

土木研究所資料第432号

# 大口径削孔機械による現地掘削試験

昭和44年3月

建設省土木研究所

# 大口径削孔機械による現地掘削試験

機械研究室

千 田 昌 平

伊 藤 豪 誠

## 目 次

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| まえがき .....                               | 1  |
| 1. 試験条件 .....                            | 4  |
| 2. 計測法および計算式 .....                       | 8  |
| 2-1 ビット推力 ( $P$ ) .....                  | 8  |
| 2-2 ビット回転速度 ( $n$ ) .....                | 8  |
| 2-3 掘進速度 ( $Dr$ ) .....                  | 8  |
| 2-4 掘削トルク ( $T$ ) .....                  | 8  |
| 2-5 掘削馬力 ( $N$ ) .....                   | 8  |
| 2-6 空気量 ( $G$ ) 空気圧 ( $P_1$ ) .....      | 8  |
| 3. 試験結果 .....                            | 9  |
| 4. 考 察 .....                             | 52 |
| 4-1 ビット回転速度 ( $n$ ) と掘進速度 ( $Dr$ ) ..... | 52 |
| 4-2 ビット推力 ( $P$ ) と掘削トルク ( $T$ ) .....   | 52 |
| 4-3 掘削馬力 ( $N$ ) と掘進速度 ( $Dr$ ) .....    | 54 |
| 4-4 大口径化に関する問題点 .....                    | 55 |
| 4-5 ビット推力調整装置 .....                      | 55 |
| 4-6 部分拡孔装置 .....                         | 59 |
| 4-7 大口径化に関する試算 .....                     | 59 |
| あとがき .....                               | 60 |
| 附 表 .....                                | 61 |
| 写 真 .....                                | 62 |

## ま え が き

海外における長径間吊橋の橋脚基礎の掘削は大部分がグラブバケットを主力に行なっている。

本州四国連絡架橋基礎施工にあたっては、自然条件により超大規模の橋脚基礎構築となることが予想され、高深度で硬い地層を大量に掘削しなければならない。

本報告書は、この大規模な基礎掘削にあたって、ロータリー方式による大口径削孔機械の適応性について調査する目的で、削孔試験専用機として当所で開発したRCDリル試験機（附表参照）を用いて行なった現地掘削試験の結果をとりまとめ、大口径化について検討を加えたものである。

表1に、試験日程表を、図1に実験場配置図を示す。

試験期間： 自昭和43年9月11日

至昭和43年9月29日

試験場所： 岡山県倉敷市児島6丁目5番

建設省 実験場

表1 試験日程表

昭和43年9月11～18日

| 月日(曜日)  | 天 候 | 内 容                                                                                |
|---------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| 9. 11 水 | 晴   | RC本体位置決め作業                                                                         |
| 12 水    | 晴   | 導水路掘削, RC本体位置修正                                                                    |
| 13 金    | 雨   | 本体位置修正, バイトビット(840φ)でドライ掘削(約20cm)                                                  |
| 14 土    | 曇   | サクションホース点検配管, クリーバ鉛直度修正, ドライ掘削                                                     |
| 15 日    | 曇 晴 | 測定機器配置, 配線, 調整, 掘削(試運転)                                                            |
| 16 月    | 晴   | 取荷試験用穴掘削, フロート管用スieber取付け                                                          |
| 17 火    | 晴   | 取荷試験用穴掘削(於840φバイトビット, 約5mまで)<br>ビット交換(840φバイトビット→1,000φローラービット+1,500φ<br>リーミングビット) |
| 18 水    | 晴   | ビット取り外し 本体移動, ローラービット外径変更(1,000→760)<br>バイトビット外径変更(840φ→720φ)                      |
| 19 木    | 晴   | バイトビット720φ取り付け<br>掘削試験(約1.8mまで)                                                    |
| 20 金    | 曇 晴 | サクションホース交換(破損のため)<br>掘削試験(サクションポンプ約6.7mまで)                                         |
| 21 土    | 曇 晴 | エアリフトホース配管<br>掘削(ローラービット760φとなる)                                                   |
| 22 日    | 曇 雨 | 休 日                                                                                |
| 23 月    | 曇   | 掘削試験(エアリフト 約9.7mまで)<br>ドリルパイプ引き揚げ, ローラービット交換(760φ→1,000φ)                          |
| 24 火    | 雨   | 掘削試験(エアリフト, 拡孔 約6.4mまで)<br>午後見学会                                                   |
| 25 水    | 雨   | 掘削試験(エアリフト, 拡孔及び全断面掘削約1.1mまで)                                                      |
| 26 木    | 曇   | 掘削試験(エアリフト 約1.2mまで), ビット交換(ハイビット<br>840φ), マイクロスイッチ修理, ガイド溶接部はずれ。                  |
| 27 金    | 曇   | ガイド取り付け, RC油もれ有り給油<br>掘削試験(エアリフト 約13.2mまで), リーミングビット取りつけ                           |
| 28 土    | 晴   | リーミングビットによる掘削, 引き揚げ準備                                                              |

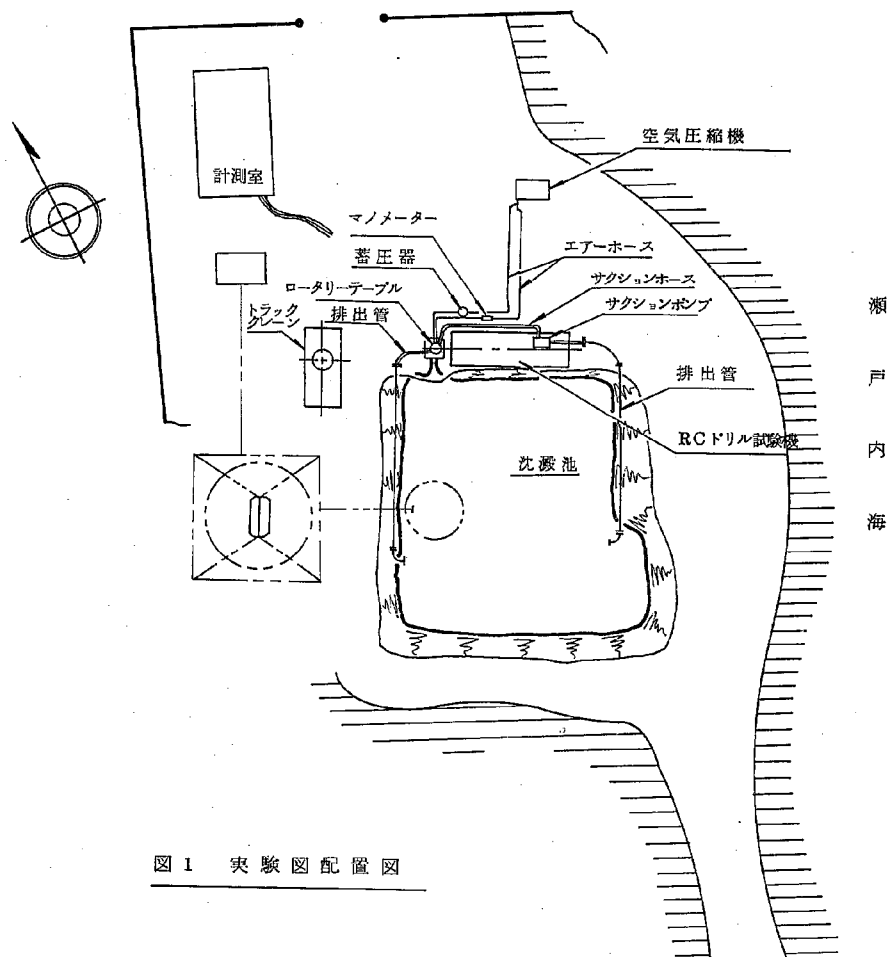


図1 実験図配置図

## 1 試験条件

図1・1に試験順序図を示す。バイトビットとは、タングステンカーバイト鋼刃先を有するカッタを取付けたドラグ型ビットで、カッタが旋盤に用いるバイトに似ていることからバイトビットと呼ぶことにする。

本試験に用いられたバイトビットは試験用として特別に当所において製作したものでカッタの交換ができるほか掘削口径が可変になっている。(図1・2参照)

ローラビットとは詳しくはローリングカッタビット(Rolling cutter bit)と呼ばれるもので石油さく井および探査ボーリング用3カッタビット(Three cutter bit)から発達したものである。本試験に用いたものは歯型カッタ(Tooth type cutter)を有する軟岩用ローラビットで、逆循環水用としては国産初のものである。口径可変の試験用ビットであることは上記バイトビットと同様である。(写真6参照)

なお、試験条件は次の通りである。

|          |                           |     |
|----------|---------------------------|-----|
| 掘削口径     | 720mm $\phi$ バイトビット       | 全断面 |
|          | 840mm $\phi$ バイトビット       | 全断面 |
|          | 760mm $\phi$ ローラビット       | 全断面 |
|          | 1,000mm $\phi$ ローラビット     | 全断面 |
|          | 760~1,000mm $\phi$ ローラビット | 拡孔  |
| 掘削深度     | 13.2m                     |     |
| 地質       | 風化花崗岩(図1・3参照)             |     |
| 試験機      | RCドリル試験機(附表 試験機仕様参照)      |     |
| サクション方式  | ポンプサクションおよびエアリフトポンプ       |     |
| ビット推力    | 約7,000kg(最大)              |     |
| ドリルパイプ内径 | 150mm $\phi$              |     |

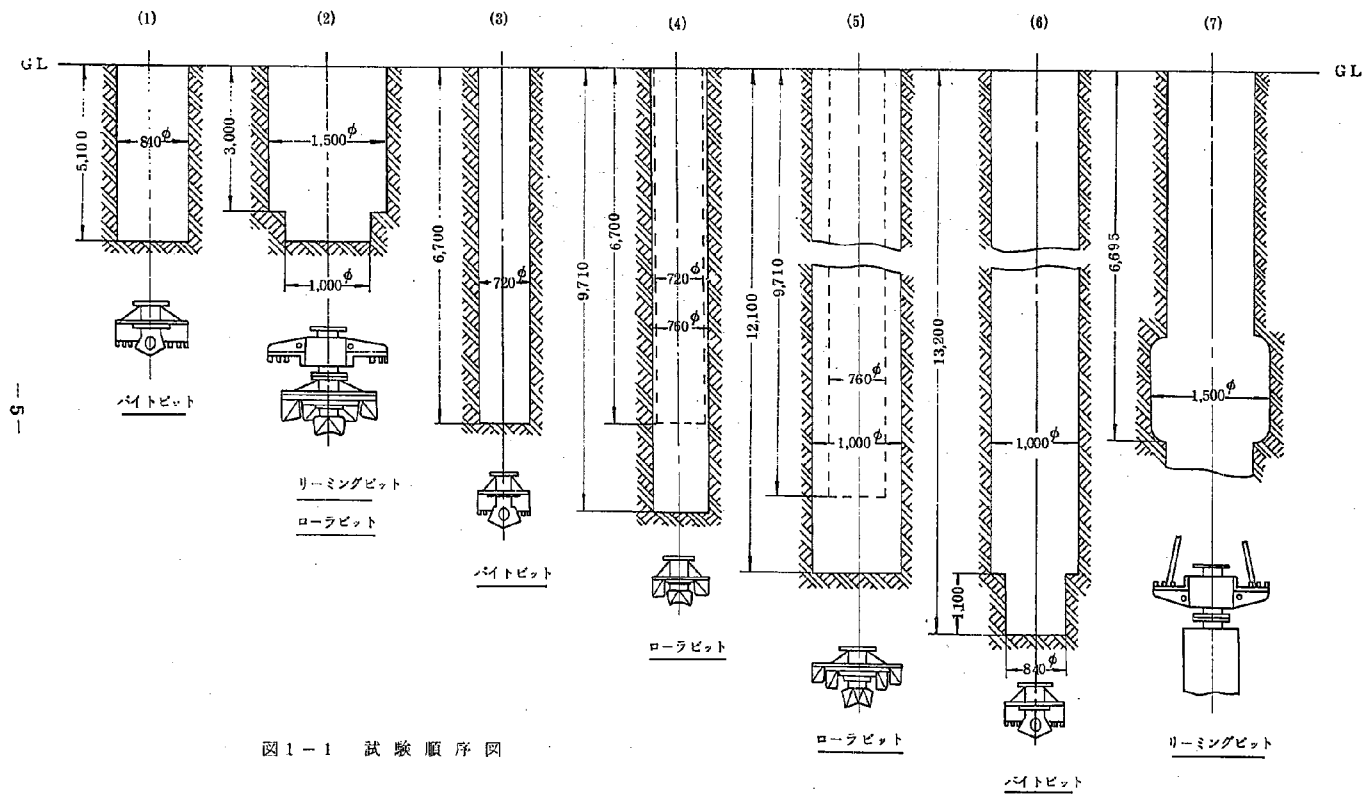


図1-1 試験順序図

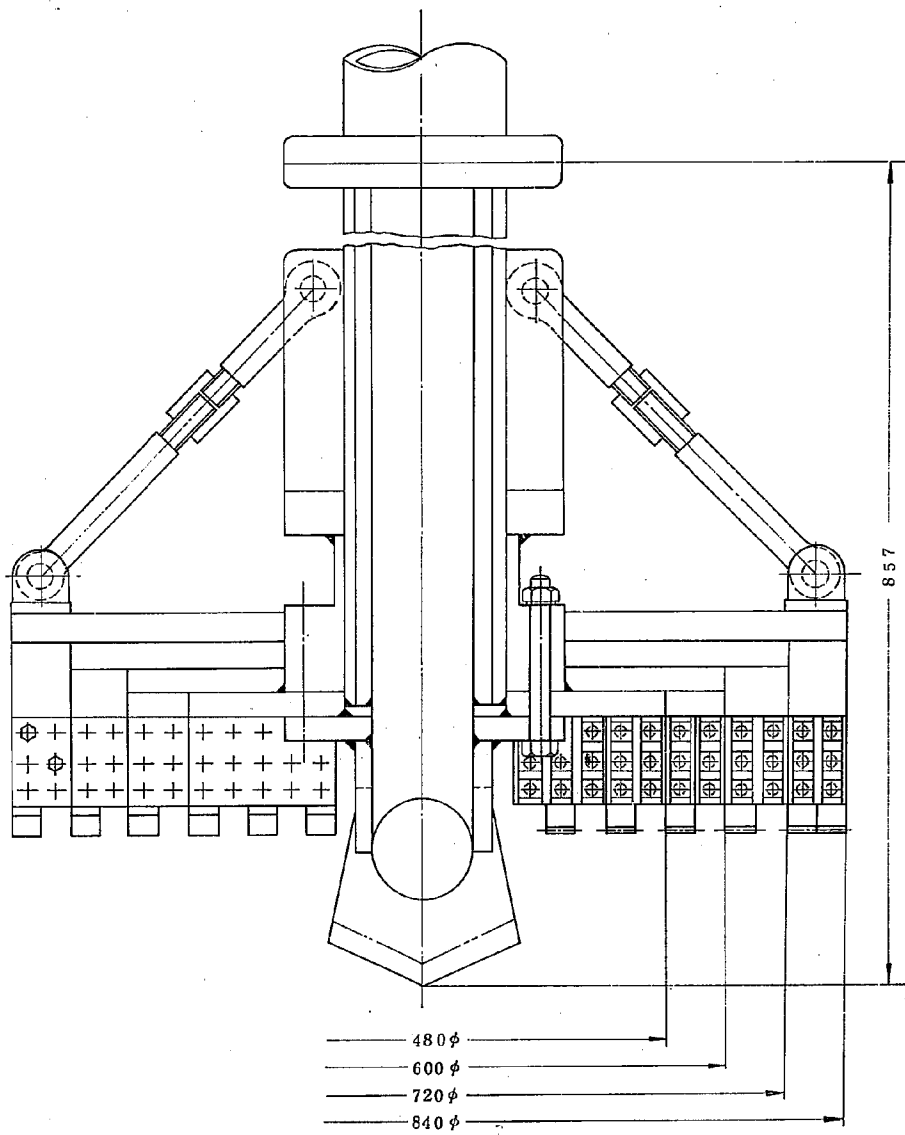
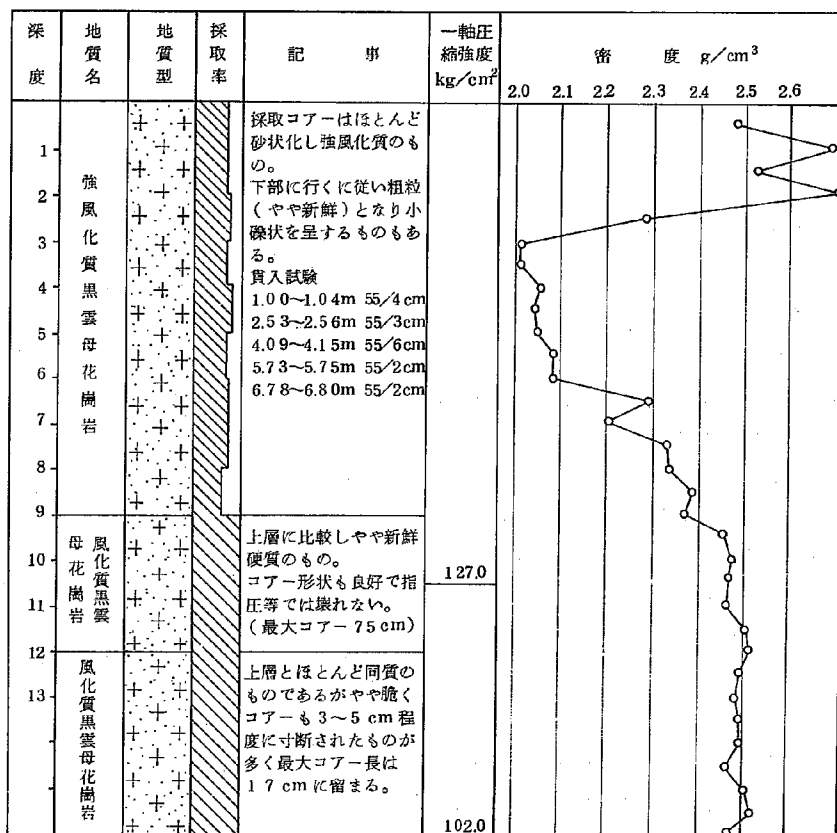


図1-2 バイトビット

図1-3 地質柱状図



## 2 計測法および計算式

### 2-1 ビット推力( $W$ )

主ウィンチのフックとスーベルの間にワイヤストレーンゲージ式の張力変換器を取付け、吊荷重を記録計(ペン書きオシログラフ)に記録する。

ビット推力は全吊荷重と指示荷重との差で表わされる。

### 2-2 ビット回転速度( $n$ )

ロータリーテーブルフレームにマイクロスイッチを取付け、ロータリーテーブル1/2回転毎に発信するパルスを記録計に自記させる。

ビット回転速度の選定は可変容量の油圧モータの斜板角および機関の燃料調整により無段に任意に行なうことができる。

### 2-3 掘進速度( $Dr$ )

クレーバに標尺を貼付け、ロータリーテーブルの基準面をクレーバの目盛が通過する毎に、測定員が掘進速度によって、0.5 cm、1 cm または 2 cm 間隔でマイクロスイッチを押してパルスを出し記録する。

一方、掘進量(5 cm 毎)を自動的に発信するカムマイクロスイッチ式の掘進速度計により掘進速度を同時記録し測定員による記録と照合する。

単位時間当のパルスの数から掘進速度を m/hr で表わす。

### 2-4 掘削トルク( $T$ )

油圧モータとロータリーテーブルの減速機との間にワイヤストレーンゲージ式のトルク変換器を取付け、記録計に記録する。掘削トルクは記録計が示すトルク( $Tb$ )とロータリーテーブルの減速比( $\tau$ )で求められる。

$$T = Tb \cdot \tau \text{ (kg-m)} \dots\dots\dots(1)$$

(高速  $\tau = 30.3$ , 低速  $\tau = 89.0$ )

### 2-5 掘削馬力( $N$ )

掘削トルク( $T$ )とビット回転速度( $n$ )より次式で求められる。

$$N = \frac{nT}{716.2} \text{ (PS)} \dots\dots\dots(2)$$

### 2-6 空気量( $G$ )、空気圧( $P$ )

空気圧はオリフィス直前の圧をブルドン管式圧力計で読み絶対圧で表わす。オリフィスの差圧は水銀マンオメータで測定した。空気量は空気圧と差圧から次式により求めることができる。

$$Gw = \alpha \epsilon A_0 \sqrt{2g\gamma_1(P_1 - P_2)} \times 60 \text{ (kg/min)} \dots\dots\dots(3)$$

さらに

$$Gw = 2.087 \times 10^{-4} \alpha \epsilon m D \sqrt{\gamma_1(P_1 - P_2)} \text{ (kg/min)} \dots\dots\dots(4)$$

こゝに

- $G_w$  : 吐出空気量 (kg/min)  
 $\alpha$  : 流量係数 (=0.933)  
 $m$  : 絞り比 (=0.391)  
 $\varepsilon$  : 膨脹係数 (=0.98)  
 $D$  : 空気管内径 (mm<=52.9>)  
 $A_0$  : 絞孔断面積 (m<sup>2</sup>)  
 $\gamma_1$  : 絞り前の状態における空気の単位体積当り重量 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $(P_1 - P_2)$  : 圧力差 (mmAqまたはkg/m<sup>2</sup>)

乾燥空気の場合  $\gamma_1$  は次式で表わされる。

$$\gamma_1 = \frac{1.293 \times P}{1 + 0.00367 t} \quad (\text{kg/m}^3) \quad \dots\dots\dots(5)$$

こゝに  $t$  は空気の温度(°C)であるが、こゝでは経験上 40°C として、 $\gamma_1 = 1.127 P$  で計算する。

したがって、空気量を標準吸込み状態に換算した容積流量で表わすと空気量  $G$  は次の通りとなる。

$$G = \frac{G_w}{1.20} = 0.1848 \sqrt{P(P_1 - P_2)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

### 3. 試験結果

図1・1の試験順序図中(1), (2)は載荷試験用に掘削したもので、1,000mmφ~1,500mmφの拡孔掘削記録は除いてある。

表3・1に試験成績一覧表を示す。表中  $L$  ギヤ、 $H$  ギヤとあるのは、ロータリーテーブルの減速比を示すものでそれぞれ低速、高速を意味する。

固定フロート、可動フロートは後述するビット推力調整用として試作したドリルパイプ系にフロート(浮子管)を取付けたものである。

図3・1は深度と単位径推力当掘進量の関係を示す。

図3・2~3・7に各条件毎のビット回転速度と掘進速度の関係を示す。

図3・8~3・13に掘削馬力と掘削速度の関係を示す。

図3・14~3・17に掘削トルクとビット推力の関係を示す。

図3・18~3・19に掘進速度と掘削トルクの関係を示す。

図3・20に掘進速度とビット推力の関係を示す。

表 3-1 試 験

| 試験項目                    | No.<br>試験番号<br>単位                    | 1                           | 2                         | 3     | 4      | 5                       | 6     | 7     |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------|--------|-------------------------|-------|-------|
|                         |                                      | 17-2-1                      | 17-2-2                    | 17-3  | 17-4-1 | 17-4-2                  | 17-5  | 17-6  |
| ビットの種類                  | —                                    | バイト<br>ビット                  | "                         | "     | "      | "                       | "     | "     |
| 口 径 $D$                 | mm                                   | 840                         | "                         | "     | "      | "                       | "     | "     |
| 深 度 $H$                 | m                                    | 1.40                        | 1.55                      | 1.85  | 2.10   | 2.35                    | 2.95  | 3.30  |
| 推 力 $W$                 | kg                                   | 835                         | 1,169                     | "     | "      | "                       | "     | 1,336 |
| テーブル回転速度<br>$n$         | rpm                                  | 2.98                        | 2.98                      | 12.08 | 8.32   | 9.94                    | 12.10 | 9.32  |
| 掘削トルク $T$               | kg-m                                 | 184.7                       | 221.6                     | 265.9 | 166.2  | 162.5                   | 295.5 | 288.1 |
| 掘進速度 $Dr$               | m/hr                                 | 3.49                        | 4.04                      | 7.29  | 4.94   | 5.40                    | 9.56  | 6.13  |
| 掘削馬力 $N$                | PS                                   | 0.77                        | 0.92                      | 4.48  | 1.93   | 2.25                    | 4.99  | 3.75  |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm                                | 9.94                        | 13.92                     | "     | "      | "                       | "     | 15.9  |
| 1回転当掘進量<br>$Rr$         | cm/rev                               | <del>1.950</del><br>1.950   | 2.260                     | 1.000 | 0.990  | 0.905                   | 1.310 | 1.100 |
| 単位口径当水平分力<br>$Fc$       | kg/cm                                | 20.94                       | 25.13                     | 30.15 | 18.85  | 18.43                   | 33.51 | 32.67 |
| 単位径推力当掘進量<br>$Rr/Wd$    | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $196 \times 10^{-3}$<br>196 | <del>162.9</del><br>102.5 | 71.8  | 71.2   | <del>65.0</del><br>65.0 | 94.2  | 69.2  |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A                               | S                           | "                         | "     | "      | "                       | "     | "     |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>                   | —                           | —                         | —     | —      | —                       | —     | —     |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>                    | —                           | —                         | —     | —      | —                       | —     | —     |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min                  | —                           | —                         | —     | —      | —                       | —     | —     |
| 地 質 名                   | 強化質黒雲母花崗岩                            |                             |                           |       |        |                         |       |       |
| 質 密 度                   | g/cm <sup>3</sup>                    | 2.50                        | 2.55                      | 2.60  | 2.30   | 2.00                    |       |       |
| ドリルパイプの構成               | K+B. B (途中D. P (1.5 m) 継ぎ足し)         |                             |                           |       |        |                         |       |       |
| 摘 要                     | Lギア                                  |                             |                           |       |        |                         |       |       |

(注) ドリルパイプの構成: Kケリーバ, D.Pドリルパイプ, W重鏈管, R.Bローラビット,  
B.Bバイトビット, F.F固定フロート, M.F可動フロート

成 績 一 覧 表

| 8                          | 9     | 10    | 11                                   | 12    | 13      | 14      | 15      | 16      |
|----------------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 17-8                       | 17-9  | 17-10 | 17-11                                | 17-12 | 17-12-1 | 17-12-2 | 17-12-3 | 17-12-4 |
| バイト<br>ビット                 | "     | "     | "                                    | "     | "       | "       | "       | "       |
| 840                        | "     | "     | "                                    | "     | "       | "       | "       | "       |
| 3.60                       | 3.85  | 4.00  | 4.65                                 | 5.10  | "       | "       | "       | "       |
| 1,336                      | "     | "     | "                                    | "     | 3.34    | 534.4   | 1,286   | 334     |
| 8.05                       | 12.07 | 14.39 | 14.22                                | 14.63 | "       | "       | 14.63   | "       |
| 243.8                      | 214.2 | 256.5 | 352.1                                | 301.8 | 100.6   | 211.3   | 377.2   | 150.9   |
| 3.24                       | 4.39  | 5.02  | 5.84                                 | 5.73  | —       | —       | —       | —       |
| 2.74                       | 3.61  | 5.15  | 6.99                                 | 6.16  | 2.05    | 4.31    | 7.70    | 3.08    |
| 15.90                      | "     | "     | "                                    | "     | 3.98    | 6.36    | 15.31   | 3.98    |
| 0.672                      | 0.606 | 0.582 | <sup>0.684</sup><br><del>0.631</del> | 0.652 | —       | —       | —       | —       |
| 27.65                      | 24.29 | 29.10 | 39.93                                | 34.22 | 11.41   | 23.96   | 42.77   | 17.11   |
| 42.2                       | 38.1  | 36.6  | <sup>43.0</sup><br><del>39.4</del>   | 41.0  | —       | —       | —       | —       |
| S                          | "     | "     | "                                    | "     | "       | "       | "       | "       |
| —                          | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —       | —       |
| —                          | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —       | —       |
| —                          | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —       | —       |
| 強風化質黒雲母花崗岩                 |       |       |                                      |       |         |         |         |         |
| 2.05                       |       |       |                                      |       |         |         |         |         |
| K+B. B (途中D. P(1.5m) 継ぎ足し) |       |       |                                      |       |         |         |         |         |
| Lギヤ                        |       |       |                                      |       |         |         |         |         |

| No.                    |                     | 17                       | 18      | 19      | 20      | 21      | 22                       | 23                                 |
|------------------------|---------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|------------------------------------|
| 試験番号                   |                     | 17-12-5                  | 17-12-6 | 17-12-7 | 17-12-8 | 17-12-9 | 19-1                     | 19-2                               |
| 試験項目                   | 単位                  |                          |         |         |         |         |                          |                                    |
| ビットの種類                 | —                   | バイト<br>ビット               | “       | “       | “       | “       | “                        | “                                  |
| 口 径 $D$                | mm                  | 840                      | “       | “       | “       | “       | 720                      | “                                  |
| 深 度 $H$                | m                   | 510                      | “       | “       | “       | “       | 1.18                     | 1.37                               |
| 推 力 $W$                | kg                  | 413                      | 668     | 1,253   | 1,336   | 300.6   | 1,002                    | 852                                |
| テーブル回転速度<br>$n$        | rpm                 | 14.63                    | “       | “       | “       | “       | 11.84                    | 10.63                              |
| 掘削トルク $T$              | kg-m                | 181.1                    | 231.4   | 367.2   | 372.2   | 150.9   | 251.2                    | 265.9                              |
| 掘進速度 $Dr$              | m/hr                | —                        | —       | —       | —       | —       | 7.30                     | 6.37                               |
| 掘削馬力 $N$               | PS                  | 3.70                     | 4.73    | 7.50    | 7.60    | 3.08    | 4.15                     | 3.95                               |
| 単位口径当推力<br>$W_d$       | kg/cm               | 4.98                     | 7.95    | 14.92   | 15.90   | 3.58    | 13.91                    | 11.83                              |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$       | cm/rev              | —                        | —       | —       | —       | —       | 1.03                     | 0.998                              |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$     | kg/cm               | 20.54                    | 26.24   | 41.64   | 42.21   | 17.11   | 38.76                    | 41.03                              |
| 単位径推力当掘進量<br>$R_r/W_d$ | cm/rev<br>kg/cm     | —                        | —       | —       | —       | —       | $\times 10^{-3}$<br>74.2 | <del>84.7</del><br><del>88.0</del> |
| サクソン(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A              | S                        | “       | “       | “       | “       | “                        | “                                  |
| 空 気 圧 $P$              | kg/cm <sup>2</sup>  | —                        | —       | —       | —       | —       | —                        | —                                  |
| 差 圧 $\Delta P$         | kg/m <sup>2</sup>   | —                        | —       | —       | —       | —       | —                        | —                                  |
| 空 気 量 $G$              | m <sup>3</sup> /min | —                        | —       | —       | —       | —       | —                        | —                                  |
| 地                      | 地 質 名               | 強風化質黒雲母花崗岩               |         |         |         |         |                          |                                    |
| 質                      | 密 度                 | g/cm <sup>3</sup>        | 2.05    |         |         |         | 2.60                     | 2.55                               |
| ドリルパイプの構成              |                     | K+B, B(途中D, P(1.5m)継ぎ足し) |         |         |         |         |                          |                                    |
| 摘 要                    |                     | Lギア                      |         |         |         |         |                          |                                    |

|                            |                         |                         |                         |       |       |                         |       |       |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| 24                         | 25                      | 26                      | 27                      | 28    | 29    | 30                      | 31    | 32    |
| 19-3                       | 19-4                    | 19-5                    | 20-1                    | 20-2  | 20-3  | 20-5                    | 20-6  | 20-7  |
| "                          | "                       | "                       | "                       | "     | "     | "                       | "     | "     |
| "                          | "                       | "                       | "                       | "     | "     | "                       | "     | "     |
| 1.57                       | 1.76                    | 2.26                    | 2.68                    | 2.76  | 2.98  | 3.13                    | 3.30  | 3.41  |
| 935                        | 1,002                   | 1,022                   | 1,222                   | 1,303 | 1,420 | "                       | "     | "     |
| 8.26                       | 5.90                    | 11.95                   | 8.18                    | 12.08 | 10.59 | 6.12                    | 4.62  | 9.08  |
| 258.6                      | 184.7                   | 295.5                   | 236.4                   | 285.6 | 300.1 | 283.6                   | 285.3 | 295   |
| 4.96                       | 3.61                    | 7.47                    | 6.27                    | 8.53  | 7.75  | 5.41                    | 3.54  | 5.32  |
| 2.98                       | 1.52                    | 4.93                    | 2.70                    | 4.82  | 4.44  | 2.42                    | 1.84  | 3.74  |
| 12.99                      | 13.91                   | <u>14.19</u>            | 16.98                   | 18.09 | 19.72 | "                       | "     | "     |
| 1.04                       | 1.02                    | 1.04                    | 1.28                    | 1.18  | 1.22  | 1.49                    | 1.28  | 0.977 |
| 39.90                      | 28.50                   | 45.60                   | 36.48                   | 44.07 | 46.31 | 43.76                   | 44.02 | 45.52 |
| <del>76.9</del><br>80.0    | <del>73.3</del><br>75.3 | <del>73.3</del><br>74.8 | <del>75.9</del><br>67.2 | 65.2  | 61.9  | <del>74.5</del><br>73.7 | 65.0  | 49.6  |
| "                          | "                       | "                       | "                       | "     | "     | "                       | "     | "     |
| -                          | -                       | -                       | -                       | -     | -     | -                       | -     | -     |
| -                          | -                       | -                       | -                       | -     | -     | -                       | -     | -     |
| -                          | -                       | -                       | -                       | -     | -     | -                       | -     | -     |
| 強風化質黒雲母花崗岩                 |                         |                         |                         |       |       |                         |       |       |
| 2.55                       | 2.60                    | 2.40                    | 2.20                    | 2.10  | 2.00  |                         |       |       |
| K+B.B(途中D.P(1.5m)<br>継ぎ足し) |                         |                         |                         |       |       |                         |       |       |
| K+D.P(1.5m)+B.B            |                         |                         |                         |       |       |                         |       |       |
|                            |                         |                         |                         |       |       |                         |       |       |

| 試験項目                    | 単位                  | No.<br>試験番号             | 33    | 34                              | 35    | 36      | 37    | 38    | 39      |
|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------|-------|-------|---------|
|                         |                     |                         | 20-8  | 20-9                            | 20-12 | 20-12-1 | 20-13 | 20-14 | 20-14-1 |
| ビットの種類                  | —                   | バイト<br>ビット              | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 口 径 $D$                 | mm                  | 720                     | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 深 度 $H$                 | m                   | 3.51                    | 3.76  | 4.25                            | —     | 4.56    | 4.88  | —     | —       |
| 推 力 $W$                 | kg                  | 1,420                   | —     | —                               | 501   | 1,420   | —     | 1,169 | —       |
| テーブル回転速度<br>$n$         | rpm                 | 10.11                   | 11.92 | 7.5                             | 7.53  | 10.98   | 6.25  | —     | —       |
| 掘削トルク $T$               | kg-m                | 285                     | 314.9 | 353.6                           | 29.6  | 329.6   | 284.0 | 147.7 | —       |
| 掘進速度 $Dr$               | m/hr                | 6.08                    | 5.91  | 4.80                            | —     | 7.55    | 2.93  | —     | —       |
| 掘削馬力 $N$                | PS                  | 4.02                    | 5.24  | 3.70                            | 0.31  | 5.05    | 2.48  | 1.29  | —       |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm               | 19.72                   | —     | —                               | 6.96  | 19.72   | —     | 16.24 | —       |
| 1回転当掘進量<br>$Rr$         | cm/rev              | 1.002                   | 0.826 | 1.06                            | —     | 1.15    | 0.781 | —     | —       |
| 単位口径当水平分<br>力 $F_c$     | kg/cm               | 43.98                   | 48.59 | 54.56                           | 4.57  | 50.84   | 43.82 | 22.79 | —       |
| 単位径推力当掘進<br>量 $Rr/Wd$   | cm/rev<br>kg/cm     | $50.8 \times 10^{-5}$   | 41.8  | 53.8                            | —     | 58.3    | 39.6  | —     | —       |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A              | S                       | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>  | —                       | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>   | —                       | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min | —                       | —     | —                               | —     | —       | —     | —     | —       |
| 地                       | 地 質 名               | 強風化質黒雲母花崗岩              |       |                                 |       |         |       |       |         |
| 質                       | 密 度                 | g/cm <sup>3</sup>       | 2.00  | 2.05                            |       |         |       |       |         |
| ドリルパイプの構成               |                     | K+D.P ( 1.5 m )<br>+B.B |       | K+D.P ( 3 m )+D.P ( 1.5 m )+B.B |       |         |       |       |         |
| 摘 要                     |                     | Lギア                     |       |                                 |       |         |       |       |         |

| 40                              | 41      | 42      | 43    | 44      | 45      | 46    | 47      | 48      |
|---------------------------------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|
| 20-15                           | 20-15-1 | 20-15-2 | 20-16 | 20-16-1 | 20-16-2 | 20-17 | 20-17-1 | 20-17-2 |
| バイト<br>ビット                      | "       | "       | "     | "       | "       | "     | "       | "       |
| "                               | "       | "       | "     | "       | "       | "     | "       | "       |
| 5.07                            | —       | —       | 5.28  | —       | —       | 5.41  | —       | —       |
| 1,420                           | 418     | 585     | 1,420 | 251     | 418     | 1,420 | 1,002   | 752     |
| 11.84                           | "       | "       | 8.82  | "       | "       | 10.17 | "       | "       |
| 325.0                           | 29.6    | 88.6    | 354.6 | 29.6    | 147.7   | 384.1 | 206.8   | 177.3   |
| 4.74                            | —       | —       | 3.31  | —       | —       | 4.03  | —       | —       |
| 5.38                            | 0.489   | 1.46    | 4.37  | 0.36    | 1.82    | 5.45  | 2.94    | 2.52    |
| 19.72                           | 5.81    | 8.13    | 19.72 | 3.49    | 5.81    | 19.72 | 13.92   | 10.44   |
| 0.666                           | —       | —       | 0.626 | —       | —       | 0.660 | —       | —       |
| 50.15                           | 4.57    | 13.67   | 54.71 | 4.57    | 22.79   | 59.27 | 31.91   | 27.36   |
| 33.7                            | —       | —       | 31.7  | —       | —       | 32.5  | —       | —       |
| "                               | "       | "       | "     | "       | "       | "     | "       | "       |
| —                               | —       | —       | —     | —       | —       | —     | —       | —       |
| —                               | —       | —       | —     | —       | —       | —     | —       | —       |
| —                               | —       | —       | —     | —       | —       | —     | —       | —       |
| 珪風化質黒雲母花崗岩                      |         |         |       |         |         |       |         |         |
| 2.10                            |         |         |       |         |         |       |         |         |
| K+D.P ( 3m ) +D.P ( 1.5m ) +B.B |         |         |       |         |         |       |         |         |
|                                 |         |         |       |         |         |       |         |         |

| No.                     |                                      | 49                                | 50                    | 51      | 52      | 53    | 54    | 55    |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------|---------|-------|-------|-------|
| 試験項目                    | 試験番号                                 | 20-17-3                           | 20-18                 | 20-18-1 | 20-18-2 | 20-19 | 20-20 | 20-21 |
| ビットの種類                  | —                                    | バイト<br>ビット                        | ”                     | ”       | ”       | ”     | ”     | ”     |
| 口 径 $D$                 | mm                                   | 720                               | ”                     | ”       | ”       | ”     | ”     | ”     |
| 深 度 $H$                 | m                                    | —                                 | 5.56                  | ”       | ”       | 5.69  | 5.81  | 5.84  |
| 推 力 $W$                 | kg                                   | 501                               | 1,503                 | 1,002   | 668     | 1,503 | ”     | ”     |
| テーブル回転速度<br>$n$         | rpm                                  | 10.17                             | 11.92                 | ”       | ”       | 6.57  | 10.05 | 8.51  |
| 掘削トルク $T$               | kg-m                                 | 118.2                             | 384.1                 | 206.8   | 147.7   | 328.0 | 382.7 | 437.3 |
| 掘進速度 $Dr$               | m/hr                                 | —                                 | 3.58                  | —       | —       | 2.37  | 3.12  | 3.07  |
| 掘削馬力 $N$                | PS                                   | 1.68                              | 6.39                  | 3.44    | 2.46    | 3.01  | 5.37  | 5.20  |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm                                | 6.96                              | 20.88                 | 13.92   | 9.28    | 20.88 | ”     | ”     |
| 1回転当掘進量<br>$Rr$         | cm/rev                               | —                                 | 0.500                 | —       | —       | 0.600 | 0.517 | 0.602 |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$      | kg/cm                                | 18.24                             | 59.27                 | 31.91   | 22.79   | 50.61 | 59.05 | 67.48 |
| 単位径推力当掘進量<br>$Rr/Wd$    | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | —                                 | $23.9 \times 10^{-3}$ | —       | —       | 28.6  | 24.7  | 28.8  |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A                               | S                                 | ”                     | ”       | ”       | ”     | ”     | ”     |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>                   | —                                 | —                     | —       | —       | —     | —     | —     |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>                    | —                                 | —                     | —       | —       | —     | —     | —     |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min                  | —                                 | —                     | —       | —       | —     | —     | —     |
| 地 質 名                   | 強風化質黒雲母花崗岩                           |                                   |                       |         |         |       |       |       |
| 質 密 度                   | g/cm <sup>3</sup>                    | 2.10                              |                       |         |         |       |       |       |
| ドリルパイプの構成               |                                      | K+DP ( 3 m ) + DP ( 1.5 m ) + B.B |                       |         |         |       |       |       |
| 摘 要                     |                                      | Lギア                               |                       |         |         |       |       |       |

|                                   |       |       |       |       |                        |            |        |        |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|------------|--------|--------|
| 56                                | 57    | 58    | 59    | 60    | 61                     | 62         | 63     | 64     |
| 20-22                             | 20-23 | 20-24 | 20-25 | 20-26 | 20-28                  | 23-4       | 23-5   | 23-6   |
| "                                 | "     | "     | "     | "     | "                      | ローラ<br>ビット | "      | "      |
| "                                 | "     | "     | "     | "     | "                      | 760        | "      | "      |
| 5.94                              | 6.15  | 6.37  | 6.46  | 6.57  | 6.70                   | 7.35       | 7.43   | 7.74   |
| "                                 | 1,503 | "     | "     | "     | "                      | 4,509      | "      | 4,509  |
| 6.60                              | 5.12  | 10.65 | 8.07  | 9.21  | 4.43                   | 12.86      | 20.00  | 25.7   |
| 338.9                             | 382.7 | 437.3 | 382.7 | 393.6 | 328.0                  | 135.6      | "      | 135.6  |
| 2.19                              | 2.46  | 3.59  | 2.91  | 3.47  | 1.63                   | 0.46       | 1.04   | 1.06   |
| 3.12                              | 2.73  | 6.50  | 4.31  | 5.06  | 2.03                   | 2.44       | 3.79   | 4.86   |
| "                                 | 20.88 | "     | "     | "     | "                      | 59.3       | "      | 59.3   |
| 0.553                             | 0.801 | 0.562 | 0.601 | 0.628 | 0.632                  | 0.0596     | 0.0867 | 0.0688 |
| 52.29                             | 59.05 | 67.48 | 59.05 | 60.73 | 50.61                  | 18.78      | "      | 18.78  |
| 26.5                              | 38.3  | 26.9  | 28.7  | 30.1  | 30.2                   | 1.00       | 1.46   | 1.16   |
| "                                 | "     | "     | "     | "     | "                      | A          | "      | "      |
| —                                 | —     | —     | —     | —     | —                      | 4.6        | "      | "      |
| —                                 | —     | —     | —     | —     | —                      | 414.8      | 421.6  | "      |
| —                                 | —     | —     | —     | —     | —                      | 8.07       | 8.14   | "      |
| 強風化質黒雲母花崗岩                        |       |       |       |       |                        |            |        |        |
| 2.10                              | 2.20  | 2.25  |       |       | 2.20                   | 2.30       | 2.35   |        |
| K+D.P ( 3 m ) +D.P ( 1.5 m ) +B.B |       |       |       |       | K+D.P ( 1.5 ) +W×3+R.B |            |        |        |
|                                   |       |       |       |       |                        | Hギア        |        |        |

| No.                 |                                      | 65                       | 66     | 67     | 68     | 69     | 70      | 71      |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 試験項目                | 試験番号                                 | 23-7                     | 23-8   | 23-9   | 23-9-1 | 23-10  | 23-10-1 | 23-10-2 |
| ビットの種類              | ローラビット                               | "                        | "      | "      | "      | "      | "       | "       |
| 口径 D                | mm                                   | 760                      | "      | "      | "      | "      | "       | "       |
| 深度 H                | m                                    | 7.76                     | 7.85   | 7.88   | "      | 7.96   | "       | "       |
| 推力 W                | kg                                   | 4,509                    | "      | "      | 3,925  | 4,509  | 668     | 1,503   |
| テーブル回転速度 $n$        | rpm                                  | 22.5                     | 17.1   | 16.4   | "      | 29.4   | "       | "       |
| 掘削トルク T             | kg-m                                 | 135.6                    | "      | 110.5  | 97.9   | 123.0  | 9.9     | 22.4    |
| 掘進速度 Dr             | m/hr                                 | 1.09                     | 0.72   | 0.75   | —      | 1.48   | —       | —       |
| 掘削馬力 N              | PS                                   | 4.26                     | 3.24   | 2.53   | 2.24   | 5.04   | 0.46    | 0.92    |
| 単位口径当推力 $W_d$       | kg/cm                                | 59.3                     | "      | "      | 51.6   | 59.3   | 8.79    | 19.8    |
| 1回転当掘進量 $R_r$       | cm/rev                               | 0.0808                   | 0.0702 | 0.0762 | —      | 0.0839 | —       | —       |
| 単位口径当水平分力 $P_c$     | kg/cm                                | 18.78                    | "      | 15.30  | 13.56  | 17.04  | 1.37    | 3.10    |
| 単位径推力当掘進量 $R_r/W_d$ | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $1.37 \times 10^{-3}$    | 1.18   | 1.28   | —      | 1.42   | —       | —       |
| サクション(S)とエアリフト(A)の別 | S or A                               | A                        | "      | "      | "      | "      | "       | "       |
| 空気圧 P               | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.6                      | "      | "      | "      | "      | "       | "       |
| 差圧 $\Delta P$       | kg/m <sup>2</sup>                    | 421.6                    | 408.0  | "      | "      | 414.8  | "       | "       |
| 空気量 G               | m <sup>3</sup> /min                  | 8.14                     | 8.01   | "      | "      | 8.07   | "       | "       |
| 地質                  | 地質名                                  | 強風化質黒雲母花崗岩               |        |        |        |        |         |         |
|                     | 密度 g/cm <sup>3</sup>                 | 2.35                     |        |        |        |        |         | 2.40    |
| ドリルパイプの構成           |                                      | K+DP (1.5 m) + W×3 + R・B |        |        |        |        |         |         |
| 摘要                  |                                      | Hギア                      |        |        |        |        |         |         |

| 72                       | 73      | 74     | 75      | 76      | 77     | 78     | 79      | 80      |
|--------------------------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|
| 23-10-3                  | 23-10-4 | 23-11  | 23-11-1 | 23-11-2 | 23-12  | 23-13  | 23-13-1 | 23-13-2 |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| "                        | "       | 8.03   | "       | "       | 8.09   | 8.15   | "       | "       |
| 2,004                    | 4,092   | 4,509  | 3,507   | 2,171   | 4,509  | 4,509  | 3,674   | 334     |
| "                        | "       | 16.4   | "       | "       | 13.3   | 20.9   | "       | "       |
| 47.6                     | 123.0   | 97.9   | 72.7    | 47.6    | 110.5  | 110.5  | 85.3    | 9.9     |
| —                        | —       | 0.70   | —       | —       | 0.52   | 0.88   | —       | —       |
| 1.95                     | 5.04    | 2.24   | 1.66    | 1.09    | 2.05   | 3.22   | 2.49    | 0.38    |
| 26.4                     | 53.8    | 59.3   | 46.1    | 28.6    | 59.3   | 59.3   | 48.3    | 4.39    |
| —                        | —       | 0.0712 | —       | —       | 0.0652 | 0.0702 | —       | —       |
| 6.59                     | 17.04   | 13.56  | 10.07   | 6.59    | 15.30  | 15.30  | 11.81   | 1.37    |
| —                        | —       | 1.20   | —       | —       | 1.10   | 1.18   | —       | —       |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| "                        | "       | "      | "       | "       | "      | "      | "       | "       |
| 強風化質黑雲母花崗岩               |         |        |         |         |        |        |         |         |
| 2.40                     |         |        |         |         |        |        |         |         |
| K+D.P ( 1.5 m ) +W×3+R·B |         |        |         |         |        |        |         |         |
|                          |         |        |         |         |        |        |         |         |

| 試験項目                   | 単位                                   | 試験番号                  | 81     | 82    | 83      | 84      | 85     | 86     | 87    |  |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------|-------|---------|---------|--------|--------|-------|--|
|                        |                                      |                       | 23-14  | 23-15 | 23-15-1 | 23-15-2 | 23-16  | 23-17  | 23-18 |  |
| ビットの種類                 | —                                    | ローラ<br>ビット            | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      | 〃     |  |
| 口 径 $D$                | mm                                   | 760                   | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      | 〃     |  |
| 深 度 $H$                | m                                    | 8.23                  | 8.27   | 〃     | 〃       | 8.29    | 8.34   | 8.37   |       |  |
| 推 力 $W$                | kg                                   | 4,509                 | 〃      | 1,336 | 2,004   | 4,509   | 〃      | 〃      |       |  |
| テーブル回転速度<br>$n$        | rpm                                  | 26.7                  | 20.9   | 〃     | 〃       | 24.0    | 19.7   | 21.8   |       |  |
| 掘削トルク $T$              | kg-m                                 | 185.9                 | 110.5  | 47.6  | 60.2    | 198.5   | 85.3   | 110.5  |       |  |
| 掘 進 速 度 $Dr$           | m/hr                                 | 1.54                  | 0.92   | —     | —       | 1.31    | 0.82   | 1.19   |       |  |
| 掘 削 馬 力 $N$            | PS                                   | 6.92                  | 3.22   | 1.39  | 1.76    | 6.65    | 2.35   | 3.36   |       |  |
| 単位口径当推力<br>$W_d$       | kg/cm                                | 59.3                  | 〃      | 17.6  | 26.4    | 59.3    | 〃      | 〃      |       |  |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$       | cm/rev                               | 0.0962                | 0.0734 | —     | —       | 0.0910  | 0.0694 | 0.0910 |       |  |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$     | kg/cm                                | 25.75                 | 15.30  | 6.59  | 8.34    | 27.49   | 11.81  | 15.30  |       |  |
| 単位掘進力当掘進量<br>$R_r/W_d$ | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $1.62 \times 10^{-3}$ | 1.24   | —     | —       | 1.533   | 1.170  | 1.534  |       |  |
| サクション(S)とエ<br>アフリットの別  | S or A                               | A                     | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      |       |  |
| 空 気 圧 $P$              | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.6                   | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      |       |  |
| 差 圧 $\Delta P$         | kg/m <sup>2</sup>                    | 414.8                 | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      |       |  |
| 空 気 量 $G$              | m <sup>3</sup> /min                  | 8.07                  | 〃      | 〃     | 〃       | 〃       | 〃      | 〃      |       |  |
| 地 質 名                  | 強風化質黒雲母花崗岩                           |                       |        |       |         |         |        |        |       |  |
| 質 密 度                  | g/cm <sup>3</sup>                    | 2.40                  |        |       |         |         |        |        |       |  |
| ドリルパイプの構成              | K+DP( 1.5 m )+W×3+R.B                |                       |        |       |         |         |        |        |       |  |
| 摘 要                    | Hギア                                  |                       |        |       |         |         |        |        |       |  |

| 88                       | 89     | 90     | 91     | 92                          | 93     | 94     | 95     | 96                          |
|--------------------------|--------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|-----------------------------|
| 23-19                    | 23-20  | 23-21  | 23-22  | 23-23                       | 23-24  | 23-25  | 23-26  | 23-27                       |
| "                        | "      | "      | "      | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| "                        | "      | "      | "      | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| 8.43                     | 8.51   | 8.54   | 8.60   | 8.67                        | 8.74   | 8.81   | 8.84   | 8.90                        |
| "                        | "      | 3,758  | 3,507  | 4,342                       | "      | "      | "      | 4,509                       |
| 24.8                     | 16.2   | 11.6   | 14.7   | 19.5                        | 18.7   | 15.0   | 13.8   | 13.85                       |
| 185.9                    | 72.8   | "      | 47.6   | 97.9                        | 110.5  | "      | 98.0   | 116.7                       |
| 1.45                     | 0.68   | 0.39   | 0.57   | 0.86                        | 0.82   | 0.59   | 0.83   | 0.54                        |
| 6.44                     | 1.64   | 1.18   | 0.977  | 2.66                        | 2.88   | 2.31   | 1.82   | 2.26                        |
| "                        | "      | 49.3   | 46.1   | 57.1                        | "      | "      | "      | 59.3                        |
| 0.0975                   | 0.0701 | 0.0561 | 0.0647 | 0.0735                      | 0.0731 | 0.0656 | 0.1000 | <del>0.0602</del><br>0.0649 |
| 25.75                    | 10.08  | "      | 6.59   | 13.56                       | 15.30  | "      | 13.57  | 16.16                       |
| 1.643                    | 1.180  | 1.135  | 1.403  | 1.287                       | 1.280  | 1.148  | 1.750  | <del>1.053</del><br>1.094   |
| "                        | "      | "      | "      | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| "                        | "      | "      | 4.65   | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| "                        | "      | "      | 408.0  | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| "                        | "      | "      | 8.05   | "                           | "      | "      | "      | "                           |
| 強風化質黑雲母花崗岩               |        |        |        |                             |        |        |        |                             |
| 2.35                     |        |        |        |                             |        | 2.40   |        |                             |
| K+D.P ( 1.5m ) +W× 3+R.B |        |        |        | K+D.P ( 1.5m ) × 2+W× 3+R.B |        |        |        |                             |
|                          |        |        |        |                             |        |        |        |                             |

| No.                     |                                      | 97                                                                            | 98                                   | 99                                   | 100                                  | 101                                  | 102                                  | 103                                  |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 試験項目                    | 試験番号                                 | 23-28                                                                         | 23-29-1                              | 23-29-2                              | 23-30                                | 23-31                                | 23-32                                | 23-33                                |
| ビットの種類                  | —                                    | ローラ<br>ビット                                                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 口 径 $D$                 | mm                                   | 760                                                                           | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 深 度 $H$                 | m                                    | 8.92                                                                          | 8.94                                 | 9.03                                 | 9.09                                 | 9.16                                 | 9.24                                 | 9.27                                 |
| 推 力 $W$                 | kg                                   | 4,509                                                                         | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| テーブル回転速度<br>$n$         | rpm                                  | 12.2                                                                          | 9.2                                  | 19.3                                 | 20.8                                 | 15.3                                 | 18.0                                 | 12.0                                 |
| 掘削トルク $T$               | kg-m                                 | 116.7                                                                         | 60.2                                 | 60.2                                 | 97.9                                 | 79.0                                 | 97.9                                 | 135.6                                |
| 掘 進 速 度 $Dr$            | m/hr                                 | 0.43                                                                          | 0.37                                 | 0.83                                 | 0.89                                 | 0.62                                 | 0.76                                 | 0.50                                 |
| 掘 削 馬 力 $N$             | PS                                   | <del>1.19</del><br><del>1.56</del>                                            | 0.773                                | 1.62                                 | 2.84                                 | 1.69                                 | 2.46                                 | 2.27                                 |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm                                | 59.3                                                                          | “                                    | “<br><del>57.1</del>                 | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 1回転当掘進量<br>$Rr$         | cm/rev                               | 0.0588                                                                        | 0.0670                               | 0.0717                               | 0.0713                               | 0.0676                               | 0.0704                               | 0.0695                               |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$      | kg/cm                                | 16.16                                                                         | 8.34                                 | 8.34                                 | 13.56                                | 10.94                                | 13.53                                | 18.78                                |
| 単位径推力当掘進量<br>$Rr/Wd$    | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | <del>0.44</del><br><del><math>\times 10^{-3}</math></del><br><del>1.033</del> | <del>1.130</del><br><del>1.174</del> | <del>1.209</del><br><del>1.255</del> | <del>1.202</del><br><del>1.251</del> | <del>1.138</del><br><del>1.186</del> | <del>1.187</del><br><del>1.233</del> | <del>1.170</del><br><del>1.217</del> |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A                               | A                                                                             | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.65                                                                          | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>                    | 4.08                                                                          | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min                  | 8.05                                                                          | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    | “                                    |
| 地                       | 地 質 名                                | 強風化質黒雲母花崗岩                                                                    |                                      | 風 化 質 黒 雲 母 花 崗 岩                    |                                      |                                      |                                      |                                      |
| 質                       | 密 度                                  | g/cm <sup>3</sup>                                                             | 2.40                                 | 2.45                                 |                                      |                                      |                                      |                                      |
| ドリルパイプの構成               |                                      | K+D.P ( 1.5 m ) × 2+W× 3+R.B                                                  |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |
| 摘 要                     |                                      | Hギア                                                                           |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |

| 104                                  | 105                                  | 106                                  | 107                                  | 108                                  | 109                                  | 110         | 111   | 112   |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------|-------|
| 23-34                                | 23-35                                | 23-36                                | 23-37                                | 23-38                                | 23-39                                | 24-1        | 24-2  | 24-3  |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "           | "     | "     |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | 1,000R      | "     | "     |
| 9.33                                 | 9.46                                 | 9.56                                 | 9.61                                 | 9.64                                 | 9.71                                 | 2.49        | 2.65  | 2.82  |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | 2,672       | 2,338 | 2,505 |
| 10.5                                 | 21.2                                 | 19.3                                 | 15.4                                 | 12.2                                 | 21.2                                 | 9.64        | 7.88  | 12.41 |
| 97.9                                 | "                                    | 116.7                                | 97.9                                 | "                                    | 116.8                                | 274.9       | 139.1 | 176.8 |
| 0.56                                 | 1.20                                 | 1.01                                 | 0.64                                 | 0.34                                 | 1.17                                 | 4.95        | 3.70  | 7.48  |
| 1.44                                 | 2.90                                 | 3.14                                 | 2.11                                 | 1.67                                 | 3.46                                 | 3.63        | 1.53  | 3.06  |
| "                                    | "                                    | <del>11</del><br><del>-57.1</del>    | "                                    | "                                    | "                                    | 111.3       | 97.4  | 104.4 |
| 0.0889                               | 0.0944                               | 0.0872                               | 0.0693                               | 0.0465                               | 0.0920                               | 0.855       | 0.783 | 1.000 |
| 13.56                                | "                                    | 16.16                                | 13.56                                | "                                    | 16.18                                | 52.07       | 26.35 | 33.49 |
| <del>1.499</del><br><del>1.557</del> | <del>1.590</del><br><del>1.655</del> | <del>1.470</del><br><del>1.520</del> | <del>1.169</del><br><del>1.210</del> | <del>0.982</del><br><del>0.816</del> | <del>1.537</del><br><del>1.613</del> | 7.678       | 8.050 | 9.575 |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | -           | -     | -     |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | -           | -     | -     |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | -           | -     | -     |
| "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | "                                    | -           | -     | -     |
| 風化質黒雲母花崗岩                            |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      | 並風化質黒雲母花崗岩  |       |       |
| 2.45                                 |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      | 2.20        |       | 2.10  |
| K+D.P ( 1.5m ) × 2+W× 3+R.B          |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      | K+W+R.B     |       |       |
|                                      |                                      |                                      |                                      |                                      |                                      | Hギア<br>排砂なし |       |       |

| 試験項目                    |       | No.<br>試験番号                          | 113                    | 114            | 115   | 116             | 117   | 118   | 119   |
|-------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------|----------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
|                         |       |                                      | 24-4                   | 24-5           | 24-6  | 24-7            | 24-8  | 24-9  | 24-10 |
| ビットの種類                  |       | —                                    | ローラ<br>ビット             | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 口 径 $D$                 |       | mm                                   | 1,000R                 | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 深 度 $H$                 |       | m                                    | 3.01                   | 3.30           | 3.49  | 3.84            | 3.97  | 4.13  | 4.22  |
| 推 力 $W$                 |       | kg                                   | 2,338                  | 2,004          | 2,672 | 3,090           | 3,257 | 3,090 | 3,424 |
| テーブル回転速度<br>$n$         |       | rpm                                  | 15.65                  | 19.29          | 13.33 | 10.00           | 6.00  | 13.50 | 5.14  |
| 掘削トルク $T$               |       | kg-m                                 | 252.2                  | 116.4          | 237.2 | 252.2           | —     | 327.7 | 361.2 |
| 掘 進 速 度 $Dr$            |       | m/hr                                 | 8.90                   | 8.65           | 8.49  | 4.94            | 2.32  | 6.71  | 2.62  |
| 掘 削 馬 力 $N$             |       | PS                                   | 5.51                   | 3.14           | 4.41  | 3.52            | 2.11  | 6.18  | 2.60  |
| 単位口径当推力<br>$W_d$        |       | kg/cm                                | 97.4                   | 83.5           | 111.3 | 128.7           | 135.7 | 128.7 | 142.6 |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$        |       | cm/rev                               | 0.948                  | 0.777<br>0.147 | 1.06  | 0.823           | 0.645 | 0.828 | 0.850 |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$      |       | kg/cm                                | 47.77                  | 22.05          | 44.93 | 47.77           | —     | 62.07 | 68.41 |
| 単位径推力当掘進量<br>$R_r/W_d$  |       | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $9.74 \times 10^{-3}$  | 8.95           | 9.525 | 6.39            | 4.75  | 6.43  | 5.965 |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(A)の別 |       | S or A                               | —                      | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 空 気 圧 $P$               |       | kg/cm <sup>2</sup>                   | —                      | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 差 圧 $\Delta P$          |       | kg/m <sup>2</sup>                    | —                      | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 空 気 量 $G$               |       | m <sup>3</sup> /min                  | —                      | —              | —     | —               | —     | —     | —     |
| 地<br>質                  | 地 質 名 |                                      | 強風化質黒雲母花崗岩             |                |       |                 |       |       |       |
|                         | 密 度   |                                      | g/cm <sup>3</sup> 2.00 |                |       |                 | 2.05  |       |       |
| ドリルパイプの構成               |       |                                      | K + W + R.B            |                |       | K + W × 2 + R.B |       |       |       |
| 摘 要                     |       |                                      | Hギア<br>排砂なし            |                |       |                 |       |       |       |

| 120             | 121   | 122   | 123   | 124                                  | 125   | 126     | 127     | 128   |
|-----------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-------|---------|---------|-------|
| 24-11           | 24-12 | 24-13 | 24-14 | 24-15                                | 24-16 | 24-17-1 | 24-17-2 | 24-18 |
| "               | "     | "     | "     | "                                    | "     | "       | "       | "     |
| "               | "     | "     | "     | "                                    | "     | "       | "       | "     |
| 4.42            | 4.54  | 4.58  | 4.69  | 4.73                                 | 4.83  | 4.93    | 4.93    | 5.24  |
| 3,257           | 919   | "     | "     | 1,420                                | 752   | 1,253   | 2,088   | 2,589 |
| 7.83            | 9.00  | 12.0  | 10.59 | 5.37                                 | 14.21 | 8.18    | 8.18    | 10.19 |
| 376.0           | 151.0 | —     | —     | 113.3                                | —     | 166.2   | 166.2   | 133.1 |
| 3.89            | 1.47  | 1.46  | 1.54  | 1.73                                 | 1.50  | 0.92    | 0.68    | 1.38  |
| 4.12            | 1.90  | —     | —     | 0.85                                 | —     | 1.90    | 1.90    | 1.90  |
| 135.7           | 38.3  | "     | "     | 59.1                                 | 31.3  | 52.2    | 87.1    | 107.9 |
| 0.829           | 0.272 | 0.203 | 0.243 | <sup>4537</sup><br><del>0.364</del>  | 0.176 | 0.187   | 0.139   | 0.226 |
| 71.21           | 28.60 | —     | —     | 21.46                                | —     | 31.48   | 31.48   | 25.21 |
| 6.12            | 7.12  | 5.30  | 6.35  | <sup>9.085</sup><br><del>6.505</del> | 5.625 | 3.59    | 1.598   | 2.093 |
| —               | —     | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —     |
| —               | —     | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —     |
| —               | —     | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —     |
| —               | —     | —     | —     | —                                    | —     | —       | —       | —     |
| 強風化質黑雲母花崗岩      |       |       |       |                                      |       |         |         |       |
| 2.05            |       |       |       |                                      |       |         |         | 2.10  |
| K + W × 2 + R.B |       |       |       |                                      |       |         |         |       |
|                 |       |       |       |                                      |       |         |         |       |

| No. 試験番号                 |                     | 129                    | 130   | 131   | 132   | 133   | 134   | 135   |
|--------------------------|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 試験項目                     | 単位                  | 24-19                  | 24-20 | 24-21 | 24-22 | 24-23 | 24-24 | 24-25 |
| ビットの種類                   | —                   | ローラビット                 | "     | "     | "     | "     | "     | "     |
| 口 径 $D$                  | mm                  | 1,000R                 | "     | "     | "     | "     | "     | "     |
| 深 度 $H$                  | m                   | 5.27                   | 5.34  | 5.38  | 5.45  | 5.57  | 5.67  | 5.82  |
| 推 力 $W$                  | kg                  | 1,754                  | 1,253 | 1,420 | 1,253 | 2,004 | 1,169 | "     |
| テーブル回転速度 $n$             | r pm                | 6.00                   | 12.00 | 11.74 | 8.78  | 6.00  | 10.19 | 11.74 |
| 掘削トルク $T$                | kg-m                | 133.1                  | —     | 151.0 | —     | 226.2 | 211.3 | —     |
| 掘進速度 $Dr$                | m/hr                | 1.20                   | 1.32  | 1.32  | 1.61  | 1.15  | 1.82  | 2.34  |
| 掘削馬力 $N$                 | PS                  | 1.12                   | —     | 2.48  | —     | 1.90  | 3.01  | —     |
| 単位口径当推力 $Wd$             | kg/cm               | 73.1                   | 52.2  | 59.1  | 52.2  | 83.5  | 48.7  | "     |
| 1回転当掘進量 $R_r$            | cm/rev              | 0.333                  | 0.183 | 0.187 | 0.306 | 0.318 | 0.298 | 0.331 |
| 単位口径当水平分力 $F_c$          | kg/cm               | $2521 \times 10^{-3}$  | —     | 28.60 | —     | 42.84 | 40.02 | —     |
| 単位径推力当掘進量 $R_r/Wd$       | cm/rev<br>kg/cm     | $4.56 \times 10^{-3}$  | 3.51  | 3.168 | 5.865 | 3.81  | 6.125 | 6.815 |
| サクション(S)とエ<br>アフリット(A)の別 | S or A              | —                      | —     | —     | —     | A     | "     | "     |
| 空 気 圧 $P$                | kg/cm <sup>2</sup>  | —                      | —     | —     | —     | 4.6   | "     | "     |
| 差 圧 $\Delta P$           | kg/m <sup>2</sup>   | —                      | —     | —     | —     | 394.4 | "     | "     |
| 空 気 量 $G$                | m <sup>3</sup> /min | —                      | —     | —     | —     | 7.87  | "     | "     |
| 地 質                      | 地 質 名               | 強風化質黒雲母花崗岩             |       |       |       |       |       |       |
|                          | 密 度                 | g/cm <sup>3</sup> 2.10 |       |       |       |       |       |       |
| ドリルパイプの構成                |                     | K + W × 3 + R.B        |       |       |       |       |       |       |
| 摘 要                      |                     | Hギア                    |       |       |       |       |       |       |

|                     |       |       |       |       |       |                      |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
| 136                 | 137   | 138   | 139   | 140   | 141   | 142                  | 143   | 144   |
| 24-26               | 24-27 | 24-28 | 24-29 | 24-30 | 24-31 | 25-1                 | 25-2  | 25-3  |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| 15.97               | 6.07  | 6.16  | 6.21  | 6.33  | 6.41  | 7.03                 | 7.17  | 7.33  |
| 1,336               | 1,002 | 1,086 | 2,004 | 835   | 835   | 1,837                | 2,672 | 1,503 |
| 7.11                | 13.50 | 9.73  | 6.21  | 14.40 | 12.00 | 7.83                 | 5.90  | 14.12 |
| 276.2               | 234.0 | 248.1 | 241.5 | —     | 176.3 | 131.5                | 176.3 | 139.1 |
| 1.61                | 2.08  | 1.58  | 1.18  | 1.89  | 2.25  | 1.36                 | 1.00  | 1.62  |
| $\frac{2.77}{2.25}$ | 4.42  | 3.38  | 2.10  | —     | 2.95  | 1.44                 | 1.45  | 2.74  |
| 55.7                | 41.8  | 45.2  | 83.5  | 34.8  | 34.8  | 76.5                 | 111.3 | 62.6  |
| 0.378               | 0.257 | 0.270 | 0.317 | 0.219 | 0.313 | 0.290                | 0.285 | 0.191 |
| 52.31               | 44.32 | 46.99 | 45.74 | —     | 33.39 | 24.91                | 33.39 | 26.35 |
| 6.80                | 6.15  | 5.98  | 3.80  | 6.30  | 9.00  | 3.794                | 2.56  | 3.055 |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| "                   | "     | "     | "     | "     | "     | "                    | "     | "     |
| 強風化質黑雲母花崗岩          |       |       |       |       |       |                      |       |       |
| 2.10                | 2.20  | 2.25  | 2.30  |       |       |                      |       |       |
| K + W × 3 + R.B     |       |       |       |       |       | K + FF + W × 3 + R.B |       |       |
|                     |       |       |       |       |       |                      |       |       |

| No.                     |                                      | 145                   | 146   | 147   | 148                   | 149   | 150   | 151   |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| 試験項目                    | 試験番号                                 | 25-4                  | 25-5  | 25-6  | 25-7                  | 25-8  | 25-9  | 25-10 |
| ビットの種類                  | —                                    | ローラ<br>ビット            | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 口 径 $D$                 | mm                                   | 1,000R                | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 深 度 $H$                 | m                                    | 7.44                  | 7.60  | 7.74  | 7.89                  | 8.04  | 8.20  | 8.40  |
| 推 力 $W$                 | kg                                   | 1837                  | 1503  | 3841  | 3507                  | 3674  | 3507  | 3,340 |
| テーブル回転速度<br>$n$         | r pm                                 | 9.82                  | 12.20 | 6.43  | 10.38                 | 14.21 | 8.57  | 12.20 |
| 掘 進 トルク $T$             | kg-m                                 | 139.1                 | 176.3 | 252.2 | 290.0                 | 403.1 | 252.2 | 403.1 |
| 掘 進 速 度 $Dr$            | m/hr                                 | 1.48                  | 1.47  | 1.44  | 2.81                  | 3.76  | 2.57  | 3.41  |
| 掘 削 馬 力 $N$             | P S                                  | 1.91                  | 3.00  | 2.26  | 4.20                  | 8.00  | 3.02  | 6.87  |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm                                | 76.5                  | 62.6  | 160.0 | 146.1                 | 153.1 | 146.1 | 139.2 |
| 1 回転当掘進量<br>$Rr$        | cm/rev                               | 0.251                 | 0.200 | 0.373 | $\frac{0.451}{0.568}$ | 0.441 | 0.500 | 0.466 |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$      | kg/cm                                | 26.35                 | 33.39 | 47.77 | 54.93                 | 76.35 | 47.77 | 76.35 |
| 単位径推力当掘進量<br>$Rr/Wd$    | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $3.28 \times 10^{-3}$ | 3.20  | 2.33  | $\frac{3.09}{3.86}$   | 2.875 | 3.425 | 3.345 |
| サクシヨン(S)とエ<br>アリフト(A)の別 | S or A                               | A                     | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.6                   | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>                    | 394.4                 | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min                  | 7.87                  | "     | "     | "                     | "     | "     | "     |
| 地                       | 地 質 名                                | 強風化質黒雲母花崗岩            |       |       |                       |       |       |       |
| 質                       | 密 度                                  | g/cm <sup>3</sup>     | 2.35  |       |                       | 2.40  |       |       |
| ドリルパイプの構成               |                                      | K+FF+W×3+R.B          |       |       |                       |       |       |       |
| 摘 要                     |                                      | Hギア                   |       |       |                       |       |       |       |

| 152                         | 153   | 154     | 155     | 156     | 157     | 158     | 159     | 160     |
|-----------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 25-11                       | 25-12 | 25-12-1 | 25-12-2 | 25-12-3 | 25-12-4 | 25-12-5 | 25-12-6 | 25-12-7 |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| 9.09                        | 9.44  | "       | 9.44    | "       | "       | "       | "       | "       |
| 4,843                       | 3,841 | 4,340   | 3,790   | 3,340   | 2,939   | 2,221   | 2,470   | 1,670   |
| 11.80                       | 8.33  | "       | 8.33    | "       | "       | "       | "       | "       |
| 327.7                       | 139.1 | 403.0   | 260     | 252     | 284     | 147     | 177     | 101     |
| 3.29                        | 1.46  | —       | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| 5.40                        | 1.62  | 4.69    | 3.02    | 2.93    | 3.30    | 1.71    | 2.06    | 1.17    |
| 201.8                       | 160.0 | 180.8   | 157.9   | 139.2   | 122.5   | 92.5    | 102.9   | 69.6    |
| 0.464                       | 0.292 | —       | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| 62.07                       | 26.35 | 76.33   | 49.24   | 47.73   | 53.79   | 27.84   | 35.52   | 19.13   |
| 2.30                        | 1.825 | —       | —       | —       | —       | —       | —       | —       |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| "                           | "     | "       | "       | "       | "       | "       | "       | "       |
| 風化質黑雲母花崗岩                   |       |         |         |         |         |         |         |         |
| 2.45                        |       |         |         |         |         |         |         |         |
| K+D,P ( 1.5 m ) +FF+W×3+R,B |       |         |         |         |         |         |         |         |
|                             |       |         |         |         |         |         |         |         |

| 試験項目<br>単位             |       | 試験番号<br>No.                          | 161                           | 162    | 163   | 164                           | 165    | 166                       | 167       |
|------------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------|--------|-------|-------------------------------|--------|---------------------------|-----------|
|                        |       |                                      | 25-13                         | 25-14  | 25-15 | 25-16                         | 25-17  | 25-18                     | 25-19     |
| ビットの種類                 |       | —                                    | ローラ<br>ビット                    | "      | "     | "                             | "      | "                         | "         |
| 口 径 $D$                |       | mm                                   | 1,000R                        | "      | 1,000 | "                             | "      | "                         | "         |
| 深 度 $H$                |       | m                                    | 9.59                          | 9.69   | 9.90  | 9.92                          | 9.95   | 9.99                      | 10.03     |
| 推 力 $W$                |       | kg                                   | 1,670                         | 4,008  | 5,177 | 5,010                         | "      | 5,511                     | "         |
| テーブル回転速度<br>$n$        |       | r pm                                 | 18.95                         | 17.56  | 7.94  | 9.74                          | 10.43  | 14.69                     | 18.00     |
| 回 転 トルク $T$            |       | kg-m                                 | 101.3                         | 554.0  | 115.9 | 153.6                         | 115.9  | 191.3                     | 153.6     |
| 掘 進 速 度 $D_r$          |       | m/hr                                 | 1.83                          | 3.6    | —     | 0.23                          | 0.21   | 0.36                      | 0.40      |
| 掘 削 馬 力 $N$            |       | PS                                   | 2.68                          | 13.58  | 1.28  | 2.09                          | 1.69   | 3.92                      | 3.86      |
| 単位口径当推力<br>$W_d$       |       | kg/cm                                | "                             | 167    | 51.8  | 50.1                          | "      | <u>55.1</u>               | 55.1      |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$       |       | cm/rev                               | 0.161                         | 0.342  | —     | 0.0400                        | 0.0336 | 0.0408                    | 0.0372    |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$     |       | kg/cm                                | 19.19                         | 105.04 | 9.27  | 12.29                         | 9.27   | 15.30                     | 12.29     |
| 単位径推力当掘進量<br>$R_r/W_d$ |       | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $\times 10^{-3}$<br>2.315     | 2.048  | —     | 0.798                         | 0.671  | <del>0.814</del><br>0.740 | 0.675     |
| サクソン(S)とエ<br>アリフトの別    |       | S or A                               | A                             | "      | "     | "                             | "      | "                         | "         |
| 空 気 圧 $P$              |       | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.6                           | "      | "     | "                             | "      | "                         | "         |
| 差 圧 $\Delta P$         |       | kg/m <sup>2</sup>                    | 394.4                         | "      | "     | "                             | "      | 340.0                     | "         |
| 空 気 量 $G$              |       | m <sup>3</sup> /min                  | 7.87                          | "      | "     | "                             | "      | 7.31                      | "         |
| 地 質                    | 地 質 名 |                                      | 風化質黒雲母花崗岩                     |        |       | 強風化質黒雲母花崗岩                    |        |                           | 風化質黒雲母花崗岩 |
|                        | 密 度   |                                      | g/cm <sup>3</sup>             |        | 2.45  |                               |        |                           |           |
| ドリルパイプの構成              |       |                                      | K+D.P (1.5 m)+<br>F.F+W×3+R.B |        |       | K+F.F+D.P (1.5 m)+F.F+W×3+R.B |        |                           |           |
| 摘 要                    |       |                                      | Hギア                           |        |       |                               |        |                           |           |

| 168<br>25-20                | 169<br>25-21 | 170<br>25-22 | 171<br>25-23                | 172<br>25-24 | 173<br>25-25 | 174<br>25-26 | 175<br>25-27 | 176<br>25-28 |
|-----------------------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| 10.18                       | 10.28        | 10.49        | 10.57                       | 10.64        | 10.74        | 10.83        | 10.87        | 10.89        |
| "                           | 5.511        | "            | "                           | "            | "            | "            | 4.426        | "            |
| 25.11                       | 20.76        | 30.63        | 32.72                       | 21.17        | 23.23        | 30.00        | 27.69        | 15.00        |
| 168.7                       | 153.6        | 191.3        | 281.9                       | 153.6        | 191.3        | "            | "            | 191.3        |
| 0.72                        | 0.47         | 0.70         | 1.11                        | 0.39         | 0.47         | 0.72         | 0.48         | 0.20         |
| 5.91                        | 4.45         | 8.18         | 12.88                       | 4.54         | 6.20         | 8.01         | 7.40         | 4.01         |
| "                           | 55.1         | "            | "                           | "            | "            | "            | 44.3         | "            |
| 0.0478                      | 0.0376       | 0.0379       | <del>0.0513</del><br>0.0565 | 0.0312       | 0.0336       | 0.0397       | 0.0289       | 0.0227       |
| 13.50                       | 12.29        | 15.30        | 22.55                       | 12.29        | 15.30        | "            | "            | 15.30        |
| 0.868                       | 0.683        | 0.685        | <del>0.933</del><br>1.025   | 0.567        | 0.610        | 0.721        | 0.675        | 0.512        |
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| "                           | "            | "            | "                           | "            | "            | "            | "            | "            |
| 風化質黑雲母花崗岩                   |              |              |                             |              |              |              |              |              |
| 2.45                        |              |              |                             |              |              |              |              |              |
| K+F.F+D.P(1.5m)+F.F+W×3+R.B |              |              |                             |              |              |              |              |              |
|                             |              |              |                             |              |              |              |              |              |

| 試験項目                       |       | 単位                  | No. 試験番号                                 |                                           |        |        |                             |        |        |
|----------------------------|-------|---------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|--------|
|                            |       |                     | 177                                      | 178                                       | 179    | 180    | 181                         | 182    | 183    |
|                            |       |                     | 25-29                                    | 26-1                                      | 26-2   | 26-3   | 26-4                        | 26-5   | 26-6   |
| ビットの種類                     |       | —                   | ローラ<br>ビット                               | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 口 径 $D$                    |       | mm                  | 1,000                                    | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 深 度 $H$                    |       | m                   | 10.94                                    | 10.98                                     | 11.04  | 11.08  | 11.18                       | 11.21  | 11.25  |
| 推 力 $W$                    |       | kg                  | 4,426                                    | 4,593                                     | “      | “      | 5,428                       | 4,509  | 4,509  |
| テーブル回転速度<br>$n$            |       | rpm                 | 12.20                                    | 19.28                                     | 22.86  | 26.18  | “                           | 18.62  | 28.23  |
| 掘削トルク $T$                  |       | kg-m                | 153.6                                    | 115.9                                     | 153.6  | 196.3  | 229.1                       | 191.3  | 191.3  |
| 掘進速度 $Dr$                  |       | m/hr                | —                                        | 0.28                                      | 0.31   | 0.42   | 0.57                        | 0.32   | 0.48   |
| 掘削馬力 $N$                   |       | PS                  | 2.62                                     | 3.12                                      | 4.90   | 6.99   | 8.37                        | 4.97   | 7.54   |
| 単位口径当推力<br>$W_d$           |       | kg/cm               | 44.3                                     | 45.9                                      | “      | “      | 54.3                        | 45.1   | 45.1   |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$           |       | cm/rev              | —                                        | 0.0257                                    | 0.0230 | 0.0267 | 0.0363<br><del>0.0410</del> | 0.0290 | 0.0282 |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$         |       | kg/cm               | 12.29                                    | 9.27                                      | 12.29  | 15.30  | 18.33                       | 15.30  | 15.30  |
| 単位径推力当掘進<br>量<br>$R_r/W_d$ |       | cm/rev<br>kg/cm     | —                                        | 0.559 <sup><math>\times 10^3</math></sup> | 0.5015 | 0.5815 | 0.669<br><del>0.756</del>   | 0.643  | 0.625  |
| サクション(S)とエ<br>アフリット(M)の別   |       | S or A              | A                                        | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 空 気 圧 $P$                  |       | kg/cm <sup>2</sup>  | 4.6                                      | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 差 圧 $\Delta P$             |       | kg/m <sup>2</sup>   | 340.0                                    | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 空 気 量 $G$                  |       | m <sup>3</sup> /min | 7.31                                     | “                                         | “      | “      | “                           | “      | “      |
| 地 質                        | 地 質 名 |                     | 風化質黒雲母花崗岩                                |                                           |        |        |                             |        |        |
|                            | 密 度   |                     | g/cm <sup>3</sup>                        |                                           | 2.45   | 2.50   |                             |        |        |
| ドリルパイプの構成                  |       |                     | K + F・F + D・P (1.5m) + F・F + W × 3 + R・B |                                           |        |        |                             |        |        |
| 摘 要                        |       |                     | Hギア                                      |                                           |        |        |                             |        |        |

|                             |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 184                         | 185    | 186    | 187    | 188    | 189    | 190    | 191    | 192    |
| 26-7                        | 26-7-1 | 26-7-2 | 26-7-3 | 26-7-4 | 26-7-5 | 26-7-6 | 26-7-7 | 26-8   |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| 11.33                       | "      | "      | "      | "      | "      | 11.33  | "      | 11.43  |
| 6,012                       | 3,006  | 3,925  | 4,843  | 5,227  | 6,179  | 2,088  | 969    | 5,428  |
| 12.00                       | "      | "      | "      | "      | "      | 12.00  | "      | 19.72  |
| 210.2                       | 93.3   | 115.9  | 138.5  | 183.8  | 236.6  | 90.5   | 34.2   | 172.5  |
| 0.30                        | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0.38   |
| 3.52                        | 1.56   | 1.94   | 2.32   | 3.08   | 3.96   | 1.52   | 5.73   | 4.75   |
| 60.1                        | 30.1   | 39.3   | 48.4   | 52.3   | 61.8   | 20.9   | 9.7    | 54.3   |
| 0.0417                      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0.0328 |
| 16.82                       | 7.46   | 9.27   | 11.08  | 14.70  | 18.93  | 7.24   | 27.36  | 13.80  |
| 0.693                       | —      | —      | —      | —      | —      | —      |        | 0.603  |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| "                           | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      | "      |
| 風化質黑雲母花崗岩                   |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.50                        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| K+W+FF+DP(1.5m)+F·F+W×3+R·B |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                             |        |        |        |        |        |        |        |        |

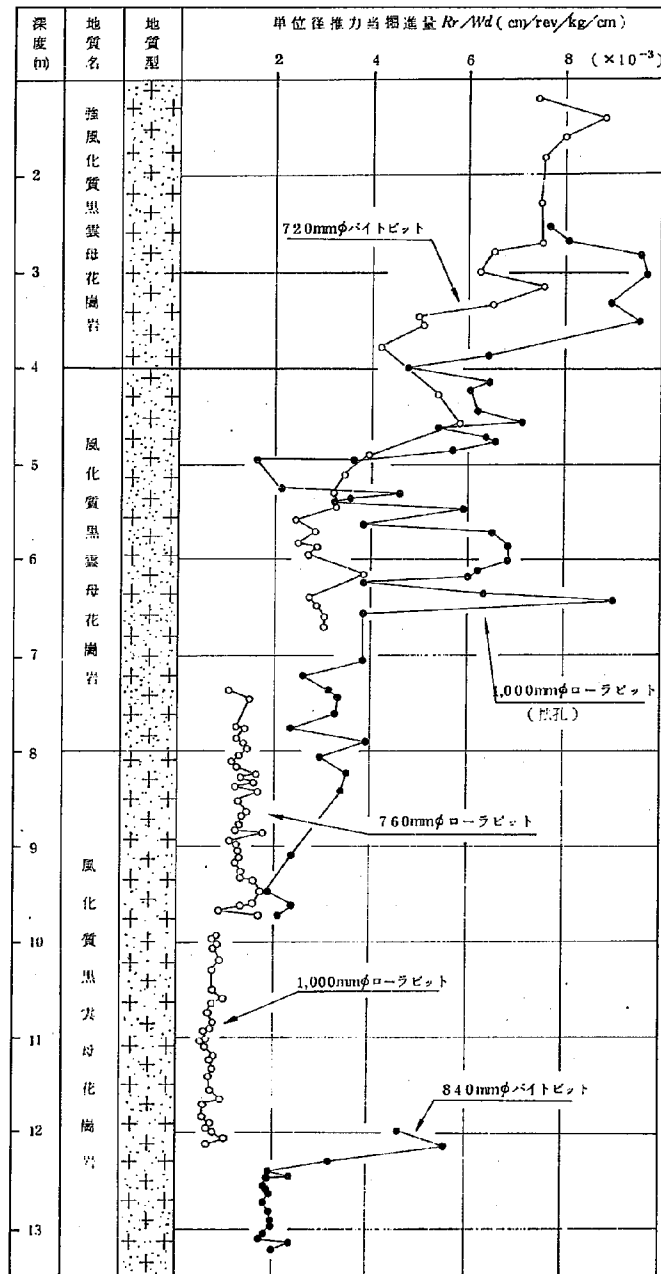
| No.                      |                             | 193                                 | 194                         | 195    | 196    | 197    | 198    | 199    |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 試験項目                     | 試験番号                        | 26-9                                | 26-10                       | 26-11  | 26-12  | 26-13  | 26-14  | 26-15  |
| ビットの種類                   | —                           | ローラ<br>ビット                          | "                           | "      | "      | "      | "      | "      |
| 口 径 $D$                  | mm                          | 1,000                               | "                           | "      | "      | "      | "      | "      |
| 深 度 $H$                  | m                           | 11.55                               | 11.64                       | 11.69  | 11.82  | 11.87  | 11.94  | 11.98  |
| 推 力 $W$                  | kg                          | 5511                                | 6,012                       | 6,096  | 5,678  | 5,578  | "      | "      |
| テーブル回転速度<br>$n$          | rpm                         | 22.85                               | 27.16                       | 19.45  | "      | 25.71  | 23.22  | 14.17  |
| 掘削トルク $T$                | kg-m                        | 191.5                               | "                           | 213.9  | 191.3  | 191.3  | 172.5  | 285.7  |
| 掘進速度 $Dr$                | m/hr                        | 0.57                                | 0.74                        | 0.36   | 0.33   | 0.58   | 0.53   | 0.35   |
| 掘削馬力 $N$                 | PS                          | 6.11                                | 7.26                        | 5.81   | 5.20   | 6.87   | 5.59   | 5.65   |
| 単位口径当推力<br>$Wd$          | kg/cm                       | <del>55.1</del><br>61.0             | 60.1                        | 61.0   | 56.8   | 56.8   | "      | "      |
| 1回転当掘進量<br>$R_r$         | cm/rev                      | 0.0421                              | <del>0.0454</del><br>0.0552 | 0.0311 | 0.0286 | 0.0376 | 0.0377 | 0.0412 |
| 単位口径当水平分力<br>$F_c$       | kg/cm                       | 15.32                               | "                           | 17.11  | 15.30  | 15.30  | 13.80  | 22.86  |
| 単位掘進力当掘進量<br>$R_r/Wd$    | cm/rev<br>kg/cm             | <del>0.75</del><br><del>0.588</del> | <del>0.756</del><br>0.9175  | 0.510  | 0.5028 | 0.662  | 0.6625 | 0.723  |
| サクション(S)とエ<br>アフリット(A)の別 | S or A                      | A                                   | "                           | "      | "      | "      | "      | "      |
| 空 気 圧 $P$                | kg/cm <sup>2</sup>          | 4.6                                 | "                           | 4.7    | "      | "      | "      | "      |
| 差 圧 $\Delta P$           | kg/m <sup>2</sup>           | 340.0                               | "                           | 333    | "      | "      | "      | "      |
| 空 気 量 $G$                | m <sup>3</sup> /min         | 7.31                                | "                           | 7.23   | "      | "      | "      | "      |
| 地 質                      | 地 質 名                       | 風化質黒雲母花崗岩                           |                             |        |        |        |        |        |
|                          | 密 度 $\rho$ /cm <sup>3</sup> | 2.50                                |                             |        |        |        |        |        |
| ドリルパイプの構成                |                             | K+W+F.F+D.P(1.5 m)+F.F+W×3+R.B      |                             |        |        |        |        |        |
| 摘 要                      |                             | Hギア                                 |                             |        |        |        |        |        |

|                                   |        |                                   |       |       |        |                                      |                                      |                                     |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|-------|-------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 200                               | 201    | 202                               | 203   | 204   | 205    | 206                                  | 207                                  | 208                                 |
| 26-16                             | 26-17  | 27-1                              | 27-2  | 27-3  | 27-4   | 27-5                                 | 27-6                                 | 27-7                                |
| "                                 | "      | バイト<br>ビット                        | "     | "     | "      | "                                    | "                                    | "                                   |
| "                                 | "      | 840                               | "     | "     | "      | "                                    | "                                    | "                                   |
| 12.05                             | 12.10  | 11.98                             | 12.13 | 12.27 | 12.38  | 12.42                                | 12.41                                | 12.52                               |
| "                                 | 5720   | 3,841                             | "     | "     | "      | 3,925                                | 2,505                                | "                                   |
| 27.17                             | 12.63  | 9.23                              | 5.45  | 14.40 | 21.17  | 24.55                                | 9.60                                 | 14.79                               |
| 229.1                             | 176.3  | 603.6                             | 754.5 | 679.0 | 641.3  | 732.0                                | 460.0                                | 453.0                               |
| 0.96                              | 0.29   | 1.15                              | 0.85  | 1.24  | 1.11   | 1.60                                 | 0.31                                 | 0.48                                |
| 8.69                              | 3.11   | 7.78                              | 5.74  | 13.6  | 18.95  | <del>25.09</del><br><del>16.81</del> | <del>6.17</del><br><del>7.08</del>   | <del>9.35</del><br><del>10.00</del> |
| "                                 | 57.2   | 45.7                              | "     | 45.7  | "      | 46.7                                 | 29.8                                 | "                                   |
| 0.0589                            | 0.0378 | 0.209                             | 0.259 | 0.143 | 0.0876 | 0.109                                | 0.0538                               | 0.0541                              |
| 18.33                             | 14.10  | 68.45                             | 85.56 | 77.00 | 72.72  | <del>82.99</del><br><del>66.61</del> | <del>52.15</del><br><del>50.98</del> | <del>57.36</del>                    |
| 1.035                             | 0.662  | 4.575                             | 5.675 | 3.13  | 1.92   | 2.335                                | 1.806                                | 1.815                               |
| "                                 | "      | "                                 | "     | "     | "      | "                                    | "                                    | "                                   |
| "                                 | "      | "                                 | "     | "     | 4.75   | "                                    | "                                    | "                                   |
| "                                 | "      | "                                 | "     | "     | 340    | "                                    | "                                    | "                                   |
| "                                 | "      | "                                 | "     | "     | 7.43   | "                                    | "                                    | "                                   |
| 風化質黒雲母花崗岩                         |        |                                   |       |       |        |                                      |                                      |                                     |
| 2.50                              |        |                                   |       |       |        |                                      |                                      |                                     |
| K+W+F.F+D.P(1.5m)<br>+F.F+W×3+R.B |        | K+F.F+M.F×2+D.P(1.5m)+F.F+W×2+B.B |       |       |        |                                      |                                      |                                     |
|                                   |        |                                   |       |       |        |                                      |                                      |                                     |

| No.                     |                                      | 209                            | 210                     | 211                       | 212                       | 213    | 214                       | 215                       |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
| 試験項目                    | 試験番号                                 | 27-8                           | 27-9                    | 27-10                     | 27-11                     | 27-12  | 27-13                     | 27-14                     |
| ビットの種類                  | —                                    | バイト<br>ビット                     | "                       | "                         | "                         | "      | "                         | "                         |
| 口 径 $D$                 | mm                                   | 840                            | "                       | "                         | "                         | "      | "                         | "                         |
| 深 度 $H$                 | m                                    | 12.59                          | 12.63                   | 12.73                     | 12.79                     | 12.87  | 12.96                     | 13.04                     |
| 推 力 $W$                 | kg                                   | 2,505                          | 2,422                   | 2,589                     | "                         | 4,180  | "                         | "                         |
| テーブル回転速度<br>$n$         | rpm                                  | <del>20.0</del><br>12.6        | 6.05                    | 16.74                     | 12.0                      | 11.61  | 18.22                     | 22.5                      |
| 掘削トルク $T$               | kg-m                                 | 453.0                          | "                       | 491.0                     | 453.0                     | 603.6  | 679.0                     | 747.0                     |
| 掘進速度 $Dr$               | m/hr                                 | 0.663                          | 0.21                    | 0.57                      | 0.43                      | 0.702  | 1.06                      | 1.26                      |
| 掘進馬力 $N$                | PS                                   | <del>12.15</del><br>14.75      | <del>3.82</del><br>4.16 | <del>11.40</del><br>13.22 | <del>7.59</del><br>8.22   | 9.78   | <del>17.27</del><br>16.31 | <del>23.97</del><br>20.11 |
| 単位口径当推力<br>$Wd$         | kg/cm                                | 29.8                           | 28.8                    | 30.8                      | "                         | 49.8   | "                         | "                         |
| 1回転当掘進量<br>$Rr$         | cm/rev                               | 0.0552                         | 0.0572                  | 0.0566                    | 0.0597                    | 0.1008 | 0.0971                    | 0.0930                    |
| 単位口径当水平分力<br>$Fc$       | kg/cm                                | <del>51.36</del><br>59.90      | "                       | <del>55.67</del><br>64.16 | <del>51.36</del><br>55.61 | 68.45  | <del>71.99</del><br>72.72 | <del>84.69</del><br>81.11 |
| 単位径推力当掘進量<br>$Rr/Wd$    | $\frac{\text{cm/rev}}{\text{kg/cm}}$ | $1.85 \times 10^3$             | 1.985                   | 1.835                     | 1.935                     | 1.993  | 1.915                     | 1.835                     |
| サクション(S)とエ<br>アリフト(L)の別 | S or A                               | A                              | "                       | "                         | "                         | "      | "                         | "                         |
| 空 気 圧 $P$               | kg/cm <sup>2</sup>                   | 4.75                           | "                       | "                         | "                         | 4.7    | "                         | "                         |
| 差 圧 $\Delta P$          | kg/m <sup>2</sup>                    | 340                            | "                       | "                         | "                         | 326    | "                         | "                         |
| 空 気 量 $G$               | m <sup>3</sup> /min                  | 7.43                           | "                       | "                         | "                         | 7.23   | "                         | "                         |
| 地 質 名                   | 風化質黒雲母花崗岩                            |                                |                         |                           |                           |        |                           |                           |
| 質 密 度                   | g/cm <sup>3</sup>                    | 2.50                           |                         |                           |                           |        |                           |                           |
| ドリルパイプの構成               |                                      | K+F.F+MF×2+DP(1.5m)+F.F+W×2+BB |                         |                           |                           |        |                           |                           |
| 摘 要                     |                                      | Hギア                            |                         |                           |                           |        |                           |                           |

| 216                                 | 217                                  | 218    | 219       | 220   | 221   | 222   | 223   |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 27-15                               | 27-16                                | 27-17  | 27-18     | 27-19 | 27-20 | 27-21 | 27-22 |
| "                                   | "                                    | "      | "         | "     | "     | "     | "     |
| "                                   | "                                    | "      | "         | "     | "     | "     | "     |
| 13.09                               | 13.14                                | 13.18  | "         | "     | "     | "     | "     |
| "                                   | "                                    | 3,424  | 1,002     | 2,338 | 2,922 | 3,256 | 3,841 |
| 8.09                                | 5.09                                 | 15.0   | —         | —     | —     | —     | —     |
| 717.0                               | 641.0                                | 565.9  | 121.0     | 317.0 | 453.0 | 521.0 | 709.0 |
| 0.46                                | 0.39                                 | 0.76   | —         | —     | —     | —     | —     |
| <del>8.10</del><br><del>7.24</del>  | <del>7.56</del><br><del>4.29</del>   | 11.85  | —         | —     | —     | —     | —     |
| "                                   | "                                    | 40.8   | 11.9      | 27.8  | 34.7  | 38.7  | 45.7  |
| 0.0941                              | 0.127                                | 0.0842 | —         | —     | —     | —     | —     |
| <del>81.24</del><br><del>1.72</del> | <del>22.68</del><br><del>66.15</del> | 64.17  | 13.7      | 35.9  | 51.3  | 59.0  | 80.4  |
| <del>1.983</del><br><del>1.72</del> | <del>2.564</del><br><del>2.822</del> | 2.055  | —         | —     | —     | —     | —     |
| "                                   | "                                    | "      | —         | —     | —     | —     | —     |
| "                                   | "                                    | "      | —         | —     | —     | —     | —     |
| "                                   | "                                    | "      | —         | —     | —     | —     | —     |
| "                                   | "                                    | "      | —         | —     | —     | —     | —     |
|                                     |                                      |        | 風化質黒雲母花崗岩 |       |       |       |       |
|                                     |                                      |        | 2.50      |       |       |       |       |
| K+F.F+M.F×2+D.P(1.5m)+F.F+W×2+B.B   |                                      |        |           |       |       |       |       |
| Hギア                                 | バイト刃<br>先破損                          |        |           |       |       |       |       |

図 3-1 深度と単位径推力当掘進量の関係



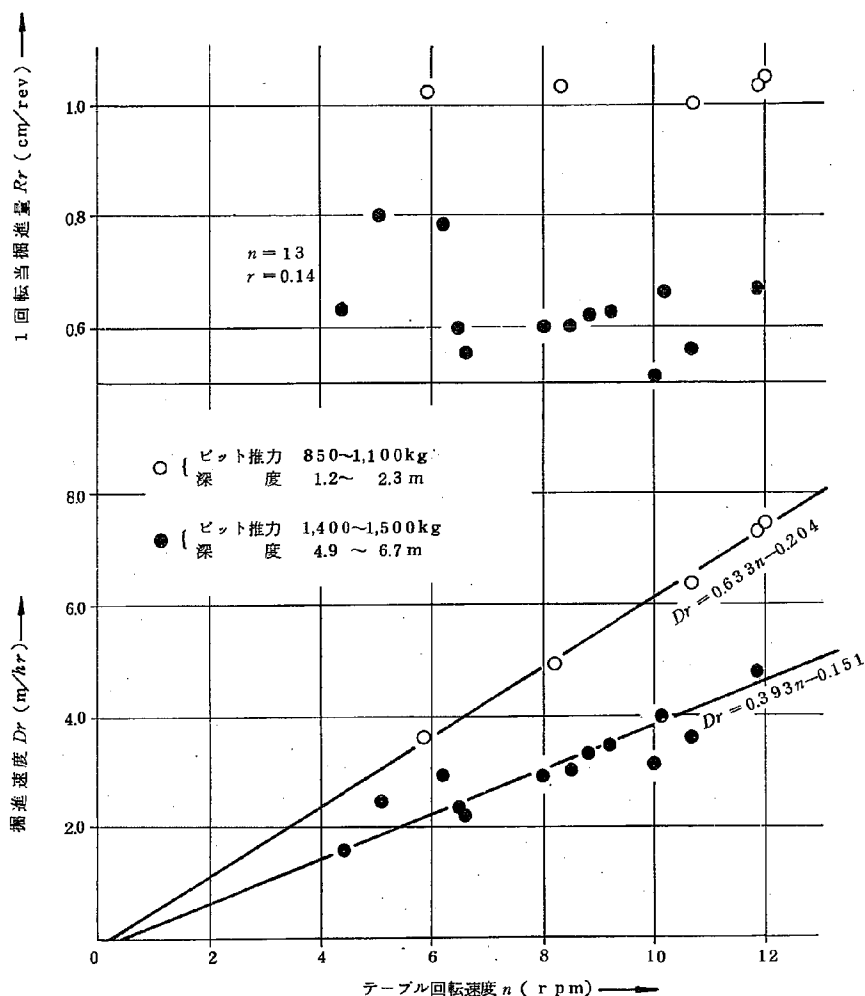


図 3 - 2 720mmφバイトビットの回転速度と掘進速度・1回転当掘進量の関係

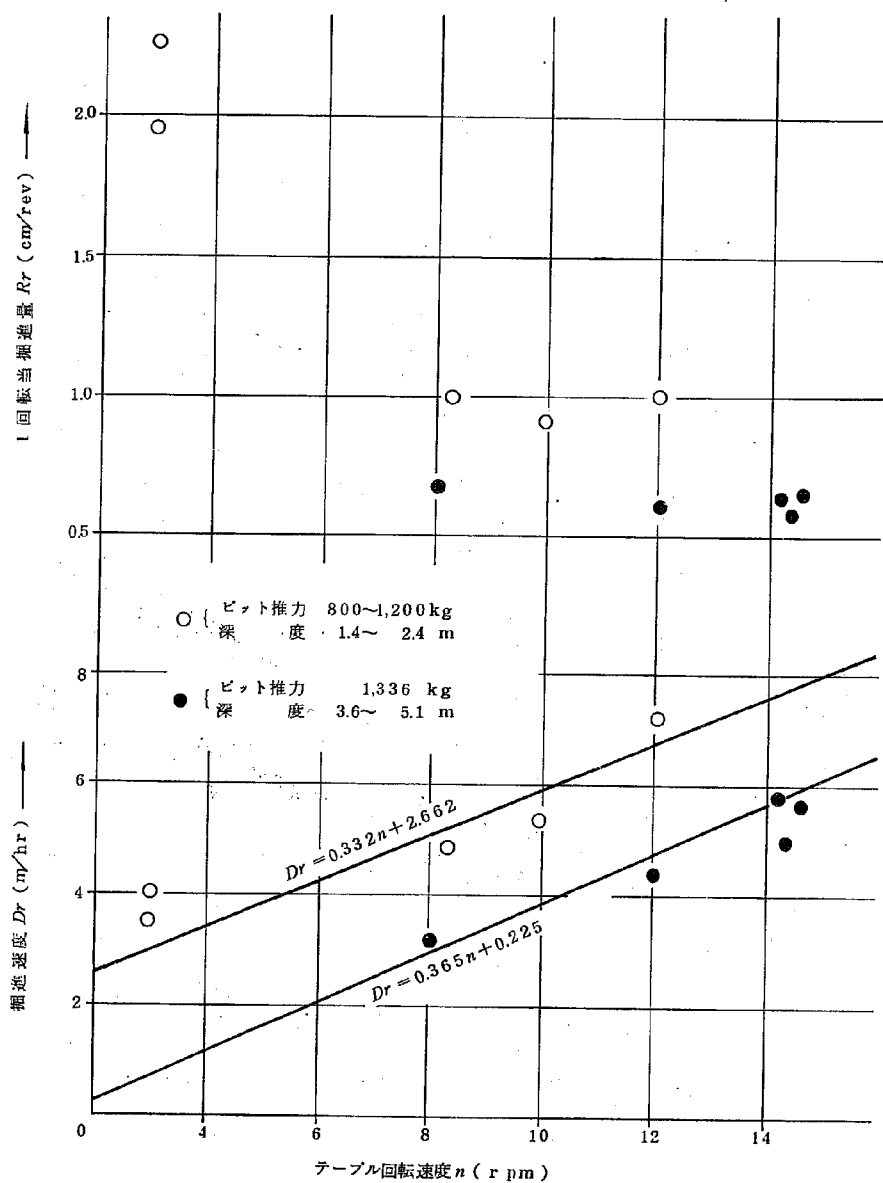


図 3-3 840mmφ バイトビットの回転速度と  
掘進速度・1回転当掘進量の関係

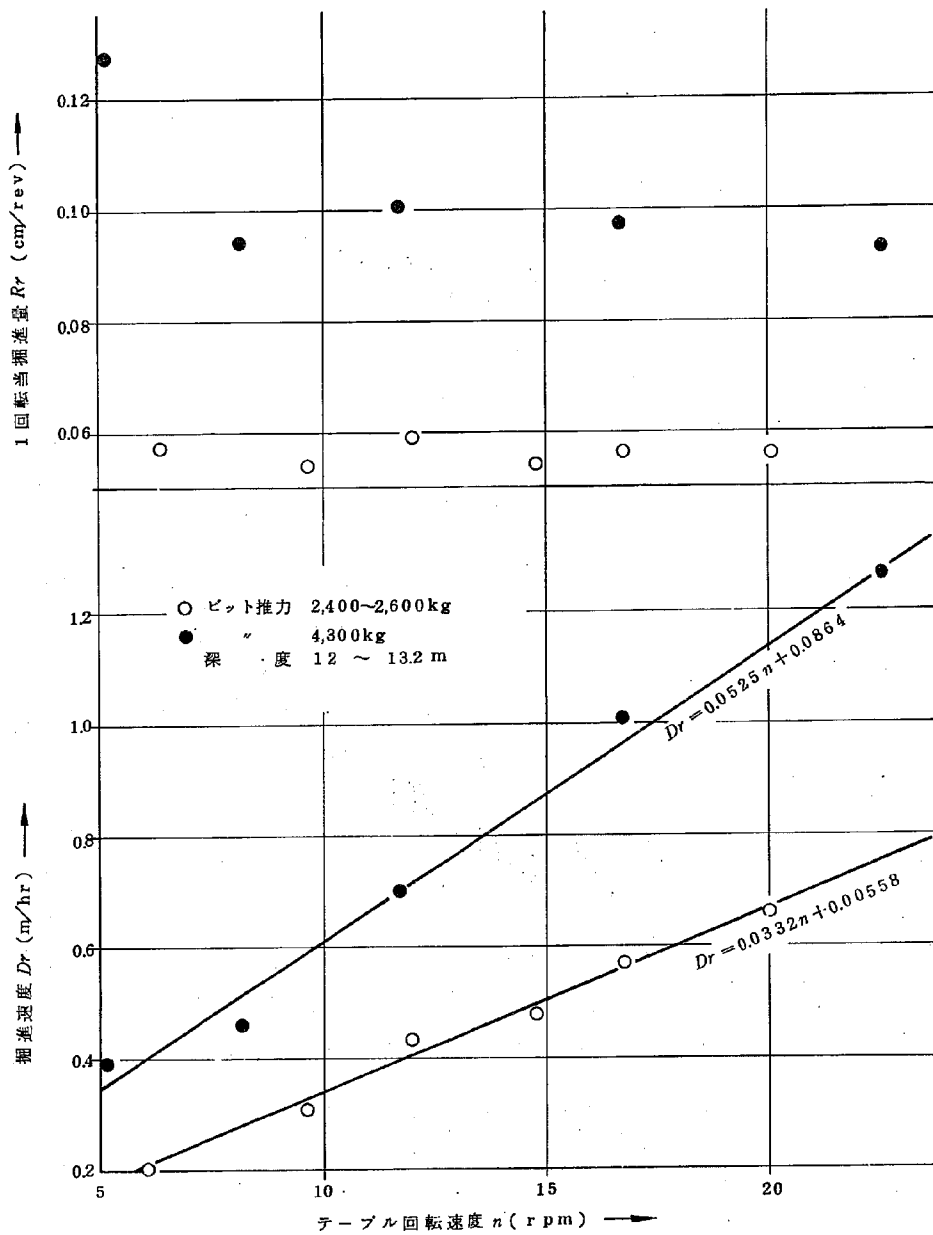


図 3 -- 4 840mmφバイトビットの回転速度と  
掘進速度・1回転当掘進量の関係

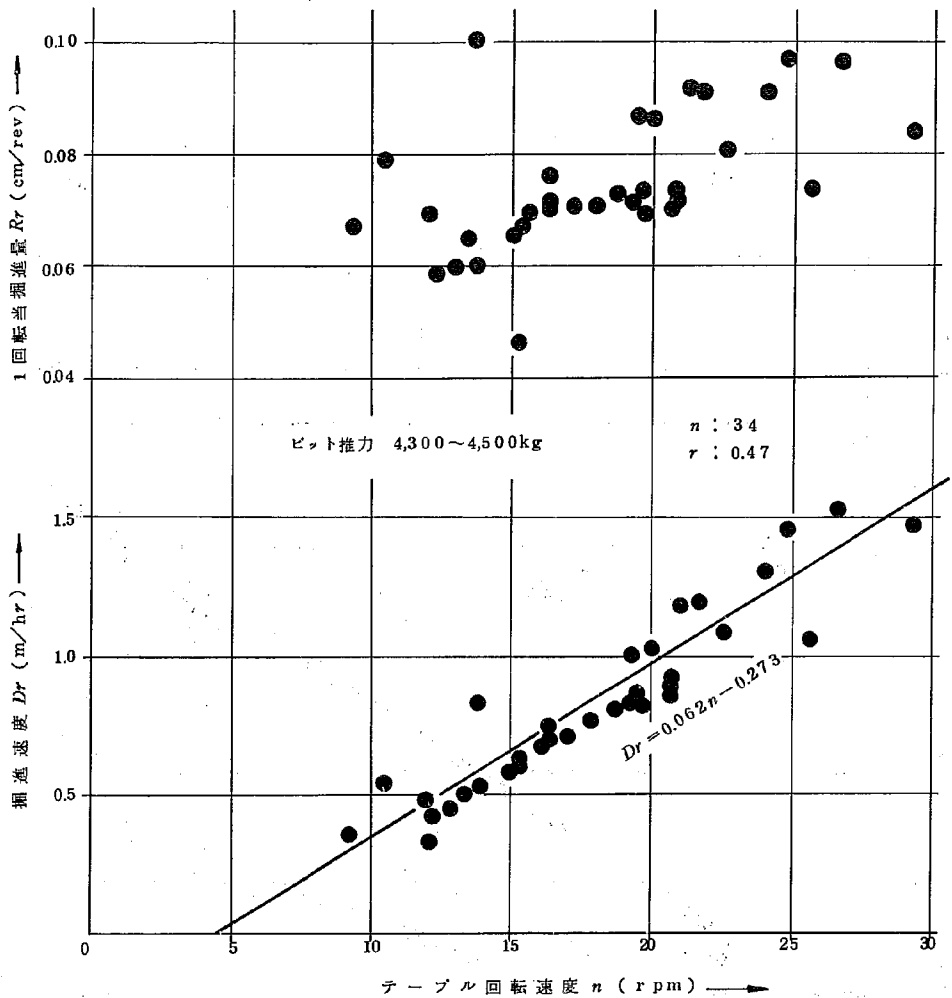


図3-5 760mm $\phi$ ローラビットの回転速度と掘進速度・  
1回転当掘進量の関係

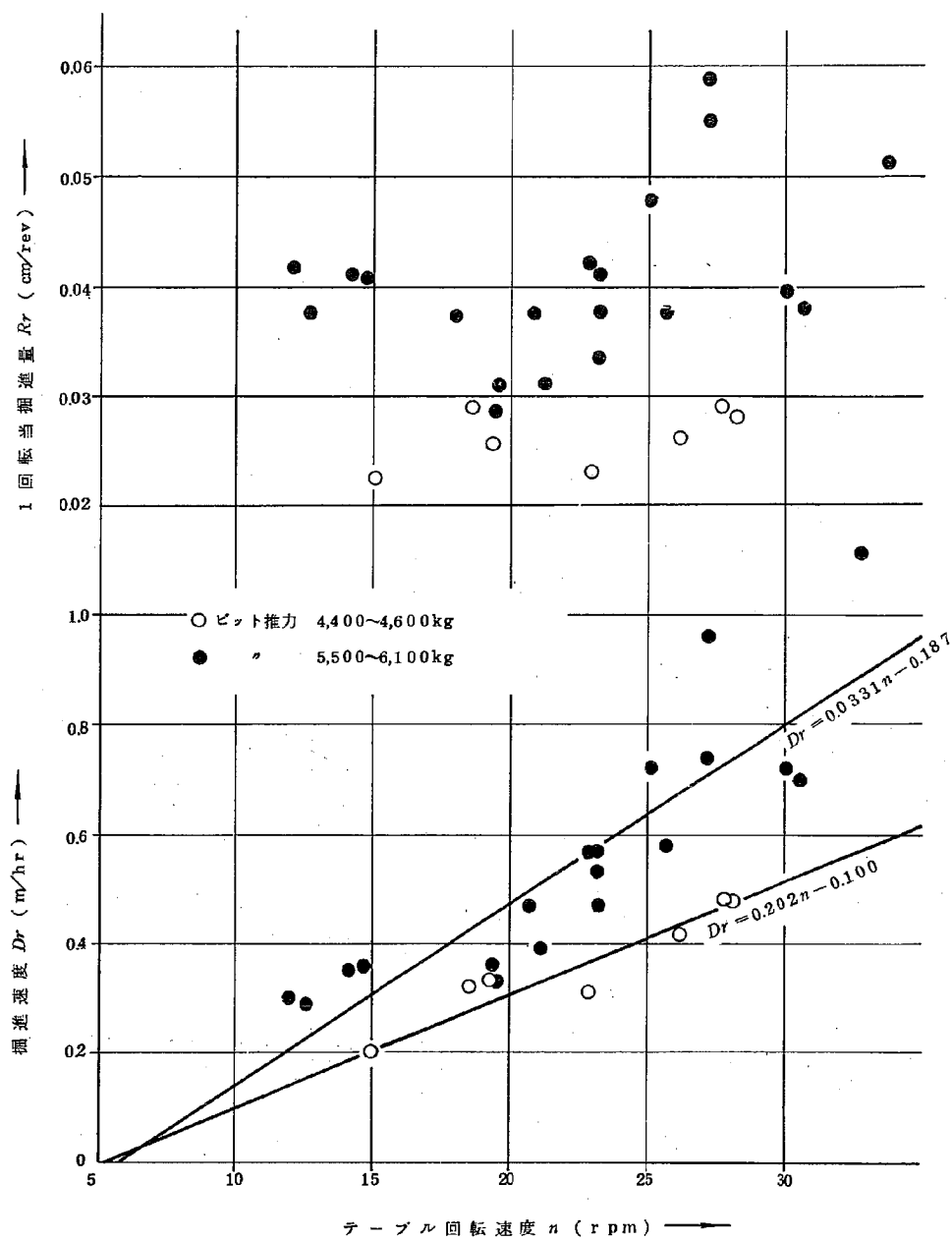


図3-6 1,000mm $\phi$ ローラビットの回転速度と掘進速度・1回転当掘進量の関係

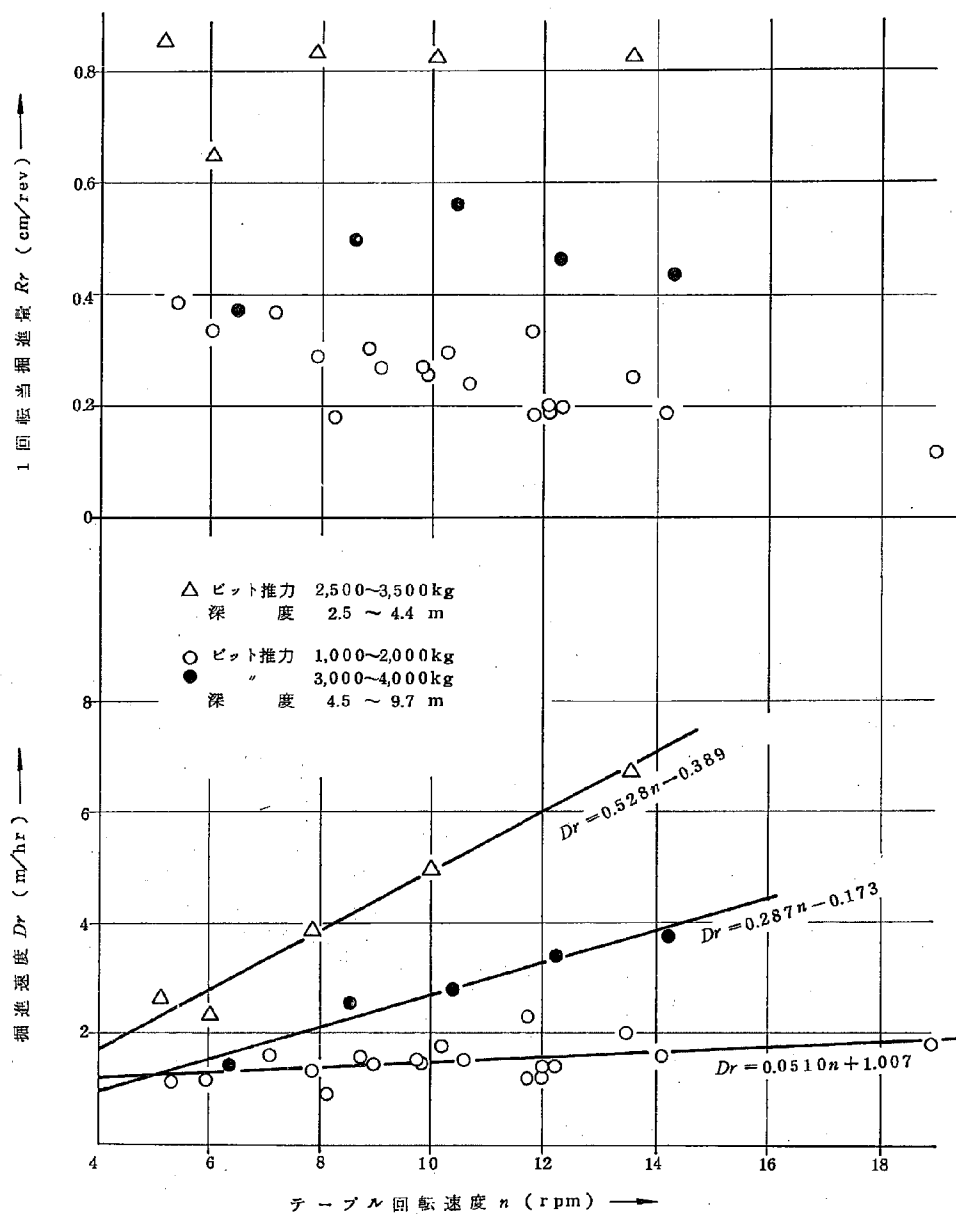


図3-7 1,000mm $\phi$ ローラビット(拡孔)の回転速度と掘進速度・  
1回転当掘進量の関係

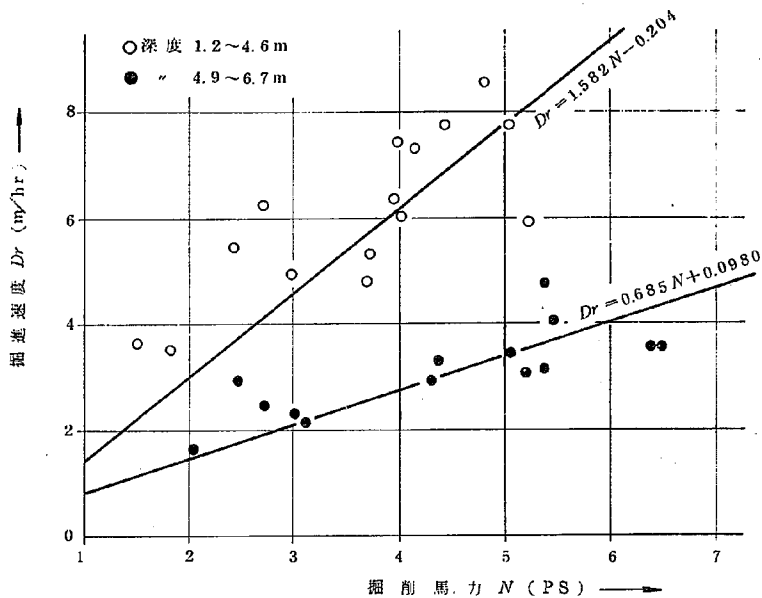


図3-8 720 mm $\phi$ バイトビットの掘進速度と掘削馬力の関係

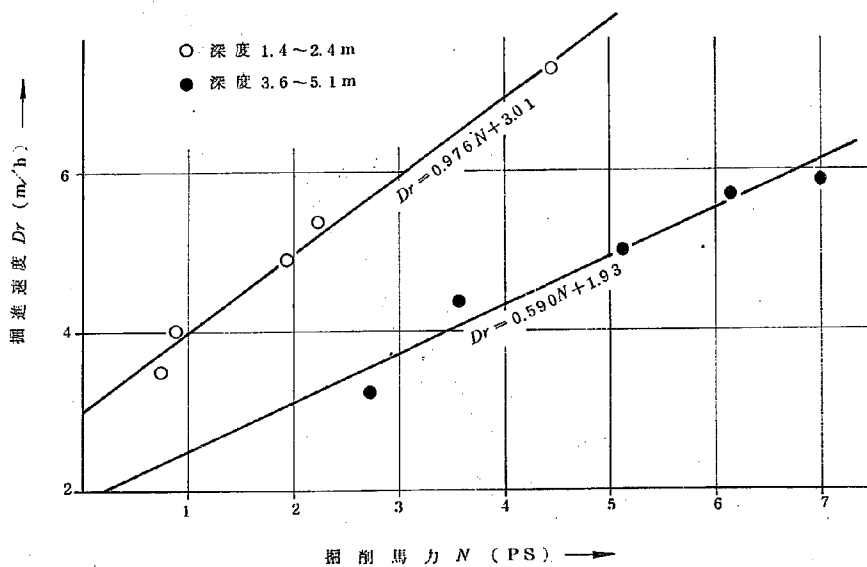


図3-9 840 mm $\phi$ バイトビットの掘進速度と掘削馬力の関係

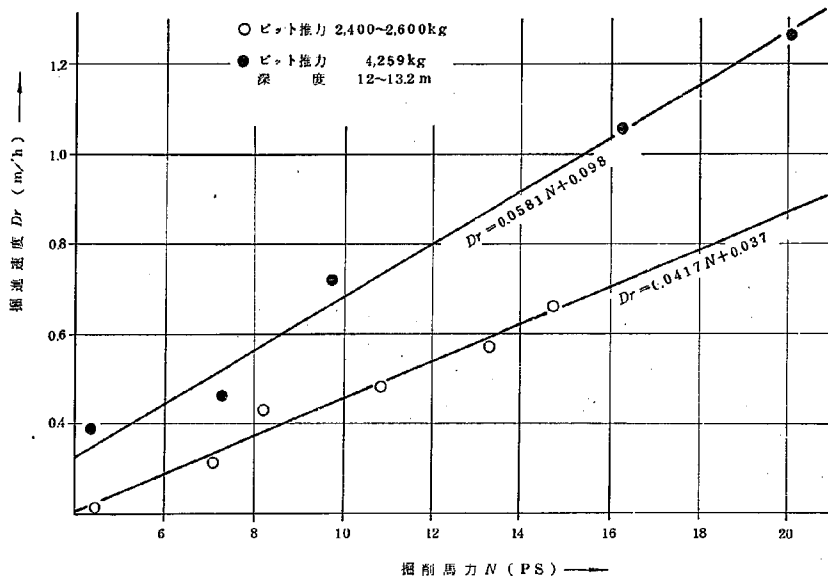


図3-10 840 mm $\phi$ バイトビットの掘進速度と掘削馬力の関係

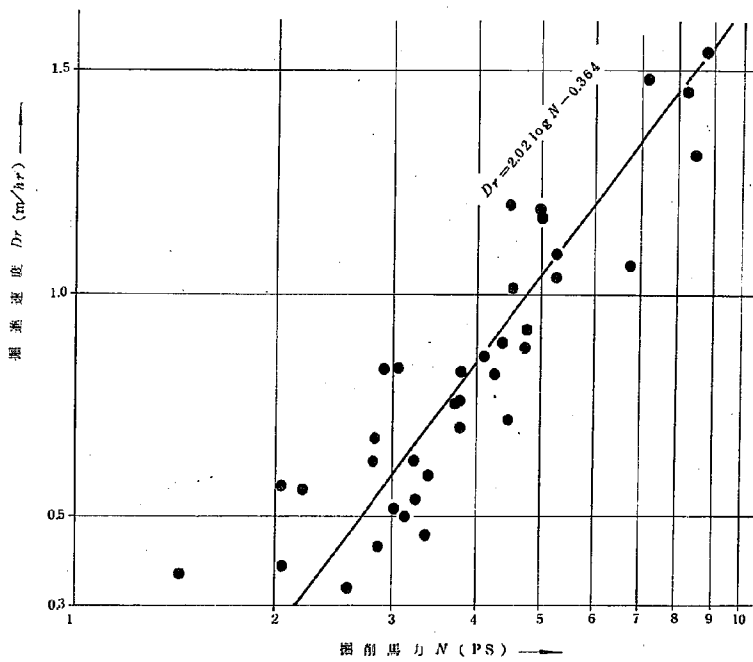


図3-11 760 mm $\phi$ ローラビットの掘進速度と掘削馬力の関係

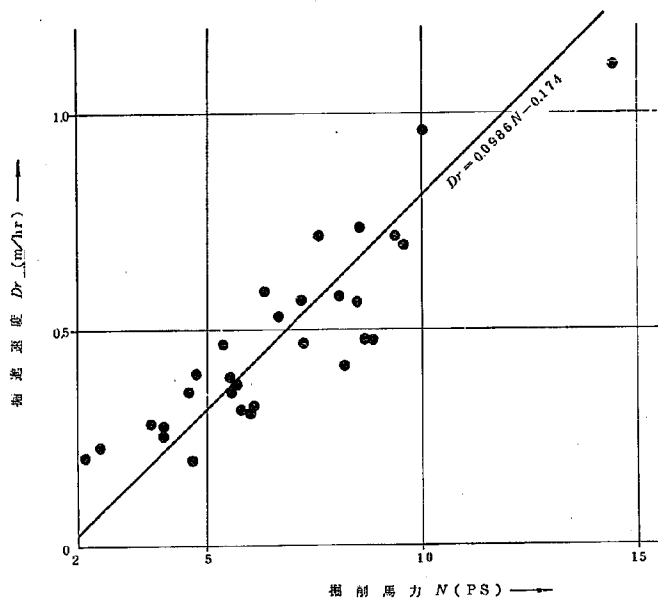


図3-12 1,000mm $\phi$ ローラビットの掘進速度と掘削馬力の関係

- ビット推力2,500~3,500 kg, 深度2.5~4.4m
- ビット推力3,000~4,000 kg } 深度4.5~9.7m
- △ ビット推力1,000~2,000 kg

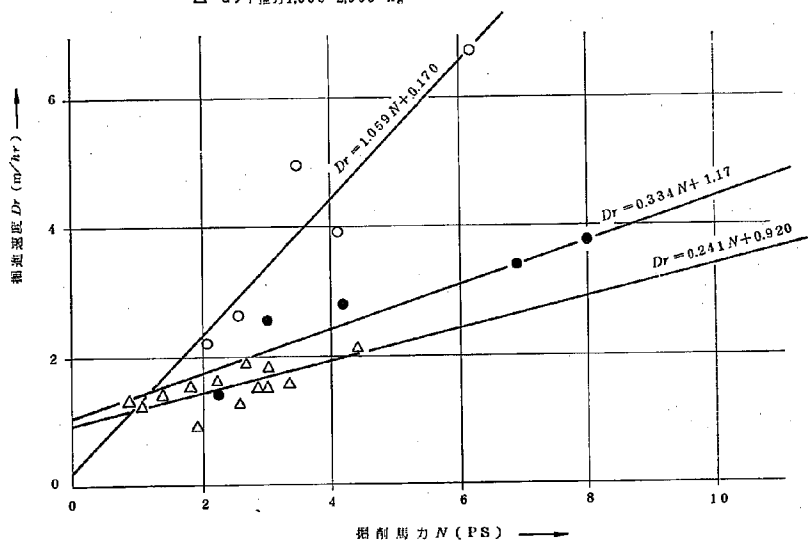


図3-13 1,000mm $\phi$ ローラビット(拡孔)の掘進速度と掘削馬力の関係

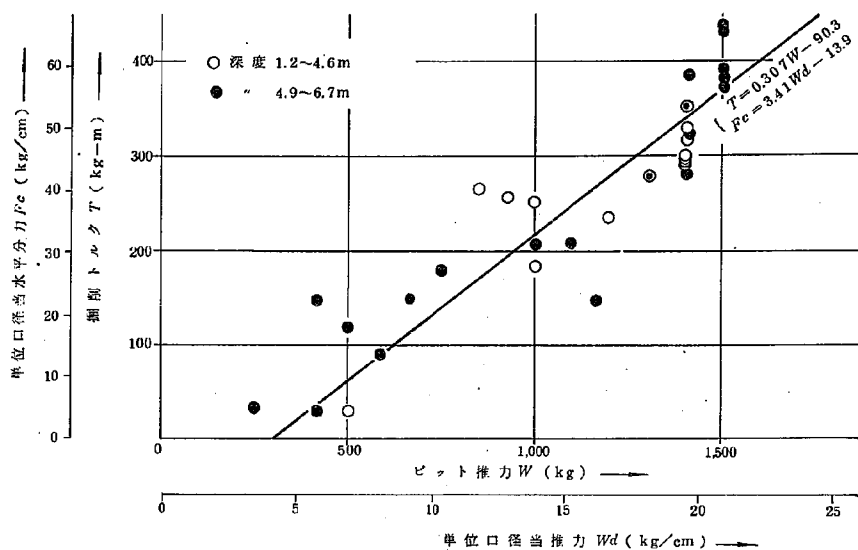


図3-14 720mm $\phi$ バイトビットの掘削トルクとビット推力の関係

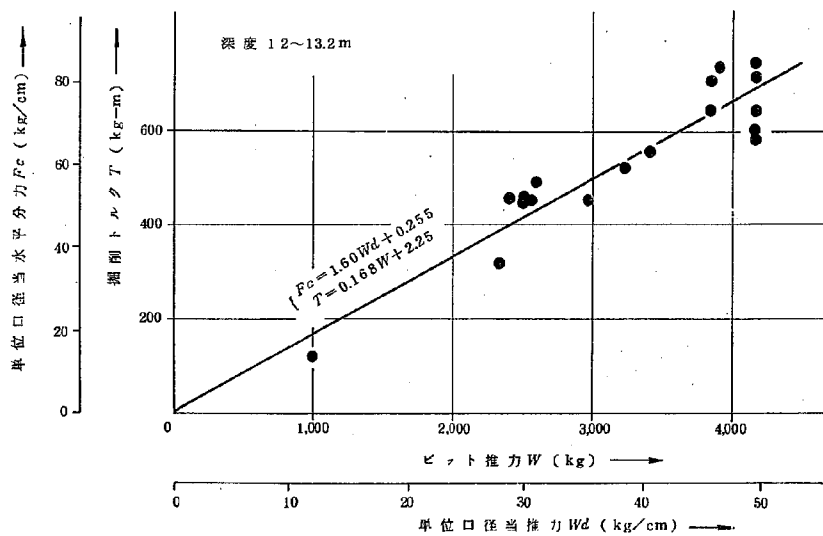


図3-15 840mm $\phi$ バイトビットの掘削トルクとビット推力の関係

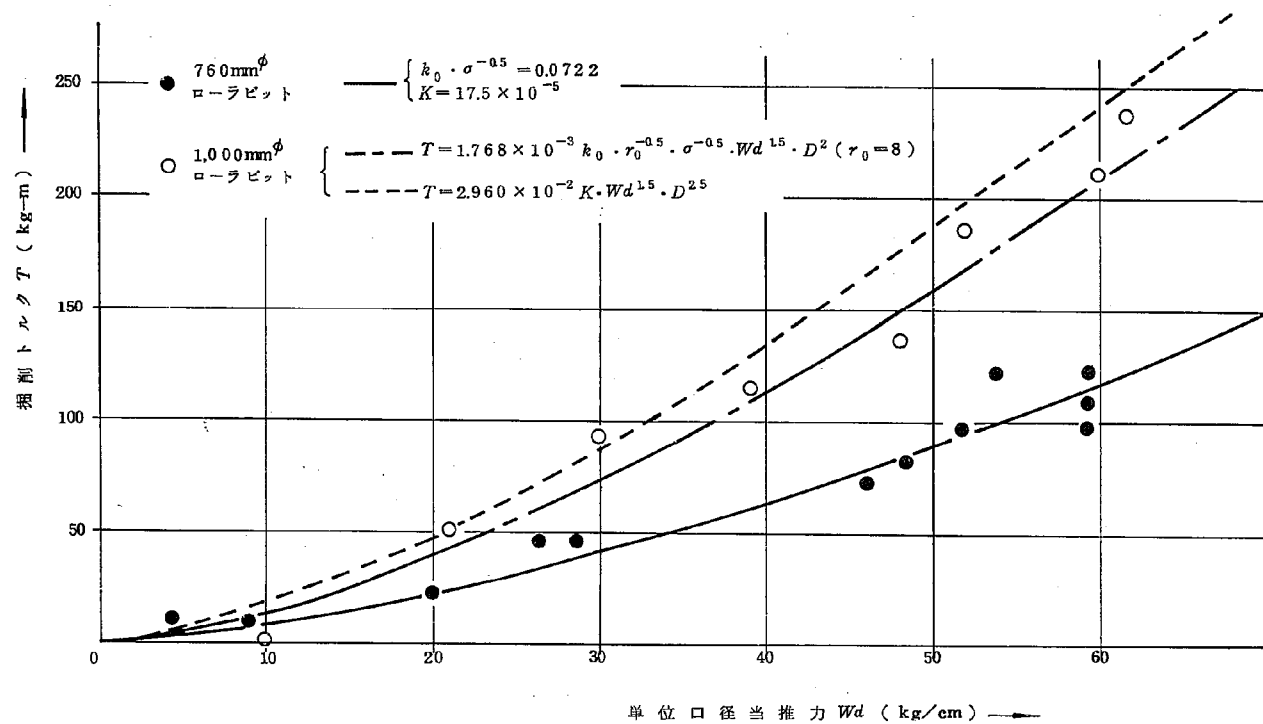


図3-16 ローラビットの掘削トルクとビット推力の関係

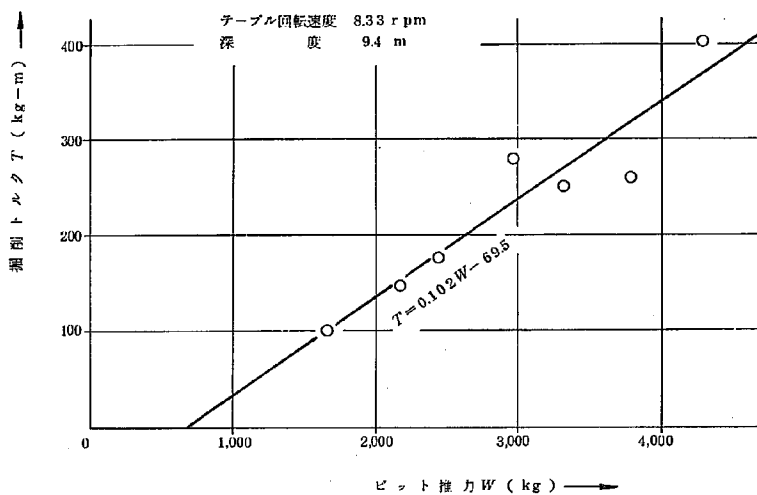


図 3-17 1,000mm $\phi$ ローラビット (拡孔) の掘削トルクとビット推力の関係

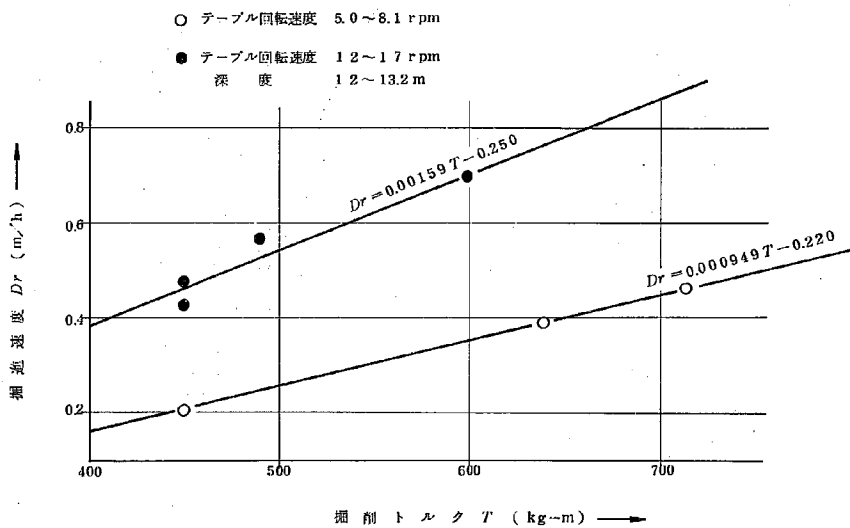


図 3-18 840mm $\phi$ バイトビットの掘削速度と掘削トルクの関係

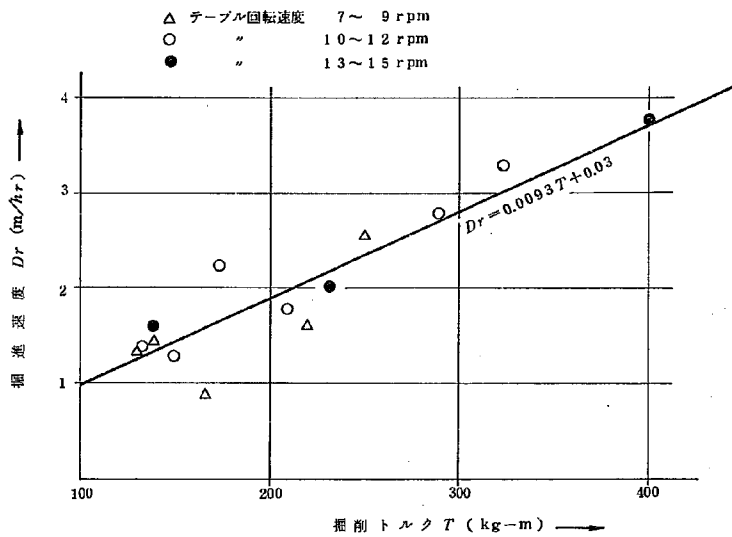


図3-19 1,000mm $\phi$ ローラビット(拡孔)の掘進速度と掘削トルクの関係

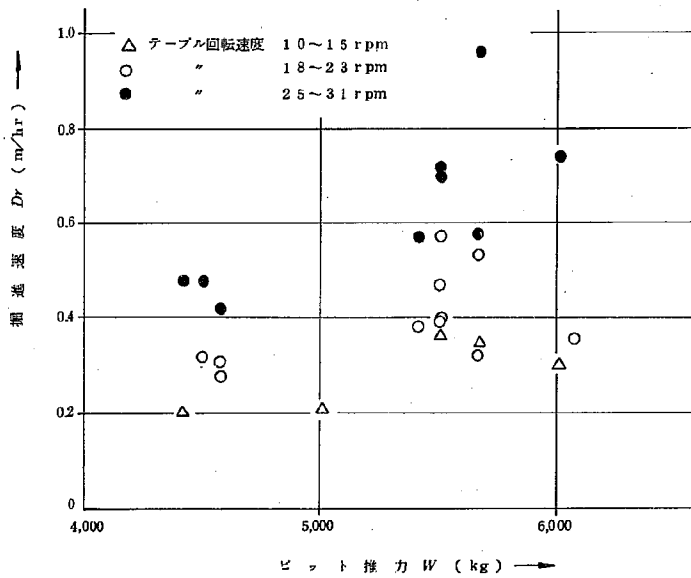


図3-20 1,000mm $\phi$ ローラビットの掘進速度とビット推力の関係

#### 4. 考 察

##### 4-1 ビット回転速度 ( $n$ ) と掘進速度 ( $Dr$ )

図3・2～3・6よりバイトビットにおいては、ビット回転速度を増加しても1回転当掘進量は殆んど変わらず、ローラビットでは、1回転当掘進量が回転速度とともにわずかに増加する傾向にある。このことは、ローラビットでは回転速度の増加によって回転するカッタの刃先が衝撃荷重となって被掘削材に作用し、破碎、圧壊に効果的であることおよび振動によりはりつきが少なくなることなどが、起因しているものと考えられる。

ビット回転速度を大きくすることが掘進速度を増加させる一つの要素となるが、掘削馬力、掘削の安定性(振動による直進性の不安定、拡孔率の増大など)によって回転速度の上限が決まる。

今回の実験ではバイトビットで、15～20 rpm，ローラビットで20～25 rpm が最適回転速度範囲と考えられた。

ローラビットの最適回転速度として、米国のHughes Tool社によって与えられた式をメートル単位系に換算したものを次式に示す。<sup>2) 3)</sup>

$$n = \frac{1,440}{D(\text{in})} = \frac{3,660}{D(\text{cm})} \quad (\text{rpm}) \quad \dots\dots\dots(7)$$

##### 4-2 ビット推力 ( $W$ ) と掘削トルク ( $T$ )

ローラビットに関し、ビット推力と掘削トルクの関係について、前項同様にHughes Tool社によって与えられている関係式をメートル単位系に換算したものが次式である。

$$T = 2.960 \times 10^{-2} KWd^{1.5} D^{2.5} \quad (\text{kg-m}) \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここに  $Wd$  : 単位口径当推力 ( $\text{kg/cm}$ )

$D$  : ビット径 ( $\text{cm}$ )

$K$ は被掘削材によって定まる係数でBerea Sand Stoneで $10 \times 10^{-5}$ ，Grey graniteで $6 \times 10^{-5}$ と硬岩になる程小さくなっている。

歯型カッタを有するローラビットについて、図4・1よりカッタの軸受けの摩擦抵抗を無視して瞬間中心O点の廻りのモーメントから

$$Fc = \frac{yWd}{r_0 - \lambda} = \frac{yWd}{r_0} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$y^2 = (2r_0 - \lambda)\lambda = 2r_0\lambda - \lambda^2 = 2r_0\lambda \quad \dots\dots\dots(10)$$

とおき(9)式に代入すると

$$Fc = Wd \sqrt{\frac{2\lambda}{r_0}} \quad \dots\dots\dots$$

となる。

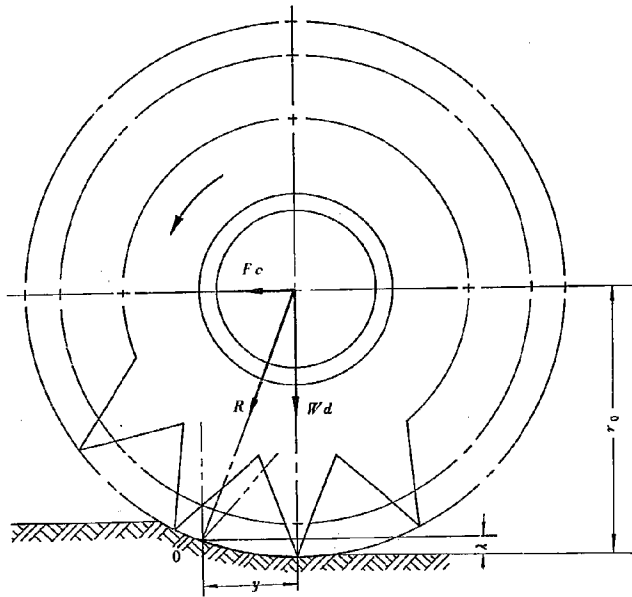


図4-1 歯型カッタの掘削作用

ここに  $F_c$  : 単位口径当水平分力

$W_d$  : 単位口径当ビット推力

$\lambda$  : 長さのディメンションをもった掘削係数

$r_0$  : カッタの半径

ビットに一樣に水平分力が加わるものとし、任意の点までの半径を  $r$  とすれば、掘削トルクは次式から求められる。

$$T = \int_0^{D/2} W_d \sqrt{\frac{2\lambda}{r_0}} r dr = \frac{W_d D^2}{8} \sqrt{\frac{2\lambda}{r_0}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

係数  $\lambda$  が単位口径当推力 ( $W_d$ ) には正、被掘削材の強度に逆比例の関係にあるものとして、被掘削材の強度  $\sigma$  :  $\text{kg}/\text{cm}^2$  ,  $r_0$  :  $\text{cm}$  ,  $W_d$  :  $\text{kg}/\text{cm}$  ,  $D$  :  $\text{cm}$  とすると

(12)式より

$$T = 1.768 \times 10^{-3} k_0 r_0^{-0.5} \sigma^{-0.5} W_d^{1.5} D^2 (\text{kg}\cdot\text{m}) \quad \dots\dots\dots (13)$$

が求められる。当所所有のビット試験機によりモルタル (圧縮強度約  $60 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ) を試料として削孔試験を行なった結果<sup>4)</sup>から係数  $k_0$  を求めると約 0.6 位となり、ローリングカッタ軸部の摩擦抵抗などビット固有の機械効率の値として考えることができる。

図3・16はローラビット  $760 \text{ mm}\phi$  の値を基にして求めた係数  $k_0$  を  $1,000 \text{ mm}\phi$  のビット

に適應させたものである。点線は同様に(7)式によりローラビット760mm $\phi$ の係数を1,000mm $\phi$ に適用した場合の曲線である。(8)式より係数 $k_0$ を0.6にとると、被掘削材の一軸圧縮強度が約70 kg/cm<sup>2</sup>ということになる。

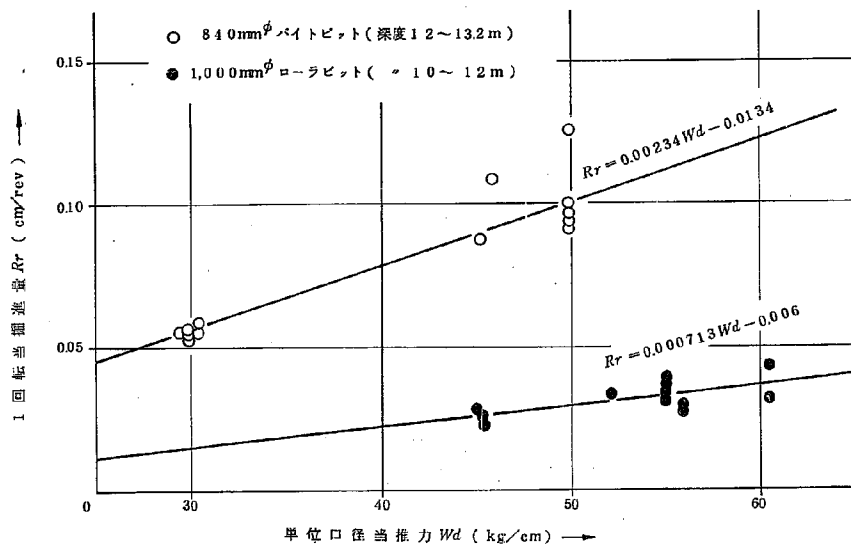


図4-2 単位口径当推力と1回転当掘進量の関係

バイトビットについては、図3・14、15に掘削トルクとビット推力の関係を示す。図より、単位口径当り水平分力 $F_c$ は、単位口径当推力 $W_d$ の約1.5~3倍位になっている。以上のことから、ビット推力当の掘削トルクは、バイトビットの方がローラビットよりほぼ5~6倍程度大きくになっていることがわかる。

#### 4-3 掘削馬力(N)と掘進速度(Dr)

ビットの1回転当掘進量はビット推力によって殆んどが決る。図4-2はローラビットおよびバイトビットの推力と喰い込み量の関係を示したものである。この結果からだけではローラビットとバイトビットの喰い込み量を比較するのに充分ではないが、総合的にみて、バイトビットで掘削可能な範囲では、バイトビットの方がローラビットより3~4倍前後の推力当喰込量が得られるものと推察される。すなわちローラビットでは、余り大きな掘削トルクは必要としないが、ビット回転速度を上げるか、ビット推力を大きくとる必要がある。バイトビットでは大きな掘削トルクを必要とするから、両者において馬力当の掘進量には余り大きな差がないものと考えられる。(8)および(9)式より、掘削馬力Nは次式で表わされる。

$$N = 2.468 \times 10^{-4} \cdot n \cdot Wd \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{r_0}} \text{ (PS)} \dots\dots\dots(14)$$

$$N = 2.468 \times 10^{-6} \cdot n \cdot k_0 \cdot r_0^{-0.5} \cdot \sigma^{-0.5} \cdot Wd^{1.5} \cdot D^2 \text{ (PS)} \dots\dots\dots(15)$$

#### 4-4 大口径化に関する問題点

大口径化にあたっては、ビット回転速度を適度に選定した場合、ローラービットにおいては、バイトビットに比べて相当大きなビット推力を必要とすることになり、大口径の施工機械設備を考える場合に、大きなビット推力を与えるための重錘管と、これを取り扱う大容量の巻き上げ設備が必要になり、作業性、安全性などとともに大きな問題点となるであろう。一方、バイトビットを用いる場合にはローラービットの大型巻き上げ設備を要するのに対して大きな掘削トルクを必要とするため、動力供給方法や、伝達装置が問題点としてあげられる。その他、掘削屑の除去方法は、大口径化にとって欠かすことのできない重要な問題点となることは必然である。

#### 4-5 ビット推力調整装置

前項にのべたように連絡橋の基礎施工にあたって、従来の方式でローラービットを使用して口径5mの掘削をするものとすれば100t(単位口径当200kg/cm)のビット推力を必要とすることになり、機械設備としてはこれ以上の吊荷重に耐え得るスィーベルジョイント、巻き上げ装置および重錘管を備えたものを必要とする。また運転操作にあたって、被掘削材の強度によってビット推力の調整を常時行なうために巻き上げ装置のブレーキ容量、安全性などに問題点が多い。

以下これ等の問題に対して当所で考案し、浮力を利用したビット推力調整装置について紹介する。

図4-3に示すようにドリルパイプ系の中にビット推力に見合う重錘管と中空の浮子管を適当な配列(管系の座屈による曲りを配慮した配列)で組込み、管系を吊上げる必要のあるとき例えばドリルパイプの継足しの際には浮子管の中空部に圧縮空気を注入し、管系に浮力を与えて軽くして巻き上げる。全荷重と鈎合りのに十分な浮子管を配置すれば巨大なビット推力を必要とする大口径の硬岩掘削の場合にも、巻き上げ装置およびスィーベルジョイントの能力は最小単位(ビット又は重錘管一本の重量)を吊り上げるのに耐え得るもの(約10t位)であれば十分である。

図4-3において弁Bを閉じて弁Aを開くと圧縮空気はエアスィーベル、空気管Cを通して浮子管に入る。浮子管は必要に応じて何個連ねてもよく、最上段の浮子管から順に圧縮空気が充填される。浮子管はそれぞれ図(b)に示すようなフロート式弁を有し、空気が一ぱいになるとフロート式弁が閉じて空気管Dを通して次の浮子管に入る。順次この作用を繰返し所要の浮力を得る。逆にビット推力を増加させる場合には図(c)の弁Aを閉じて弁Bを開くことによって最下段の浮子管から順番にフロート式弁が水圧によって押上げられて水が充填されビット推力を増す。

運転操作にあたっては被掘削材の強度によって弁A、弁Bを操作するだけで空気圧(圧力計)

表 4 - 1 各種口径

| <div> <div>ビット口径 (mm)</div> <div>R と B の別</div> <div>単位</div> </div> |                     |                     | 1,000          | 2,000          | 3,000          | 4,000           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 諸元                                                                   |                     |                     |                |                |                |                 |
| 単位口径当推力 ( $Wd$ )                                                     | kg/cm               | R                   | 200            | 200            | 200            | 200             |
|                                                                      |                     | B                   | 78.8           | 78.8           | 78.8           | 78.8            |
| テーブル回転速度 ( $n$ )                                                     | rpm                 | R                   | 36.6           | 18.3           | 12.2           | 9.15            |
|                                                                      |                     | B                   | 29.3           | 14.6           | 9.76           | 7.32            |
| 掘進速度 ( $Dr$ )                                                        | m/hr                |                     | 3.01           | 1.50           | 1.00           | 0.752           |
| 掘削トルク ( $T$ )                                                        | kg-m                | R                   | 1,280          | 5,120          | 11,520         | 20,480          |
|                                                                      |                     | B                   | 1,579          | 6,317          | 14,213         | 25,267          |
| 掘削馬力 ( $N$ )                                                         | PS                  | R                   | 65.4           | 131            | 196            | 262             |
|                                                                      |                     | B                   | 64.6           | 129            | 194            | 258             |
| ビット推力 ( $W$ )                                                        | kg                  | R                   | 20,000         | 40,000         | 60,000         | 80,000          |
|                                                                      |                     | B                   | 7,880          | 15,760         | 23,640         | 31,520          |
| ドリルパイプ内径 ( $d_1$ )                                                   | mm                  |                     | 150            | 200            | 250            | 300             |
| ドリルパイプ肉厚 ( $t$ )                                                     | mm                  |                     | 7.5            | 15             | 20             | 25              |
| 排砂量 ( $S$ )                                                          | m <sup>3</sup> /min |                     | 0.0433         | 0.0865         | 0.149          | 0.174           |
| サクショ ン 揚水量<br>ポンプ ( $L_1$ )                                          | m <sup>3</sup> /min |                     | 3.19<br>(2.03) | 5.65<br>(4.10) | 8.84<br>(7.09) | 12.73<br>(8.27) |
| エ<br>ア<br>リ<br>フ<br>ト                                                | 揚水量<br>( $L_2$ )    | m <sup>3</sup> /min | 2.55           | 4.38           | 6.93           | 9.92            |
|                                                                      | 空気量<br>$G$          | m <sup>3</sup> /min | 5.19           | 9.66           | 14.52          | 21.45           |
|                                                                      | 含砂率<br>( $Q$ )      | %                   | 4.43           | 5.03           | 5.56           | 4.50            |

注 R: ローラビット, B: バイトビット, 無記入のものは双方とも同一の値である

毎の主要諸元試算値

| 5,000             | 描                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 要                                        |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 200<br>78.8       | $Rr = 0.0023Wd - 0.0134$                                                                                                                                                                                                                                                                                  | (図4-2)                                   |
| 7.32<br>5.86      | $n = 3,600/D$ (8式)<br>$n = (3,600/D) \times 0.8$ (ローラービット回転速度の80%)                                                                                                                                                                                                                                        |                                          |
| 0.602             | $Dr = \frac{n \cdot Rr \cdot 60}{100}$                                                                                                                                                                                                                                                                    | (図4-2)                                   |
| 32,000<br>39,500  | $T = 1.768 \times 10^{-3} k_0 r_0^{-0.5} \sigma^{-0.5} Wd^{1.5} D^2$ (図3-16)<br>$T = Fc \cdot D^2 / 800 = (1.60Wd + 0.255) D^2 / 800$ (図3-15)                                                                                                                                                             |                                          |
| 327<br>323        | $N = \frac{n \times T}{716.2}$                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                          |
| 100,000<br>39,400 | $W = Wd \times D$                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                          |
| 350               | ビット径1,000mmφ, 2,000mmφについては既存のもの, 他は推定                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                          |
| 25                | バイトビットの掘削トルクを基準にして計算                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                          |
| 0.217             | $S = 1.1 \times \frac{\pi D^2}{4} \times Dr$                                                                                                                                                                                                                                                              |                                          |
| 17.32<br>(10.3)   | 管内流速を3m/secとして計算, ( )は含砂率5%として計算                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                          |
| 13.47             | 全管長H: 26m, 浸水量H <sub>i</sub> : 20m                                                                                                                                                                                                                                                                        | $A = \frac{\pi d_1^2}{4} \times 10^{-6}$ |
| 33.33             | $L_2 = 0.85 \times L_{\max} = 0.85 \times H_i (1 - \eta_1) A \sqrt{\frac{17640}{H(1 - \eta_2)}}$<br>係数 $\eta_1 = 0.901$ $\eta_2 = 0.897$<br>$G_0 = (1 + \frac{H_1}{10}) \left[ \frac{35280 A^2}{Lw} \{ H_i (1 - \eta_1) - \sqrt{H_i^2 (1 - \eta_1)^2 - \frac{Lw^2 H (1 - \eta_2)}{17640}} \} - L \right]$ |                                          |
| 4.13              | $Lw$ : 泥水流量 (t/min)<br>$Q = S \times 2.5 / Lw$                                                                                                                                                                                                                                                            |                                          |

ことを示す。

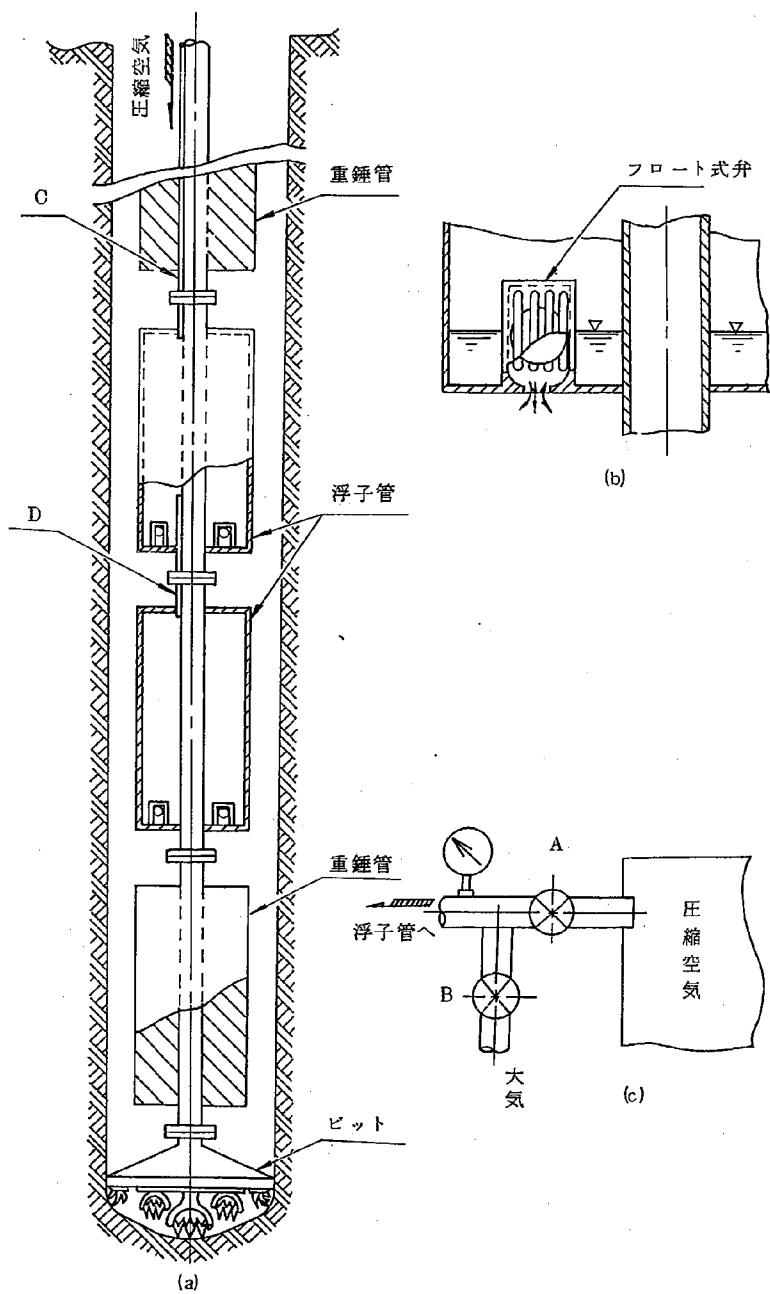


図 4-3 ビット推力調整装置

から任意のビット推力を得ることができる。(写真9参照)

#### 4-6 部分拡孔装置

ドレッシングウェルを有するケーソン又はウェル沈設の場合にカッティングエッジの下部を掘削することは最も困難な工事の一つである。海外においてもジェット水による掘削工法、発破工法など施工例はあるが決定的な工法の開発はなされていない。

こゝに浮子管式の部分拡孔装置を紹介する。

浮子管に圧縮空気を供給する方法は前項と同様であるが図4-4に示すように浮子管がドリルパイプから独立して一定ストロークを上下動する構造で、浮子管の浮力によって拡孔用ビットを開閉しようとするものである。

浮子管は必要なだけの拡孔用ビット推力を得るように複数個連結できることは前項と同様である。

今回の実験では拡孔用ビット推力約1tで行なったが、推力不足により拡孔用ビットを全開するに至らなかった。(写真7, 8参照)

#### 4-7 大口径化に関する試算

以上の結果からおよその目安として同一地質条件で掘削する場合における各種口径毎の主要諸元の概算値を表4-1に示す。表はロービットの単位口径当推力 $P_d$

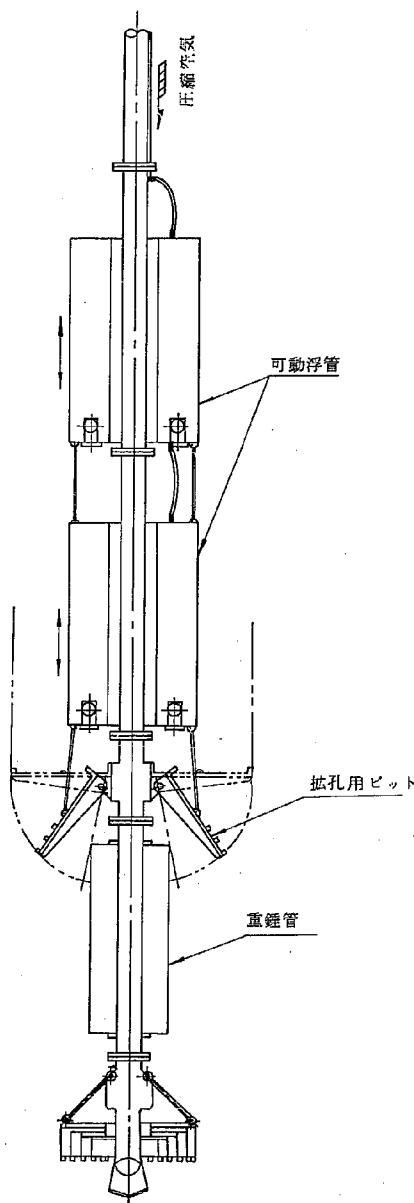


図4-4 部分拡孔装置

を  $200 \text{ kg/cm}$  にとり、(8)式からビット回転速度を求めて計算したローラビットの各値を上段に示したものである。バイトビットについては上段のローラビットと同一の掘進速度となることを条件として求めたもので下段に示す。エアリフトポンプについては揚程  $6 \text{ m}$ 、浸水量  $20 \text{ m}$  として求めたものである。<sup>5)</sup>

## あ と が き

以上は現地掘削試験の結果をまとめたものであるが、日程の関係などで得られたデータが必ずしも十分ではなかった。しかし国産のローラビットによる軟岩掘削、バイトビットによる軟岩の掘削など、我国における初めての試みとしてある程度満足し得る結果が得られたものと思われる。

ここに本試験に協力していた近畿地方建設局本州四国連絡道路調査事務所および大阪技術事務所ならびに建設機械化研究所の関係者各位に厚く感謝いたします。

当所試験協力者

機械研究室 岩 崎 政 明

笠 井 哲 夫

後 藤 昌 隆

企画室 渡 辺 勝 男

## 参 考 文 献

- (1) 千田昌平：基礎掘削用削孔試験機，土木技術資料，vo 19-12，昭和42年12月
- (2) Hughes Tool Company "Hughes set rock bit standards the world over"
- (3) Thomas B. Dellinger, "For shaft sinning ..... new study analyzes big hole costs" E&MJ March, 1966
- (4) 千田昌平：大口径削孔機械による軟岩掘削，土木技術資料，昭和44年4月
- (5) 千田昌平：エアリフトポンプの特性，土木技術資料，vo 19-12，昭和42年12月

を  $200 \text{ kg/cm}$  にとり、(8)式からビット回転速度を求めて計算したローラビットの各値を上段に示したものである。バイトビットについては上段のローラビットと同一の掘進速度となることを条件として求めたもので下段に示す。エアリフトポンプについては揚程  $6 \text{ m}$ 、浸水量  $20 \text{ m}$  として求めたものである。<sup>5)</sup>

## あ と が き

以上は現地掘削試験の結果をまとめたものであるが、日程の関係などで得られたデータが必ずしも十分ではなかった。しかし国産のローラビットによる軟岩掘削、バイトビットによる軟岩の掘削など、我国における初めての試みとしてある程度満足し得る結果が得られたものと思われる。

ここに本試験に協力していた近畿地方建設局本州四国連絡道路調査事務所および大阪技術事務所ならびに建設機械化研究所の関係者各位に厚く感謝いたします。

当所試験協力者

機械研究室 岩 崎 政 明

笠 井 哲 夫

後 藤 昌 隆

企画室 渡 辺 勝 男

## 参 考 文 献

- (1) 千田昌平：基礎掘削用削孔試験機，土木技術資料，vo 19-12，昭和42年12月
- (2) Hughes Tool Company "Hughes set rock bit standards the world over"
- (3) Thomas B. Dellinger, "For shaft sinning ..... new study analyzes big hole costs" E&MJ March, 1966
- (4) 千田昌平：大口径削孔機械による軟岩掘削，土木技術資料，昭和44年4月
- (5) 千田昌平：エアリフトポンプの特性，土木技術資料，vo 19-12，昭和42年12月

## 附表 試験機仕様

### 1. RCドリル試験機仕様

|              |                                                                                                                              |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 形 式          | SD150形ホイールマウント式                                                                                                              |
| 本体重量         | 約38,000 kg                                                                                                                   |
| ドリルパイプ内径     | 150 mm                                                                                                                       |
| ビット回転速度      | 0～50 rpm                                                                                                                     |
| ビット回転トルク     | 0～2,000 kg-m                                                                                                                 |
| テーブル前後動ストローク | 800 mm                                                                                                                       |
| テーブル上下動ストローク | 2,000 mm                                                                                                                     |
| スイーベル        | 水空気共用形 容量10,000 kg                                                                                                           |
| ブーム全長        | 8.3 m                                                                                                                        |
| 主ウインチ        | 巻上力 6,200 kg<br>ワイヤ速度 0～50 m/min                                                                                             |
| 補助ウインチ       | 巻上力 6,200 kg<br>ワイヤ速度 0～50 m/min                                                                                             |
| パーカッション用ウインチ | 巻上力 3,000 kg<br>ワイヤ速度 0～60 m/min                                                                                             |
| 主機関          | 形 式 UD3形<br>出 力 81 PS/1,800 rpm                                                                                              |
| ポンプ用機関       | 形 式 UD3形<br>出 力 81 PS/1,800 rpm                                                                                              |
| サクシヨンポンプ     | 形 式 KS-C160形ゾリッドポンプ<br>呼 径 160 mm<br>揚水量 5 m <sup>3</sup> /min (於18 m, 930 rpm)<br>孔径(最大) 4 m φ<br>掘削深度 500 m } 削孔条件によって異なる。 |
| 削孔能力         |                                                                                                                              |

### 2. ビット

#### a) バイトビット

|         |                             |
|---------|-----------------------------|
| 形 式     | 3翼軟岩用                       |
| 掘削口径    | 720 mm φ, 840 mm φ          |
| サクシヨン内径 | 100 mm φ (但しフランジは150 mm φ用) |
| 重 量     | 420 kg (840 mm φ)           |

#### b) ローラビット

|         |                      |
|---------|----------------------|
| 形 式     | 軟岩用石油さく井機製           |
| 掘削口径    | 760 mm φ, 1,000 mm φ |
| サクシヨン内径 | 150 mm φ             |
| 重 量     | 635 kg (1,000 mm φ)  |

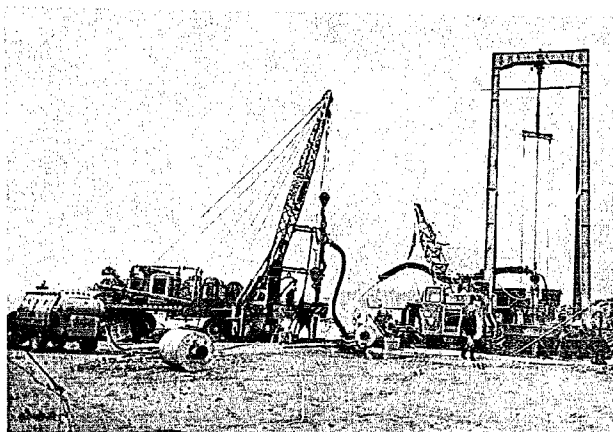


写真1 試験場風景

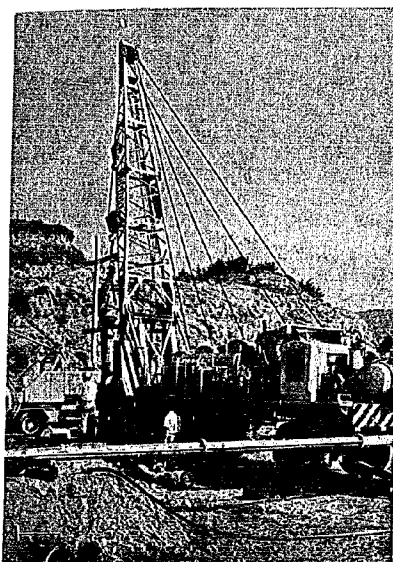


写真2 RCドリル試験機



写真3 ドリルパイプ取付作業



写真4 バイトビット

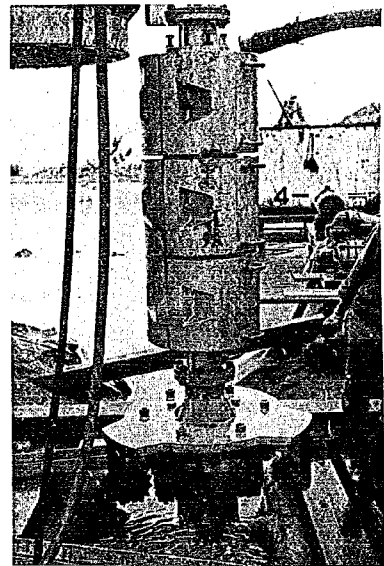


写真5 重錘管を取付けた  
状態のローラビット

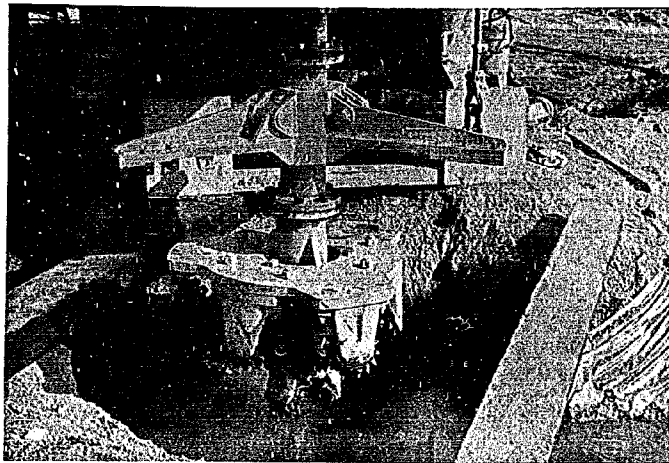


写真6 ローラビット (1,000mm $\phi$ ) 及び  
拡孔用ビット (1,500mm $\phi$ )

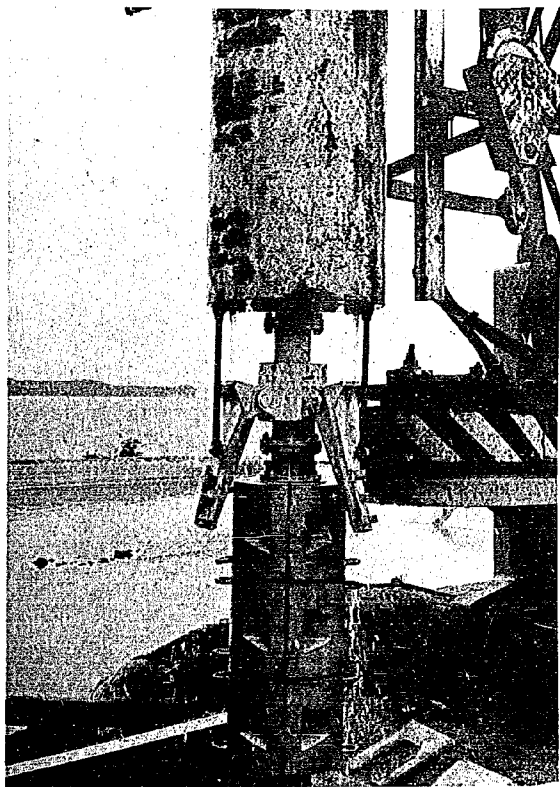


写真7 部分拡孔装置(1)

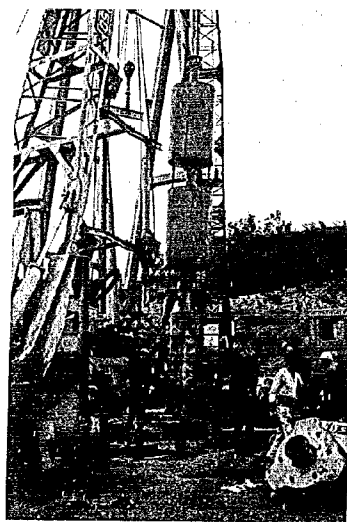


写真8 部分拡孔装置(2)

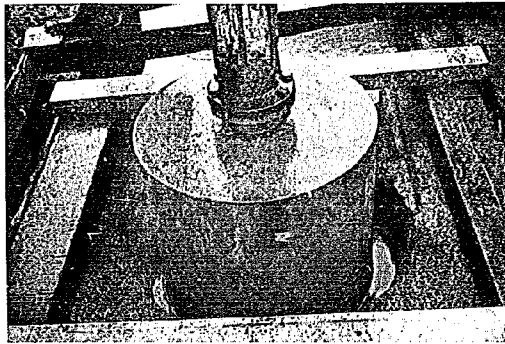


写真9 ビット推力調整装置用浮子管

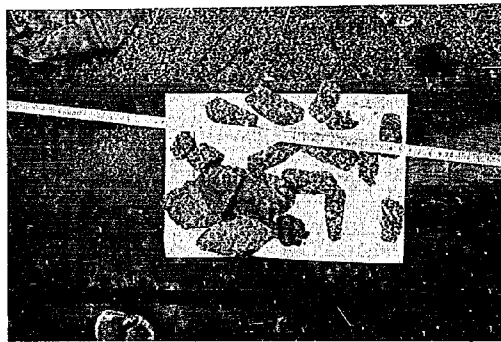


写真10 バイトビットによる掘削屑



写真11 孔 壁