدة طويلة (شكل رقم ٤) لضمان إمكانية إهمال تأثير الأطراف .ويعتبر جهاز اختبار الحمل الجانبي من أويو Oyo مقياس ضغط لثقوب مسبقة الحفر.

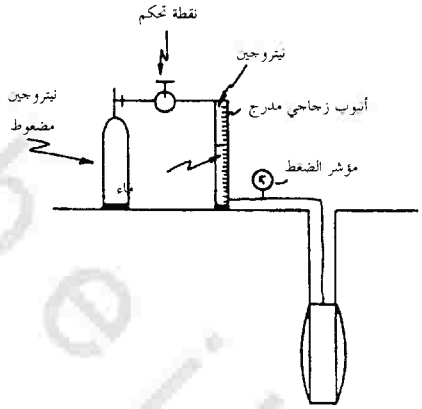
والنوع الثالث (جهاز تكسام) مطابق للنوع الأول ماعدا الأنبوب الأسطواني ؛ حيث إنه مصنوع من خلية واحدة طويلة (شكل رقم ٥) لضمان إمكانية إهمال تأثير الأطراف. ويتم نفخ الأنبوب الأسطواني بالماء ومصدر الضغط هو من لولب الضبط ، حيث إنه يحرك المكبس ويجبر الماء على الدخول إلى الأنبوب الأسطواني. ويتم قياس الزيادة في حجم الأنبوب الأسطواني بقياس مقدار تحرك المكبس بمؤشر القياس أو من خلال تسجيل عدد دورات لولب الضبط ، أما الضغط فإنه يؤخذ من مؤشرات الضغط. ويعتبر جهاز تكسام من ركتست مقياس ضغط لثقوب مسبقة الحفر. ويتلاءم هذا الجهاز مع الأنبوب الأسطواني ذاتي الحفر مثل Boremac.

يحتوي النوع الرابع على أنبوب أسطواني مكون من خلية واحدة فقط طويلة لضمان إمكانية إهمال تأثير الأطراف. ويتم نفخ الأنبوب الأسطواني بالغاز ، حيث إن مصدر الضغط هو مكبس أنبوب النيتروجين المضغوط. ويقاس التزايد في نصف قطر الأنبوب الأسطواني بأذرع كابولية من مقياس الانفعال والتي تتبع تمدد الغشاء من الداخل. ويشار إلى الضغط بمقاييس الضغط. ومن أمثلة هذا النوع جهاز Tri-Mod من Roctest الذي يعتبر مقياس ضغط لثقوب مسبقة الحفر.

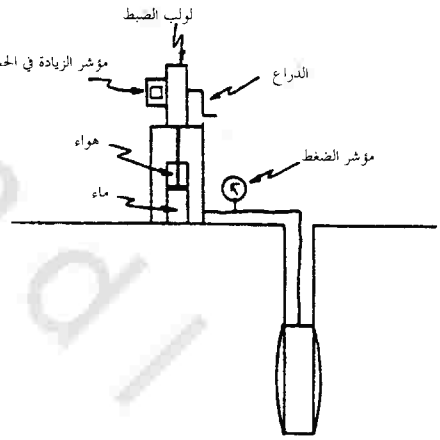
ويبين شكل رقم (٦) النتيجة النموذجية من اختبار مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر. نجد في هذا الشكل أن المسافة من النقطة A إلى النقطة B هي مقدار انتفاخ الأنبوب الأسطواني إلى أن يلامس جدار الثقب ، و هناك سلوك خطي للمرحلة من النقطة B إلى النقطة C . أما بعد النقطة C فإن التربة خاضعة تدريجياً لضغط محدود.



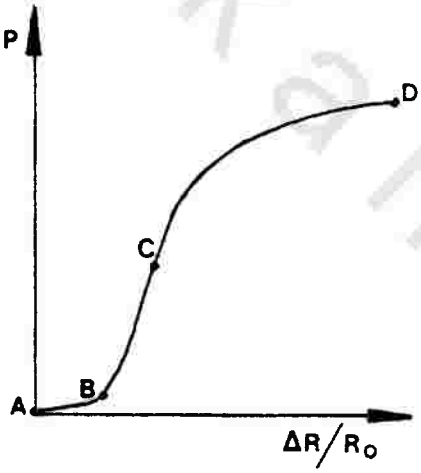
شكل رقم (٣). مقياس ضغط مينارد GC



شكل رقم (٤). جهاز اختبار أويو Oyo للحمل الجانبي.



شكل رقم (٥). مقياس ضغط تكسام للثقوب مسبقة الحفر من روكتست.



شكل رقم (٦). منحنى مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر.

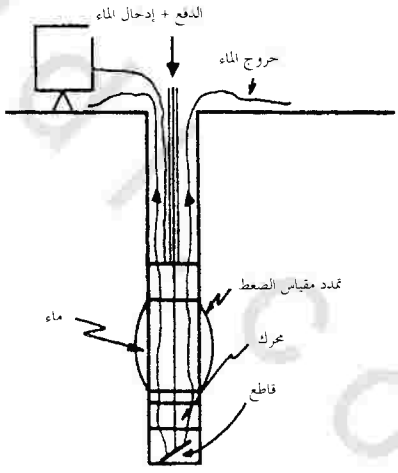
(٢,٢) أجهزة مقياس الضغط ذاتي الحفر

SELFBORING PRESSUREMETERS (SBPMT)

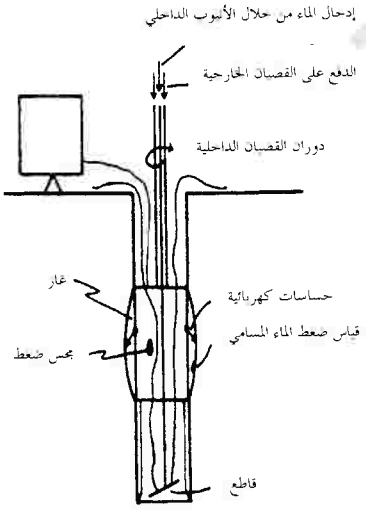
توجد منها حاليا في الأسواق ثلاثة أنواع أساسية. في النوع الأول يزود القاطع بالطاقة عن طريق محرك صغير موجود داخل الأنبوب الأسطواني (شكل رقم ٧) المصنوع من خلية واحدة ويتم نفخها بالماء. أما مصدر الضغط فهو لولب الضبط. حيث

إنه يحرك المكبس ويجبر الماء على الدخول إلى الأنبوب الأسطواني. وتقاس الزيادة في الحجم بواسطة مقياس تدفق صغير جداً . أما الضغط فإنه يؤخذ من مؤشرات الضغط. ويعتبر جهاز PAF 76 من Laboratoire des Ponts et Chaussees (LPC) (شكل رقم ٧) مقياس ضغط ذا الحفر الذاتي.

يزود القاطع في النوع الثاني بالطاقة من الأعلى عن طريق مجموعة من قضبان الحفر (شكل رقم ٨)، ويصنع الأنبوب الأسطواني من خلية واحدة، ويتم نفخها بالغاز أما الزيادة في نصف قطر الأنبوب الأسطواني فيقاس عن طريق ثلاث حساسات كهربائية تقع عند منتصف ارتفاع الأنبوب الأسطواني. ويقاس الضغط عن طريق مجسات الضغط ومؤشرات الضغط. أما ضغوط الماء المسامية فتقاس بواسطة محولات طاقة الضغط المسامي الملتصق بالغشاء المطاطي. ويعتبر جهاز Camkometer من Cambridge In Situ مثالاً لهذا النوع.



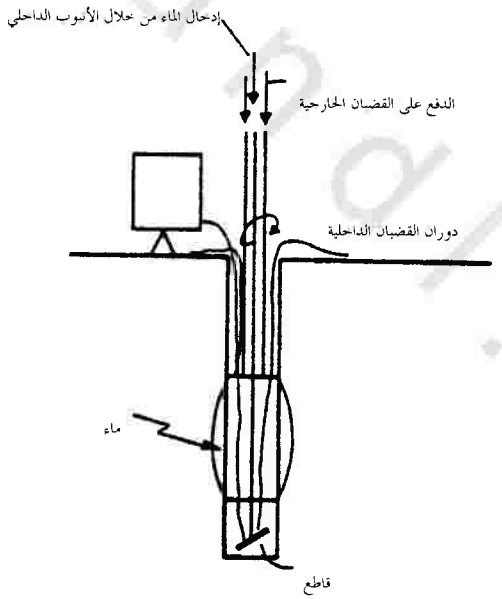
شكل رقم (٧). مقياس ضغط ذاتي الحفر – من نوع باف ٧٦.



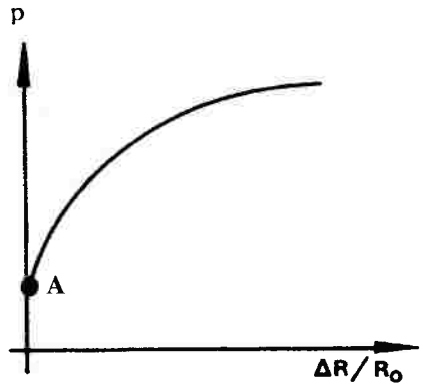
شكل رقم (٨). مقياس ضغط ذاتي الحفر – من نوع كامكوميتر.

يزود القاطع في النوع الثالث بالطاقة من الأعلى عن طريق مجموعة من قضبان الحفر (شكل رقم ٩)، ويصنع الأنبوب الأسطواني من خلية واحدة ويتم نفخها بالماء. أما مصدر الضغط فهو لولب الضبط الذي يدفع المكبس. وتقاس الزيادة في الحجم عن طريق قياس إزاحة المكبس. ويقرأ الضغط من مؤشرات الضغط. ويعتبر جهاز الحفر الذاتي الاختياري من جهاز تكسام والمسمى بوريماك مثالاً لهذا النوع.

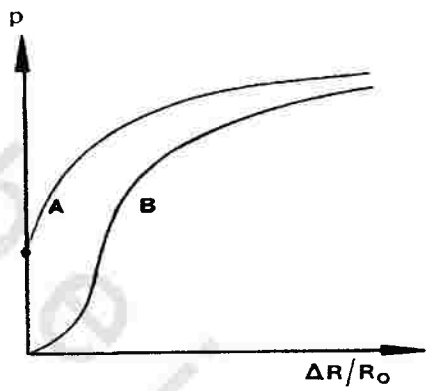
ويبين شكل رقم (١٠) النتيجة النموذجية لتجربة مقياس ضغط ذي الحفر الذاتي ؛ حيث إن الضغط عند النقطة A هو الضغط المقارب للإجهاد الأفقي عند السكون، ثم تخضع التربة خلال انتفاخ الأنبوب الأسطواني حتى تصل إلى الضغط النهائي.



شكل رقم (٩). مقياس تكسام ذو الحفر الذاتي – من صنع روكتست.



شكل رقم (١٠). منحنى مقياس الضغط ذاتي الحفر.



شكل رقم (١١). منحنى مقياس الضغط المخروطي.

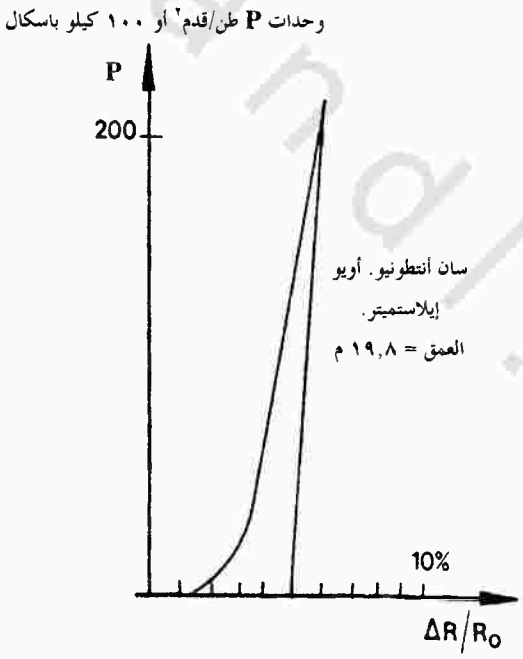
(٢,٣) أجهزة مقياس الضغط المخروطي CONE PRESSUREMETERS (CPMT)

تم تطوير عدة أنواع من أجهزة مقياس الضغط المخروطي بحيث يتم إدخال الأنبوب الأسطواني في التربة إما بالدفع أو الدق. وتكمن الفكرة في دمج مميزات تجربة مقياس الاختراق المخروطي (CPT) وتجربة مقياس الضغط. وتسجل القطاعات الرأسية ل CPT خلال الاختراق وينفخ مقياس الضغط عند توقف الاختراق . ويكون معدل الدفع مساوياً لمعدل الاختراق في تجربة مقياس الاختراق المخروطي (٢٠ ملم/ثانية). أما الدق فيتم بواسطة إسقاط وزن من ارتفاع معين على السندان . ويبين شكل رقم (١١) منحنيين نموذجيين من تجارب مقياس الضغط المخروطي. ويتم الحصول غالباً على المنحنى A عندما يكون قطر الأنبوب الأسطواني في منطقة مقياس الضغط أكبر من قطر المخروط ، أما المنحنى B فيتم الحصول عليه إذا كان العكس صحيحاً.

(٢,٤) أجهزة مقياس الضغط للصخور ROCK PRESSUREMETERS

يمكن اختبار الصخر بأجهزة مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر والذي شرح في البند ٢,١ حيث يمكن أن يصل الضغط إلى ١٠ ميجا باسكال على جدار الثقب. ومع

أن هذا الضغط غير كاف لإخضاع الصخر، إلا أنه كاف للحصول على ميل الجزء الخطي من المنحنى وبه يمكن حساب معامل التشوه للصخر الذي يستخدم في حالات معينة لنظام الانضغاطية (بند ٧,٩ و ٥, ١٥). صُمم جهاز ايلاستميتر الثاني (من أويو) للوصول إلى ضغط ٢٠ ميجا باسكال . كما صُمم جهاز ديلاتميتر لثقوب الضغط العالي (من كامبردج إن سيتو) أيضاً للوصول إلى ضغوط تصل إلى ٢٠ ميجا باسكال. وربما تكون هذه الضغوط كافية لحث بعض الصخور الطينية الصفيحية للخضوع والوصول إلى الضغط النهائي، ولكن ليست للصخور الصلدة. ويمكن لجهاز ديلاتميتر الجسات (Probex-1) تطبيق الضغوط إلى ٣٠ ميجا باسكال. يبين شكل رقم (١٢) النتيجة النموذجية لتجربة مقياس الضغط في الصخور.



شكل رقم (١٢). اختبار مقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر في الصخور.

(٢,٥) أجهزة مقياس الضغط لطبقات الرصف PAVEMENT PRESSUREMETER

يمكن اختبار طبقات الرصف بمقاييس الضغط (الفصل ١٤). حيث طوّر مقياس الضغط Pencell (من ركتست) خصيصاً لاختبار طبقات الرصف، حيث إن طول الجزء المنفوخ من الأنبوب الأسطواني قصير لاختبار طبقات الرصف الرقيقة كل على حدة، وكذلك قطر الأنبوب الأسطواني صغير للتقليل من قطر الثقب المعد في طبقة الرصف. يستخدم مقياس الضغط هذا في الثقوب مسبقة الحفر.

(٢,٦) شراء جهاز مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر

PURCHASING A PREBORING PRESSUREMETER

تتكون المعدات الأساسية من الأنبوب الأسطواني والتجهيزات الأنبوبية ووحدة التحكم للضغط/الحجم. يوصى بشراء اثنين من كل من الأنبوب الأسطواني والتجهيزات الأنبوبية عندما تكون هذه المجموعة غير مكلفة (١٠٠٠ دولار تقريباً) حيث يمكن تبديل الأنبوب الأسطواني سريعاً في الموقع إذا تلف الآخر، أما طول التجهيزات الأنبوبية فيعتمد على عمق التجربة وعادة ما يكون طول ٥٠ متراً كافياً. هناك عدة أقطار مختلفة للأنبوب الأسطواني، ولكن يوصى بالمقاس N (٧٤ ملم). ومن الصعب ثقب جسات حفر جيدة للأنابيب الأسطوانية ذات الأقطار الصغيرة. وعادة ما يكون الموصل بين الأنبوب الأسطواني وقضبان الحفر من نوع AW أنثى .

يجب شراء أنبوب معياره محكم، بحيث يمكن للأنبوب الأسطواني الانزلاق داخله. ويجب أن يكون القطر الداخلي لذلك الأنبوب الحديدي ذي الجدار السميك مساوياً ١,٠٠٥ مرة للقطر الخارجي للأنبوب الأسطواني، وأن يكون طويلاً بحيث يغطي كامل الطول للأنبوب الأسطواني .ويجب الحصول على أنبوب المعايرة من المصنع، كما يجب أن يكون سميكاً لتحمل أقصى معدل للضغط بدون تشوه يذكر.

من الضروري وجود اثني عشر درعاً إضافية للأنبوب الأسطواني. ويعتبر وجود حفار أو مثقاب يدوي ذي مقياس مناسب وسيلة ناجحة لإجراء اختبارات مقياس الضغط في المواقع التي يصعب الوصول إليها لاختبارات القواعد الضحلة، وكذلك من الضروري توافر طقم من قطع الغيار وتوابعه لتغيير الغلاف. ولا توجد أي أجزاء رئيسية أخرى للبدء في أجراء التجارب. وتبلغ التكلفة النموذجية للأجزاء الرئيسية الموضحة آنفاً ما بين ١٠,٠٠٠ و٢٠,٠٠٠ دولار حسب المجموعة للجهاز (١٩٩١م).

يجب أن يؤخذ في الاعتبار قوة التربة التي تُجرى بها التجارب بجانب الاعتبارات السابقة. وتتناسب مقاييس الضغط المشروحة في البند ٢,١ لاختبارات التربة، أما الصخور والثقوب العميقة الجافة والتربة الطينية اللينة جداً والتربة الرملية المفككة جداً فتتطلب أخذ اعتبارات خاصة.