

تجهيز ثقب الحفر

Preparing the Borehole

- متطلبات عامة • الحفر الدوراني مع الحقن الرأسي بطين
- الحفر المعد مسبقاً • تأثير تقنية الإدخال على النتائج

(١, ٤) متطلبات عامة GENERAL REQUIREMENTS

إن أهم خطوة للحصول على اختبار مقبول لمقياس الضغط هو تجهيز ثقب حفر جيدة ، حيث إن هناك شرطين متطلبان للحصول على هذه الثقوب وهما :

- ١- أن يكون قطر ثقب الحفر في الحدود المسموح بها .
- ٢- أن يكون الجهاز والطريقة المستخدمة لتحضير ثقب الحفر أقل إزعاجاً لكل من التربة وجدار ثقب الحفر.

فإذا كان قطر جهاز الحفر D_1 وقطر الأنبوب الأسطواني المفرغ D_2 والقطر الابتدائي لثقب الحفر D_3 فإن تفاوت الأقطار المسموح بها يكون كالتالي :

$$(١) \quad D_2 \leq D_1 \leq 1.03 D_2$$

$$(٢) \quad 1.03 D_2 \leq D_3 \leq 1.20 D_2$$

يساعد وجود تلك التفاوتات المسموح بها على التأكد من أن قطر ثقب الحفر لن يكون أكبر أو أصغر من المفروض . فإذا كان قطر ثقب الحفر أصغر من المفروض ، فإنه من الصعب إدخال الأنبوب الأسطواني في الحفرة ، كما هو ملاحظ في المنحنى A

(شكل رقم ١٦) حيث إن الاستفادة من نتائج الاختبار تكون جزئية . أما إذا كان قطر ثقب الحفر أكبر من المفروض فإننا نحصل على المنحنى B (شكل رقم ١٦) وبهذا لا يمكن الوصول إلى الضغط الأقصى للتربة ؛ لأنه يجب نفخ الأنبوب الأسطواني إلى الحد الأقصى ، وهو ضعف حجم الأنبوب الأسطواني الصفري عند بداية الاختبار D_4 ، وبهذا يكون قطر الأسطوانة الأعظم عند الانتفاخ الكلي هو $1.41D_2$ ولن يتم الوصول إلى حد ضغط التربة. ويبين الجدول رقم (١) الجهاز والطرق المستخدمة لإعداد ثقب الحفر حسب التصنيف التالي :

١ : الاختيار الأول

٢ : الاختيار الثاني

لاي : لا يوصى به

غ م : غير مناسب للتطبيق

تم اختيار هذه الطرق لكل نوع من أنواع التربة من الخبرات الحقلية الواسعة ؛ حيث إن الهدف من هذه الطرق المقترحة هو تقليل تخلخل التربة وجدار ثقب الحفر قدر الإمكان. ونلاحظ من الجدول رقم (١) أنه يمكن استخدام الحفر الدوراني مع الحقن الرأسي بالطين المعد سابقاً في عدة حالات. وستناقش هذه الطريقة بالتفصيل في البند التالي.

(٢, ٤) الحفر الدوراني مع الحقن الرأسي بطين الحفر المعد سابقاً

ROTARY DRILLING WITH AXIAL INJECTION OF PREPARED DRILLING MUD

تعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق استعمالاً وشيوعاً (جدول رقم ١). وقد أعد شريط فيديو لشرح هذه الطريقة (Briaud, 1989). يوصى باتباع التالي لإعداد ثقب حفر مناسب لتجربة مقياس الضغط بهذه الطريقة. تستخدم لقمة حفر بثلاثة أجنحة للتربة الطينية والرملية الناعمة ، أما للتربة الحصوية فتستخدم لقمة حفر بمسننات دوارة. ويجب أن تسمح لقمة الحفر بالتفريغ الرأسي لطين الحفر بعكس اتجاه قاعدة ثقب الحفر. ويؤدي التفريغ الجانبي إلى الحصول على ثقب حفر رديئة الجودة وخاصة في التربة القابلة للتفتت.

جدول رقم (١). الطرق الإرشادية لاختيار طريقة إعداد ثقب الحفر.

التربة	النوع	حفر دوران مع تبريد	مستخرج العيانات المدفوع سلفي	حفر ثقب استطلاعي	مستخرج العيانات بعد ذلك	حفر ثقب استطلاعي وكشط في نفس الوقت	مقاب لولبي مستمر	مقاب يدوي في الحالة الجافة	مقاب يدوي مع تبريد سلفي للطين المدد	مستخرج العيانات المبروز أو الاهتزازي المبروز	الحفر بآداة قطع مجرولة	دق دوراني	أنبوب مشقوق مدفوع أو مبروز أو اهتزازي
ترب طينية	رغمر قاس إلى صلب	٢٢	٢٢	٢	٢	٢	لاي	لاي	١	لاي	لاي	لاي	لاي
ترب طينية	صلب	٢١	١	٢	١	١	٢١	١	١	لاي	لاي	لاي	لاي
ترب طينية	فوق الماء - تحت الماء -	٢١	٢٢	لاي	٢	٢٢	١	لاي	١	لاي	لاي	لاي	لاي
ترب رملية	مشكك فوق الماء - مشكك تحت الماء - متوسط إلى كثيف	٢١	لاي	لاي	لاي	٢	٢	٢	١	لاي	م غ	لاي	لاي
حصى ورملي أو رمل حصوي تحت الماء	مشكك	٢	م غ	م غ	م غ	م غ	م غ	م غ	م غ	لاي	م غ	٢	٢
صخر مفتت	كثيف	لاي	م غ	م غ	م غ	م غ	لاي	م غ	م غ	لاي	م غ	٢	١
		١	م غ	٢٢	م غ	م غ	١	م غ	م غ	١	٢	٢	لاي

١ - الحفار الأثري، ٢ - الحفار الثاني، لا ي - لا يوصى به، م غ - غير منطبق،
 ب - تطبيق الطريقة تحت ظروف معينة (راجع المثل للفاصل) ج - مسعوى سطح الماء د - في البداية يجب إجراء حفر ثقب استطلاعي

يجب أن يكون قطر قضيب الحفر صغيراً مقارنة بقطر لقمة الحفر؛ حتى يسمح بالتدفق الجيد لمخلفات الحفر إلى خارج الثقب (مثلاً للقضبان AW يكون قطر لقمة الحفر ٧٦,٢ ملم). ومن الضروري أن يكون قوام طين الحفر المعد سابقاً كثيفاً عند استخدامه للتربة الرملية والحصى والطيني والطين اللين. وغالباً ما تكون حركة المياه في التربة الطينية كافية لتكوين طين الحفر المناسب. أما أصعب الحالات فهي للرمل المفكك تحت منسوب المياه الجوفية؛ حيث من الضروري استخدام طين عالي الكثافة.

يجب أن يكون دوران لقمة الحفر بطيئاً جداً في كل الحالات (أقل من ٦٠ دورة/دقيقة) وكذلك يجب أن تكون حركة تدفق طين الحفر بطيئة جداً (بدون فقاعات أو تموجات كبيرة للطين الراجع للحفرة). وبسبب التدفق البطيء للطين، فإن بعض مخلفات الحفر لا تخرج مع طين الحفر بل تستقر أسفل الحفرة عند توقف تدفق الطين. ولهذا السبب يوصي بحفر متر واحد زيادة عن عمق الحفر للتجربة المراد عملها، وبهذا يسمح لمخلفات الحفر بالاستقرار أسفل الحفرة دون ملء الجزء المراد عمل التجربة عنده.

ويجب تحضير ثقب الحفر بإنزال لقمة الحفر مرة واحدة ثم تسحب مباشرة؛ ولا ينظف ثقب الحفر بدك لقمة الحفر للأسفل والأعلى أثناء حركة طين الحفر بسرعة عالية لكونه يؤدي إلى توسعة ثقب الحفر. باتباع هذه التعليمات الأساسية فإن معدل الاختراق يتغير من معدلات منخفضة جداً في التربة الطينية الصلبة (مثلاً ٠,٣ متر خلال عدة دقائق) إلى معدلات عالية في التربة الرملية النظيفة (مثلاً ٠,٣ متر خلال ١٠ ثوان). عند كل وقت يجب أن يحفر ثقب الحفر دائماً إلى العمق المراد إجراء الاختبار عنده. ويمكن إجراء سلسلة من التجارب؛ وذلك بحفر ثقب الحفر إلى عمق ثلاثة أمتار لإجراء التجربة عند عمق مترين (منتصف الأنبوب الأسطواني عند ذلك العمق) ثم يحفر ثقب الحفر إلى عمق ستة أمتار لإجراء التجربة عند عمق خمسة أمتار وهكذا. أما الطريقة التي تبدو أنها أكثر فعالية فتتكون من الحفر إلى أسفل ثقب الحفر، ثم تجرى

جميع التجارب في الحفرة وهذه الطريقة غالباً ما تؤدي إلى تجارب رديئة الجودة وتفقد فعاليتها في النهاية.

يختلف الحفر لثقب حفر مقياس الضغط ذي جودة عالية كما هو ملاحظ عن الحفر للحصول على عينات من التربة. يهتم مثلاً عامل الحفر بتقليل خلخلة التربة عند أسفل لقمة الحفر عند الحصول على العينات، أما في تجارب مقياس الضغط فالاهتمام يكون بتقليل خلخلة جدار ثقب الحفر فوق لقمة الحفر. ولذلك فيجب إعطاء طاقم الحفر فرصة كافية من الوقت لإعداد ثقب حفر عالية الجودة.

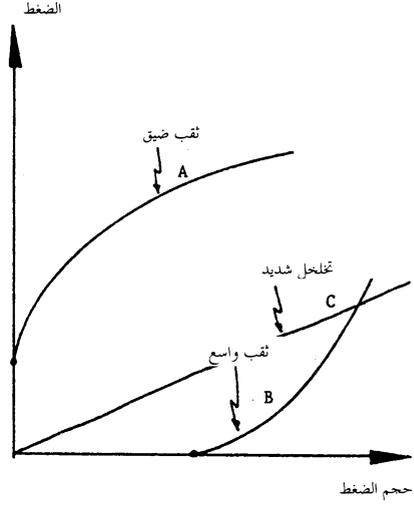
(٤,٣) تأثير تقنية الإدخال على النتائج

INFLUENCE OF THE INSERTION TECHNIQUE ON THE RESULTS

تؤثر تقنية إدخال الأنبوب الأسطواني في التربة على منحنى مقياس الضغط، فلو كان ثقب الحفر أصغر مما يجب واضطر إلى دفع الأنبوب الأسطواني فإننا نحصل على المنحنى A (شكل رقم ١٦)، وفي هذه الحالة فإن قيم المعاملات تتغير وبشكل كبير ولا يمكن استخدامها في التصميم-والذي يتطلب ثقب حفر غير مخلخلة-ولكن الضغط النهائي عادة لا يتأثر. أما إذا كان ثقب الحفر أكبر مما يجب، فإننا نحصل على المنحنى B (شكل رقم ١٦)، وفي هذه الحالة فلا يمكن الوصول إلى الضغط النهائي ولكن يمكن استخدام قيم المعاملات. أما إذا كان ثقب الحفر مخلخلاً جداً فإننا نحصل على المنحنى C (شكل رقم ١٦)، وفي هذه الحالة فإن هذا المنحنى يكون عديم الفائدة. يتأثر منحنى مقياس الضغط بدفع أو دق أنبوب مقياس الضغط المثبت في مكانه. ويستخدم أنبوب محدد لإنزال الأنبوب الأسطواني في التربة (شكل رقم ١٧). يؤمن في هذه الحالة الأنبوب الأسطواني داخل غلاف أنبوبي ذي جدار رقيق وذو تحديد رأسي يقلل مقاومة التمدد ومحكوم بشدة، ثم تدق مجموعة الأنبوب الأسطواني والأنبوب المخدد في التربة. تؤدي نتائج الاختبار بهذه الطريقة إلى تضخم معاملات مقياس الضغط وبالذات في التربة الرملية (Baguelin et al., 1978).



شكل رقم (١٧). الأنبوب المخدد مع الأنبوب الأسطواني.



شكل رقم (١٦). تأثير قطر ثقب الحفر على منحنيات مقياس الضغط.

ويمكن أن يكون مقياس الضغط المخروطي مدفوعاً أو مغروزاً في الموقع. وقد أجريت سلسلة من التجارب للمقارنة في أربعة مواقع -موقعين لترية طينية صلبة وموقعين لترية رملية متوسطة الكثافة- وذلك باستخدام مقياس الضغط المخروطي (المدفوع PCPMT والمغروز DCPMT) ومقياس الضغط للثقوب مسبقة الحفر (PBPMT) وكذلك مقياس الضغط ذاتي الحفر (SBPMT) (Briaud, 1988). تبين الجداول أرقام (٢، ٣، ٤ و ٥) بعد عدة تجارب كلاً من: الضغط النهائي p_L ، معامل الحمل الأولي E_o ، معامل إعادة التحميل E_R والضغط الابتدائي p_I ، والتي سنتعرض لها في الفصل السابع. ويتواجد الضغط p_I عند الإدخال وقبل النفخ لجميع مقاييس الضغط ماعداً مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر. يناظر الضغط p_I في تجربة PBPMT النقطة لأقصى انحناء عند بداية منحنى مقياس الضغط (الضغط p_{oh} في شكل رقم ١). وقد لخصت هذه البيانات في الجدول رقم (٦). بينت هذه الأعداد البسيطة من التجارب أن:

جدول رقم (٢). جامعة هوستن : تربة طينية.

E_r (kPa)				E_o (kPa)				p_i (kPa)				p_L (kPa)		العمق (r)	
SBPMT	PBPMT	DCPMT	PCPMT	SBPMT ^c	PBPMT	DCPMT ^c	PCPMT ^c	SBPMT ^c	PBPMT ^c	DCPMT ^c	PCPMT ^c	SBPMT ^b	PBPMT ^b	DCPMT ^b	PCPMT ^b
	٢٨٢٩.	١٦٩٠٠.	١٧٩٤٠.		٣٤٥٠.	١٠١٦٠.	٨٧٩٠.				١٢٤		٣٢٤	٢٨٢	٣٨٧
	١٥٢٤٠.				٥٧٤٠.								٣٣٤		
٢٢٦١٠.	١٨٩٠٠.			٩٧٦٠.	٤٤٧٠.			٨٩				٣٥٠.	٥٤٥		
	١٦٣٩٠.	١٥٤٩٠.	٣٠٣١٠.		٧٥٢٠.	٧٨١٠.	١٣١٤٠.				٢٢١		٣٨٦	٣٣٤	٦٠٦
	١٣٥١٠.				٥٤٣٠.								٥٥٣		
	٤٢٢٧٠.				٥٩٨٠.								٦٥٥		
	٤٢٨٧٠.		٦٧٣٦٠.		٧٨٣٠.		١٦٣١٠.				١٨٠.		٧١٠.		٩٦٠.

a : قيمة تقديرية $dR/R_0=1$: القرينة عند أقصى الحذاء c : معامل القص عند $1\% dR/R_0=1$

جدول رقم (٣). جامعة تكساس A&M : تربة طينية.

E_r (kPa)				E_o (kPa)				p_i (kPa)				p_L (kPa)		العمق (r)	
SBPMT	PBPMT	DCPMT	PCPMT	SBPMT ^c	PBPMT	DCPMT ^c	PCPMT ^c	SBPMT ^c	PBPMT ^c	DCPMT ^c	PCPMT ^c	SBPMT ^b	PBPMT ^b	DCPMT ^b	PCPMT ^b
	٥٨٤٠٠.	٣٧٥٠٠.			٧٥٢٠.	١٦٧٠٠.				٢٨	١٥٠.		٤٠٧	٦٠٠	١٠٢
٢٠٨٠٠.	١٤٩٠٠.			١٤٠٠٠.	٤١٥٠.			٦٢				٤٦٠.	٥٢٥		١٠٥
	١٤٤٤٠٠.	٣٦٩٠٠.			١٣٥٠٠.	٢١٦٠٠.				٢٨	٢١٩		٥٥٩	٧٥٧	١٠٨
	١٤٤٤٠٠.	٣٤٩٠٠.			١٤٢٠٠.	٢٠٢٠٠.				٣٣	١٤٦		٦٢٦	٩١٤	٢٠٤
٤٠٢٠٠.	٥٦٨٠٠.			٣٣٩٠٠.	١١٨٠٠.			٧٠.				٧٠٠.	٨٠٩		٣
١٢٢٥٠٠.	٣٧٩٠٠.			٦٠٢٠٠.	١٠٥٠٠.			٤٢١٨		٧٠.		١٠٥٠.	٧٥٠.		٣٠٤

a : معامل القص عند $1\% dR/R_0=1$: القرينة تقديرية، c : الحجم الصفري للأتربة الأسطوانية كبير جدا. ملاحظة : $m_1 = 3.28$ قدم و $m_2 = 1.04$ كيلو باسكال = 1.04 طن/قدم^2 .

جدول رقم (٤). جامعة هيوستن : تربة رملية.

E_s (kPa)				E_0 (kPa)				p_i (kPa)				p_L (kPa)				العمق (متر)
PBPMT	DCPMT	PCPMT	PBPMT*	DCPMT	PCPMT	PBPMT	DCPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT	PCPMT	PBPMT*	DCPMT	PCPMT	العمق (متر)	
٢١٩٤٠	٣١٨٧٠	٢٤٩٤٠	٤٩١٠	٨٤٣٠	٥٧٦٥٠	٢٥	٣٠	٠	٧٣٣	٥٣٣	٠	٢٩٥	٧٣٣	٥٣٣	٠,٦	
٤٦٢١٠	٢٥٩٣٠		٦٦١٠	٨٧٤٠		٤٠	٠		٤٩٦			٤٩٦	٦٩٥		٠,٨	
٢٧٢٧٠	٥٤٣٢٠	٢٨٦٨٠	٧١٥٠	٩١٩٦٠	٩٩٦٠	٣٥	١٠٠	٣٠	١٣٨٠	٨٠٠		٨٠٠	١٣٨٠	٨٠٠	١,٤	
٢٠٥٧٠			٤٠٣٠	٩١٩٨٣٠		٦٠			١٦٢٠			٧٠٠			٢,٣	
		١٧٠٢٠		٩٤٧٢٠				٦٠						٤٨٥	٢,٦	

يظهر كجزء من الخط المستقيم الذي يشبه PBPMT. ملاحظة: ١ = م = ٣,٢٨ قدم و ١٠٠ كيلو باسكال = ١,٠٤٤ طن/قدم^٢.

جدول رقم (٥). جامعة تكساس A&M : تربة رملية.

E_s (kPa)				E_0 (kPa)				p_i (kPa)				p_L (kPa)				العمق (متر)
PBPMT	DCPMT	PCPMT	PBPMT*	DCPMT	PCPMT	PBPMT	DCPMT	PCPMT	DCPMT	PBPMT	PCPMT	PBPMT*	DCPMT	PCPMT	العمق (متر)	
١٧٤٤٠٠	١٠٠١٠٠٠		١٨٥٩٠	٢٤٠٨٠		٢٠	٨٠		٧١٠	١٦٨٠		٧١٠	١٦٨٠		٢,٧	
١٦٤٤٠٠			٣٥			٣٥			٩٠٣			٩٠٣				
١٧٤٤٠٠	١٣١٧٠٠		٢٥٢٧٠	٣٣٦٢٠		٣٥	١١٥		٩٤٠	٢٣٠٠		٩٤٠	٢٣٠٠		٣,٤	
			٤٢			٤٢			١٠٩٦			١٠٩٦				
٢٠٥٠٠٠	١٣٨١٠٠		١٦٠٨٠	٢٨٤٧٠		٣٠	٤٧		٨٣٥	٢١١٠		٨٣٥	٢١١٠		٤	
			٢٠٤٧٠			٣٥			١١٥٩			١١٥٩				

معامل القص عند $dR/R_0 = 1\%$ ملاحظة: ١ = م = ٣,٢٨ قدم و ١٠٠ كيلو باسكال = ١,٠٤٤ طن/قدم^٢.

١- أعطت تجارب CPMT المغروز باستمرار قيماً لكل من p_L , p_b , E_o , and E_R في التربة الطينية الصلبة أقل من CPMT المدفوع، والعكس صحيح في التربة الرملية.

٢- أعطت تجارب CPMT المدفوع قيماً لكل من p_L , p_b , E_o , and E_R في التربة الطينية الصلبة أقل من تجارب مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر، أما في التربة الرملية فإن القيم متقاربة (تفاوت لا يتجاوز ٣٠٪).

٣- أعطت تجارب CPMT المغروز في التربة الطينية الصلبة نتائج إما أصغر وإما أكبر من نتائج تجارب مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر بناء على معامل مقياس الضغط وفي بعض الأحيان على الموقع، أما في التربة الرملية فقد كان الاتجاه نحو الحصول على قيم من تجارب CPMT المدفوع أعلى من تجارب مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر.

٤- أعطت تجارب مقياس الضغط ذاتي الحفر قيماً لكل من p_L , p_b , E_o , and E_R في التربة الطينية الصلبة مقارنة لقيم تجارب مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر، وهي متوافقة مع البيانات المنشورة سابقاً (مقارنة من p_L ، أعلى من E_o ومتقاربة من E_R).

استخدم مقياس الضغط المخروطي في دراسة أخرى مرّة في ثقوب مسبقة الحفر والأخرى بطريقة الدق. كانت التربة في الموقع الأول رملية متوسطة الكثافة ومتماسكة قليلاً نتيجة الجفاف، وفي الموقع الآخر كانت تربة طينية صلبة. وأجريت التجارب فوق منسوب الماء، ونتائجها موضحة في الجدول رقم (٧) للمقارنة، مع العلم بأن جميع المعاملات في هذا الجدول ستعرض لها في الفصل السابع.

جدول رقم (٦). متوسط العلاقات.

جامعة هيوستن	جامعة تكساس A&M	تربة طينية
DC = 0.87 PB SB = 0.64 PB PC = 1.38 PB	DC = 1.43 PB SB = 1.06 PB	p_L
DC = 1.83 PB SB = 1.98 PB PC = 2.83 PB	DC = 5.79 PB SB = 0.98 PB	p_i
DC = 1.64 PB SB = 2.18 PB PC = 2.03 PB	DC = 1.19 PB SB = 4.09 PB	E_0
DC = 0.72 PB SB = 1.32 PB PC = 1.20 PB	DC = 0.31 PB SB = 1.67 PB	E_R

جامعة هيوستن	جامعة تكساس A&M	تربة رملية
DC = 2.08 PB PC = 1.06 PB	DC = 2.16 PB	p_L
DC = 1.30 PB PC = 0.75 PB	DC = 2.46 PB	p_i
DC = 2.29 PB PC = 1.31 PB	DC = 1.62 PB	E_0
DC = 1.43 PB PC = 0.81 PB	DC = 0.69 PB	E_R

SB = مقياس الضغط ذو الحفر الذاتي
PB = مقياس الضغط للثقوب المسبقة الحفر

DC = مقياس الضغط المخروطي المدقوق
PC = مقياس الضغط المخروطي المغروز

جدول رقم (٧) . عامل المضاعفة لتحويل نتائج الخوازيق المدقوقة إلى مقياس الضغط لطبقات الرصف ذات الثقوب المسبقة الحفر .

نموذج اختبار	المتغير	تربة رملية	تربة طينية
PPMT		المدقوق = $M \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $M \times$ مسبقة الحفر
اصطلاحي	E_0 (kPa)	المدقوق = $0,403 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $0,971 \times$ مسبقة الحفر
	E_R (kPa)	المدقوق = $0,397 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $0,794 \times$ مسبقة الحفر
	p_L (kPa)	المدقوق = $0,560 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $0,855 \times$ مسبقة الحفر
الانفعال	$a \times 10^{-5} \text{ (kPa)}^{-1}$	المدقوق = $1,690 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $1,500 \times$ مسبقة الحفر
	$b \times 10^{-5} \text{ (kPa)}^{-1}$	المدقوق = $0,130 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $1,050 \times$ مسبقة الحفر
الإجهاد	K	المدقوق = $0,980 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $1,270 \times$ مسبقة الحفر
	n	المدقوق = $0,847 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $2,390 \times$ مسبقة الحفر
الزحف	n_{crp}	المدقوق = $1,040 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $1,280 \times$ مسبقة الحفر
الدوري	n_{sec}	المدقوق = $0,838 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $1,100 \times$ مسبقة الحفر
	n_{cyc}	المدقوق = $0,901 \times$ مسبقة الحفر	المدقوق = $0,476 \times$ مسبقة الحفر

ملاحظة : ١٠٠ كيلو باسكال = $1,044 \text{ طن/قدم}^2$