



土木研究所資料
第779号

大口径掘削機 (2.5m ϕ ~3.0m ϕ) 試験報告書

第 二 報

高倉山における掘削実験

昭和47年11月

建設省土木研究所

目 次

ま え が き	1
1. 掘削機の概要	1
2. 試験要領	4
2.1 試験順序および工程	4
2.2 試験場の設備	4
2.3 掘削対象物	5
2.4 試験方法	5
3. 試験の結果	11
3.1 運転実績	11
3.2 荷重 — 速度の関係	11
3.3 拡孔率および穴曲り	12
3.4 カッタの摩耗量	12
4. 考 察	16
4.1 作業時間	16
4.2 掘進速度	17
4.3 掘削トルク	19
4.4 掘削エネルギー	21
4.5 地山掘削と削孔強度	22
4.6 カッタの摩耗と破損	23
4.7 孔の仕上り精度	24
4.8 本機の作業性	25
あ と が き	25
付 図	26
付 表	36
写 真 集	52

大口径掘削機（2.5m ϕ ～3.0m ϕ ）試験報告書

第二報

高倉山における掘削実験

機械研究室

千 田 昌 平

要 旨

土木研究所が昭和43年度に開発試作したグリッパ方式のダウンザホール形大口径掘削機について、油圧作動系統を水中バルブ室に収容するなど、作業性の向上を図るため一部を改造したのち、土木研究所構内で行なった掘削実験（第一報）に引き続き、本州四国連絡橋公団と共同で神戸市通称高倉山において掘削実験を行なった。

実験は、風化花崗岩（地山）および置き換えコンクリートモルタルの2種類の被掘削材について、2.5 m ϕ のバイト形ドラグビットと、ほかに2.5 m ϕ ～3.0 m ϕ に拡孔可能なローラービットを用いて、それぞれの掘削性能について試験したものである。その結果、地山においては3～4 m/h、置き換えコンクリートモルタル（一軸圧縮強度約360 kg/cm²）においては1 m/h前後の掘進速度が得られ、施工性と合わせてこの種の掘削機の実用性を確認することができた。

ま え が き

本機は海中大形基礎を施工する場合に用いられる大口径の穴を掘削するために開発されたもので、特に大形の基礎を海中に施工する場合には大口径の掘削は必須のものになる。

大口径掘削機は基礎施工に限らず、たて穴として鉱山のたて坑やトンネルの換気孔、横にした場合には各種トンネルの掘削に広い用途をもっている。基礎施工においては必ずしもトンネルのように硬い岩を掘削する必要はないが、本州四国連絡橋の橋脚の基礎のように超大形基礎ではかなり硬い岩まで、かつ深く掘削する必要がある、海上施工という条件も加わり、掘削機に要求される条件はかなりきびしくなっている。当所においては、これら海上における施工性ならびに大口径化を目標に大口径掘削機の開発に関する試験研究を行ってきた。大口径掘削機開発のアプローチとして $2.5 \sim 3.0 \text{ m}\phi \rightarrow 6 \sim 7 \text{ m}\phi \rightarrow 9 \sim 10 \text{ m}\phi$ の3段階に分けて、その第1段階として $2.5 \sim 3.0 \text{ m}\phi$ の試作機を完成したものである。

この掘削試験は本州四国連絡橋公団が計画した本四連絡架橋の基礎掘削機械開発に関する一連の実験の一つで、風化花崗岩（地山）および置き換えコンクリートモルタルを被掘削材として掘削実験を行ったもので、この機械の削孔性や作業性に関する資料を求めるとともに海中工事における適応性について検討しようとするものである。

なお試験期日および試験場所は次の通りである。

試験期日 自昭和46年10月27日
 至昭和46年12月16日
試験場所 神戸市須磨区西須磨多井畑字黒ヶ谷
 （神戸市開発局高倉山宅地造成地内）

1. 掘削機の概要

本機は海中大形基礎施工に適用する $10 \text{ m}\phi$ 級大口径掘削機械開発の第一段階として試作した $2.5 \text{ m}\phi \sim 3.0 \text{ m}\phi$ のグリッパ方式の下部駆動形の掘削機であり、本形式の選定理由や本体の概要については、すでに第一報に報告してあるが、操作性、施工性を改良するため水中バルブ室を取り付けるなど改造した部分もあるので多少重複するところもあるが、以下本機の概要をまとめておく。

本機は、掘削対象物によってビットの交換を行ない、ドラグ形ビット、ローラカッタ形ビットのいずれも取り付けることができる。本体部分の総重量はドラグ形ビットを取り付けた場合は 22 t 、ローラカッタ形ビットを取り付けたときには 28 t となり、本体部の機長は約 8 m である。掘削口径は $2.5 \text{ m}\phi$ であるが、ローラカッタ形では削孔径を $3.0 \text{ m}\phi$ までに拡孔できる拡孔装置が取り付けられている。主な仕様を付表-1に、本体構造を付図-1にそれぞれ示す。

本機のグリッパは上下2連の合計8個から成り、上部グリッパは個々のグリッパが単独に作動するが、下部グリッパは4個のグリッパが同時に均等に張り出すようイコライザが付いている。従っ

て、姿勢制御は最初に下部グリップを拡張して芯出しを行ない、次に上部グリップにより垂直度の矯正を行ないながら機体を孔壁に固定する。

初期掘削において、海上ではウェルケーシング、陸上ではスタンドパイプを必要とし、スタンドパイプは機体を固定し推力および掘削トルクの反力を受けるとともに循環水の水槽ともなるからその荷重に耐え得る剛性、下部水密が保持できるものでなければならない。図-1に本機の作動要領の説明を示す。図-1の④～④にいたる1作業サイクルの一連の作業過程は次の通りである。なお循環水は常時循環しているものとする。

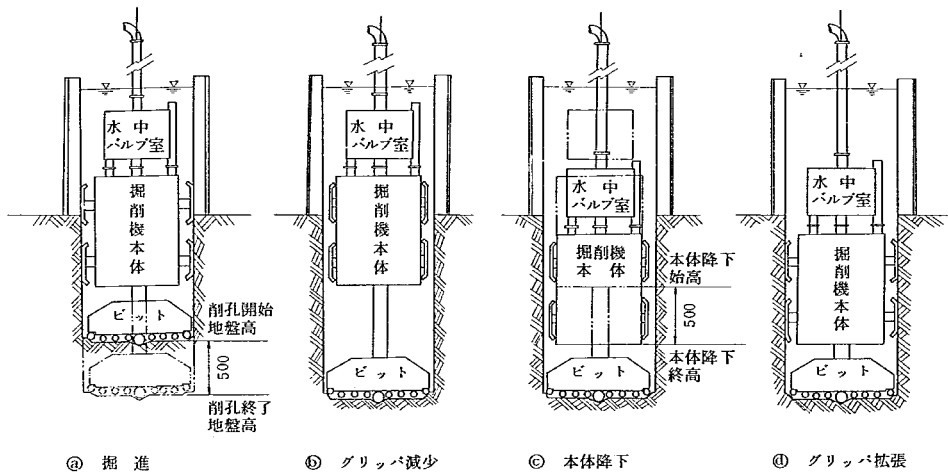


図-1 作 動 説 明 図

- ④ 機体を孔壁に固定し、垂直度を矯正したのちビットを回転させ推力を与えて掘進を始める。
1ストロークの有効掘進量は約500mmであり、ビット回転速度およびビット推力は0から無段階に変えられる。
- ⑤ ビットがストロークエンドに到達したらスラストシリンダの給圧を止め、その後ビット回転を止めてグリップを縮少する。
- ⑥ スラストシリンダのバルブを切換えて本体を下降させる。この場合、本体はビットによって掘削面に支えられることになるから、上部でドリルパイプの振れ止めとしてクレーン等で支えている場合にはそれらをゆるめて本体を下降させる。スラストシリンダの全ストロークは550mmであるが、ストローク全部を縮少してしまうと次の行程の起動時に異物などにより、過負荷になる恐れがあるため20～30mmのストロークの余裕をとっておく。
- ⑦ 下部グリップを拡張し、中心を定めてから上部グリップによる垂直位置制御を行ない、④の状態に戻り1サイクルを完了する。

ドリルビットには、タングステンカーバイト鋼チップ（以下TCチップと呼ぶ）付ドラッグビット2.5mφ（以下ドラッグビットと呼ぶ）およびミルドツース形ローラーカッタービット2.5～3.0mφ（以下ローラービットと呼ぶ）の2種類のビットを取り付ける事ができる。すなわち、本機の

ようなグリッパ方式ではグリッパのストロークに限度があるので、掘削口径を変える場合にはそれに応じたグリッパシユが必要になり、あまり大きな調整範囲を得ることは困難である。

ドラッグビットは4翼のビットボディに旋盤のバイト形のTCチップ付のカッタを配列したもので、掘削ずりのかき寄せ用として集土板を取り付けてある。カッタは、図-2に示す形状のものでゲージ部分は4パス、外周部2パス、内側1パスの配列にしてある。今回の実験においてTCチップには切削工具用鋼J1S, K-20を使用した。

ローラビットは、図-3に示すように27個のミルドツース形カッタを配列し、外周2列がリーミングシリンダにより出し入れ可能な構造にしてある。カッタは米国G.W.Murphy社Reed D. T.Div.製でサドル形のQH型カッタである。

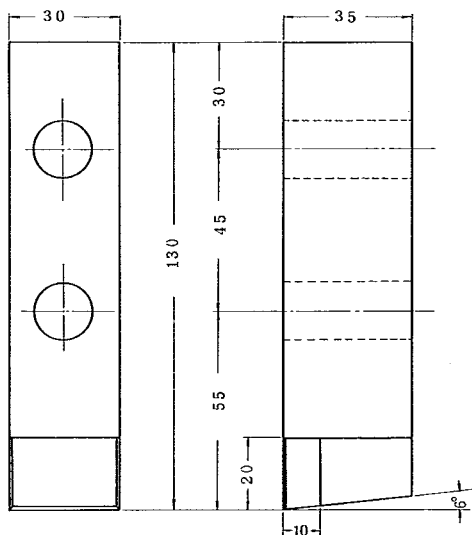


図-2 バイト形ドラッグカッタ

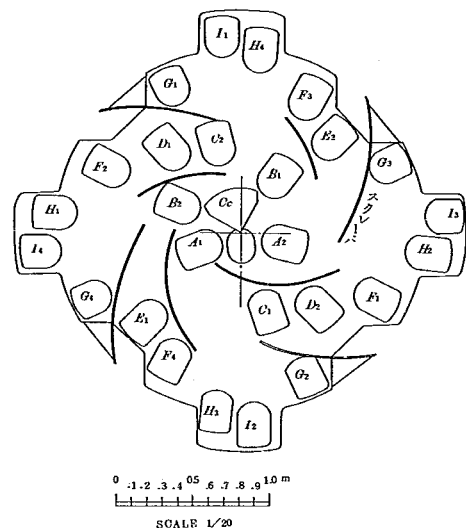


図-3 ローラカッタの配列

また、図-3に示すようにカッタの列の間には掘削ずりのかき寄せ板(スクレーバ)があって、ずりが中央部の吸い込み口へ集まり易いように工夫されている。ずり吸い込み口は、ビット底面の中心より少し偏心したところにある。油圧回路図は付図-2に示す通りである。図において右端に示す回転用の油圧ユニットは陸上に置かれディーゼル機関によって駆動されるが、その他推力用、グリッパ用、リーミングアーム用などの油圧ユニットは、電動機、電磁バルブ類およびオイルタンクとともに掘削機本体上部に取り付けた水中バルブ室に収容され、すべて陸上部において遠隔操作できるようになっている。また、ビット回転速度、ビット推力、グリッパ押付力などは操作盤において任意に選定できる。

運転操作は、付図-3に示す操作盤においてワンマンコントロールできるもので、オペレータは機体の各部に取り付けられた検出器から送られてくる信号をパネル上半部に並ぶ指示計でみながら、下半部に並ぶスイッチを操作し、油圧の設定、掘削作業をon-off制御により行なう。また、この

操作盤には警報装置が設けられていて機体内の水位や、空気圧などに異常が生じた時には警報ベルとランプで警告するようになっている。

ずりあげには、エアリフトポンプおよびサクショ ンポンプのいずれでも使用が可能で、本実験においては主にサクショ ンポンプ（日立 250 mφ, 12m³/min, 120 PS）を使用した。

2. 試 験 要 領

2.1 試験順序および工程

試験は図-4に示すような順序で合計3本削孔することによって行なわれた。第1孔はドラグビットで風化花崗岩の地山を深さ約20mまで、第2孔はローラビットで同じく地山を深さ約26mまで削孔した。第2孔は拡孔装置付ローラビットによるもので、2.5mφで1ストローク削孔したのち3.0mφに拡孔する方法および一気に3.0mφの径で削孔する方法を用いた。第3孔は均等な試料を得るために7m厚さの置き換えモルタルを打設し、ローラビット、ドラグビットそれぞれについて条件を細かく分ける性能試験を行なったものである。後半はドラグビットに切り換えモルタル部を貫通して地山を深度約23mまで掘進した。試験作業の工程を付表-2に示す。

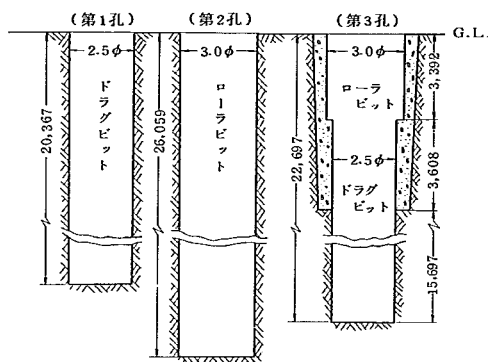


図-4 掘削順序図

2.2 試験場の設備

本試験は、本四公団の一連の陸上掘削実験のために準備されたもので、試験設備の配置は図-5に示す通りである。試験場の規模は試験掘削場（モルタル、地山）約830m²、沈澱池約450m²、貯水池約170m²のほか建物などを占めて占有面積約5,000m²、引き込み電力は電力用200V-60HZ-80KW、電灯用100V-60HZ-15KW、循環水補給用水量9.6m³/minである。

図-5の中で①②③に示す地点がこの掘削試験の削孔位置を示し、付属機器は1～7に示すようにおおむね沈澱池と試験井の間に配置した。

循環水は、各試験井から5のサクショ ンポンプ（エアリフトでは直接）で掘削ずりとともに沈澱池へ放出され、セキを通じて貯水池へ流下し7の水中ポンプ2台で各試験井へ供給される。

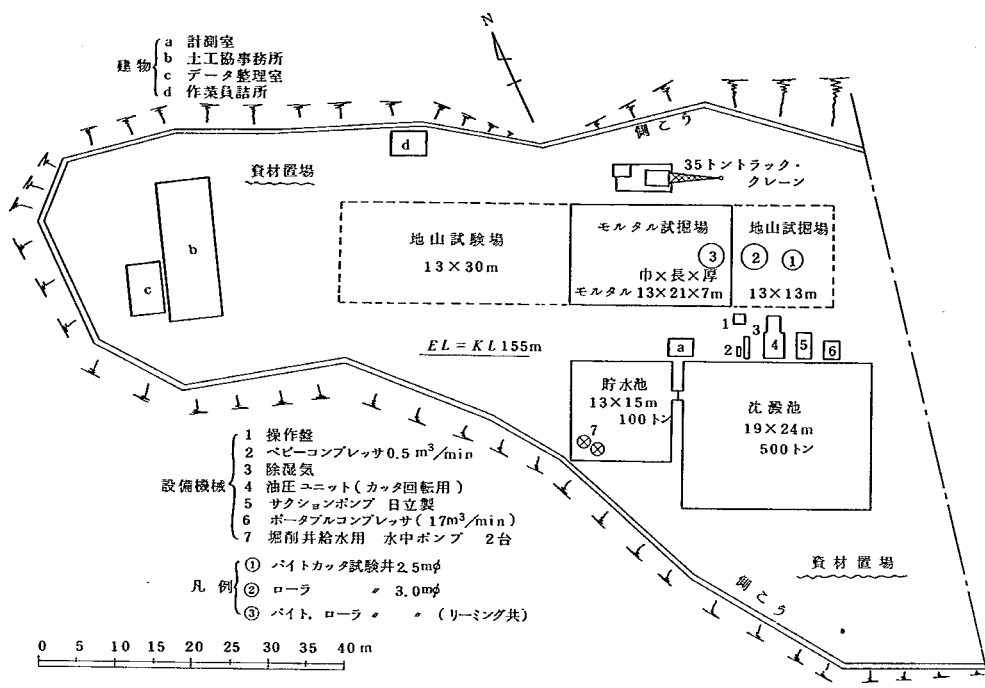


図-5 試験設備配置図

2.3 掘削対象物

(1) 風化花崗岩

試験地付近の地質は全般に深部に達するまで風化が進んでおり、図-6に示す柱状図や図-7に示す弾性波速度からも分かるように、軟質な風化花崗岩で構成されている。部分的には幾分硬いところも介在するようであるが、すぐそばの宅地造成作業もリッパで掘削が行なわれている程度で、図-6の柱状図でも分かるようにコア採取率が深度23 mまで0であった。表-1は現地で行なったプロトジャコフ落錐試験の結果を示したもので、試料は造成地内で採取したものである。

(2) 置き換えモルタル

置き換えモルタルは、配合設計 $\sigma_{28} = 400 \text{ kg/m}^2$ を目標としてセメント（普通ポルトランドセメント） 500 kg/m^3 、砂（吉野川砂） 1.545 kg/m^3 、水 250 kg/m^3 とし、スランプ20 cmで4層に分けて打設した。コアボーリングの試験結果を図-8、表-2に示す。

2.4 試験方法

試験は「実用試験」と「性能試験」に分けて行ない、良好な掘削条件で長時間連続して運転する方を「実用試験」掘削の諸特性を求めるためにビット推力、回転速度を変化させ、掘進速度、掘削トルクの変化の関係を求める試験を「性能試験」と呼ぶことにした。

調査地点 神戸市須磨区多井畑黒ケ谷

孔径 $\phi 66\text{mm}$

調査期間 昭和46年12月

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	柱状 図	色 調	地質 名	観 察	コア採取率(%) 0 20 40 60 80 100	送水量 水量	漏水量 水量	孔位 内水 cm
1	KP.		+			上部は埋戻し土砂 花崗岩の風化帯で軟質				(不詳)
2			+							
3			+							
4			+			試料はスライム状				
5	150		+							
6			+							
7			+							
8			+							
9	145		+							
10			+							
11			+							
12			+							
13			+							
14	140		+			15.0m付近から若干かたいと ころがあるがコア採取不能				
15			+							
16			+							
17			+							
18			+							
19	135		+							
20			+							
21			+							
22	2230		+	黄褐		23.0m付近から岩芯部の試料 をレキ状で採取。試料は指先 でバラバラにくづれる。				
23			+							
24			+							
25	130		+							
26			+							
27		26.30	+	黄褐灰		ところどころ淡青色がかって いる。				
28			+							
29	125		+							
30			+							
31			+			31.0m付近で貫入試験を試み るも貫入不能である。				
32			+							
33			+			33.0m附近漏水する(20ℓ/ min)				
34			+							
35	120		+							
36			+							
37			+							
38			+			レキ状の試料を採取するも軟 質でバラバラにくづれやすい。				
39			+							
40	115	40.00	+	褐灰	マサ					
41										

図-6 地質柱状図

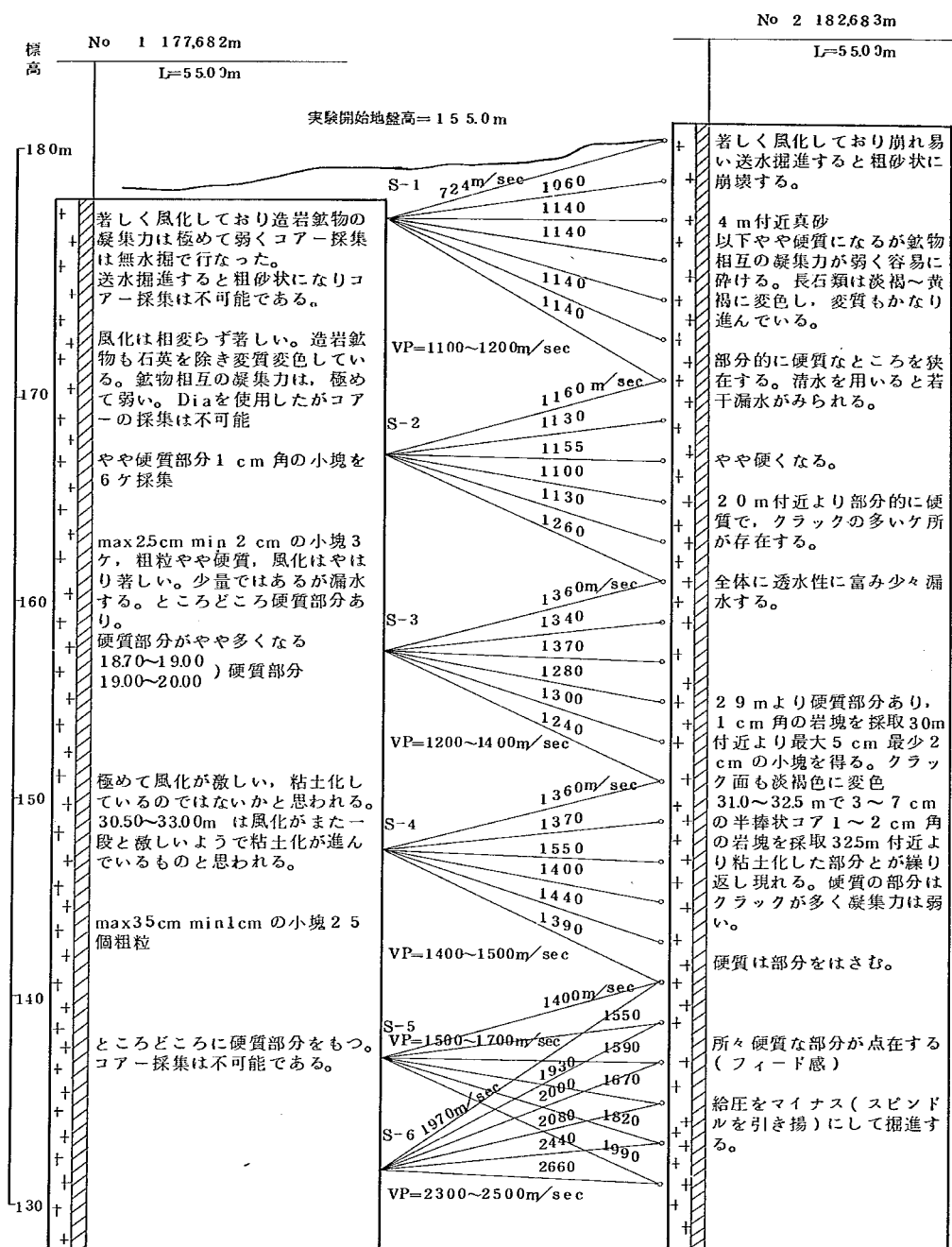


図-7 地山における弾性波速度分布

機械ボーリング柱状図						圧縮試験の結果					
掘進月日	標尺 (m)	層厚 (m)	柱状図	観 察	掘進速度 (m/分) 0 2 4 6	テストピースの番号	一軸圧縮強度 (kg/cm ²)				
							100	200	300	400	500
2月14日	0.5	0.60		軟 質	1.67	1					
	1	0.42				2					
	1.5	0.61				3					
	2	0.45		硬 質	0.83	4					
	2.5	0.45				5					
	3	0.44				6					
2月15日	3.5	0.60				7					
	4	0.20									
	4.5	0.55				8					
	5	0.60		軟 質		9					
	5.5	0.40		硬 質		10					
	6	0.60		軟質で非常に脆ろい		11					
	6.5	0.50		硬 質		12					
7											

- * ー 6.42 mまでコア採取率100%，層厚は柱状コア（直径17cm）の採取長さを示す。
- ** テストピースの大きさは、直径17cm、高さ34cmである（両端イオウのキャッピング）。

図ー8 モルタルのボーリング試験結果

表-1 地山岩の落槌試験結果

試 験 No	試 料 の 重 量					計	容量計の目盛 ℓ	おもりの 落下回数 n	イーゲ-デー-ア-エヌ (f_A) $f_A = \frac{20 \cdot n}{\ell}$	圧 縮 強 度 $Sc = f_A \times 100$
	(合 計 375 gr)									
	1	2	3	4	5					
1	73	74	77	75	76	375gr	57 mm	5 回	1.76	176kg/cm ²
2	75	75	76	75	74	375	59	5	1.70	170
平 均	173									

表-2 モルタルの圧縮強度測定結果

No	深 度	直 径 d	高 さ h	細長比 h/d	破壊荷重	一軸圧縮 強 度	かさ比重	摘 要
1	0 ^M ~0.60M	17.0 ^{cm}	34.1 ^{cm}	2.01	—	kg/cm ² —	gr/cm ³ 2.24	テスト不良(ク ラック)
2	0.60M ~1.02M	17.1	34.3	2.01	96.8	422	2.20	
3	1.02M~1. ~1.63M	17.0	34.2	2.01	83.3	367	2.20	
4	1.63M ~2.08M	16.9	34.1	2.02	85.2	380	2.20	
5	2.08M ~2.53M	16.6	34.1	2.05	90.0	416	2.20	
6	2.53M ~2.97M	16.7	34.0	2.04	70.3	321	2.17	
7	2.97M ~3.57M	16.9	34.2	2.02	—	—	2.20	テスト不良(ク ラック)
8	3.77M ~4.32M	17.1	34.2	2.00	73.1	319	2.18	
9	4.32M ~4.92M	17.0	34.0	2.00	80.8	356	2.16	
10	4.92M ~5.32M	17.0	34.0	2.00	89.7	395	2.22	
11	5.32M ~5.92M	17.0	34.0	2.00	76.5	337	2.17	
12	5.92M ~6.42M	17.0	34.3	2.02	83.0	366	2.18	

(平均368 kg/cm²)

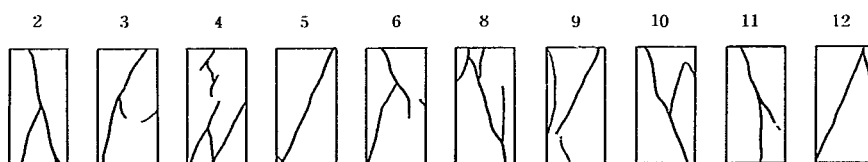


表-3 試験条件と掘進時間

掘進時間 (時間-分)	地 山 掘 削			モ ル タ ル 掘 削			合 計
	2.5 mφ	3.0 mφ	リーミング	2.5 mφ	3.0 mφ	リーミング	
ドラグビット	15 ^h 01 ^{min}	—	—	4 ^h 06 ^{min}	—	—	19 ^h 07 ^{min}
ローラカッタ	3 ^h 12 ^{min}	15 ^h 45 ^{min}	1 ^h 09 ^{min}	2 ^h 46 ^{min}	3 ^h 09 ^{min}	1 ^h 20 ^{min}	27 ^h 21 ^{min}
	合 計						46 ^h 28 ^{min}

表-4 試験条件と掘進量

掘進量 (m)	地 山 掘 削	モ ル タ ル 掘 削	合 計
ドラグビット	36.384 m	2.748 m	39.132 m
ローラカッタ	26.059	3.932	29.991
合 計	62.443	6.680	69.123

(1) 実用試験

実用試験では機械の作動状態を運転操作盤上の計器から読みとり所定の記録用紙に記入する。ただし掘進深度は固定した基準点からずり排出管表面にあらかじめしるしをつけておきそこまでの距離を測定して求める。掘進速度は掘進ストローク計のよみと秒時計により計算で求める。また、項目別にタイムスタディを行ない、作業種別所要時間を分単位で記録する。

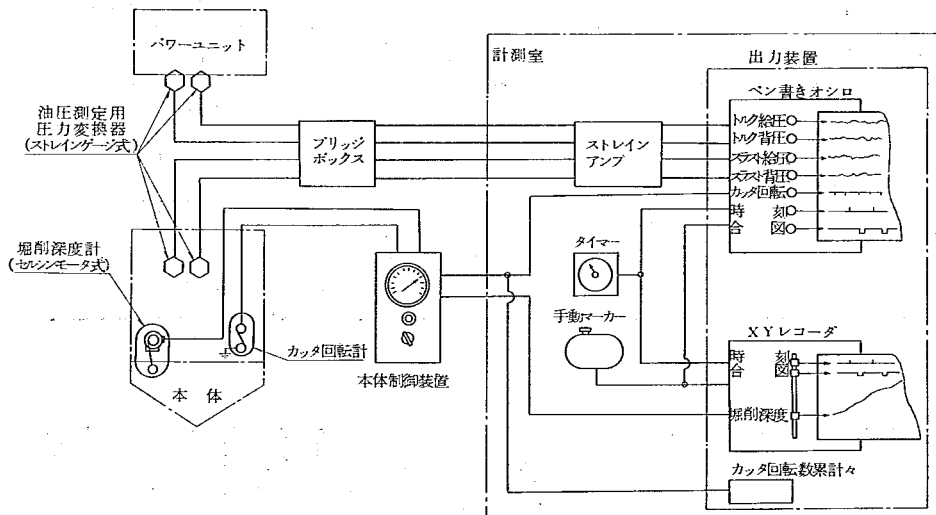


図-9 計測要領図

(2) 性能試験

性能試験は測定器および記録計を用いて計測した。図-9にその計測要領を示す。記録計にはXYレコーダとペンオシログラフを用い、XYレコーダは掘進速度の計測に使用し、試験機の1掘進ストローク500mmに対し200mmのフルスケールにペンを振らせて2台の記録計の時間を合わせるため、一定の時間間隔で同時にマーカをいれる。

3. 試験の結果

付表-3に試験結果一覧表を示す。

3.1 運転実績

この試験の運転実績(掘進時間と掘進量)はおおよそ表-3、表-4の通りであった。また、付図-4は1掘進ストロークの盛替え時点を基準としてその間における機械の作動状況、作業サイクル、掘進状況をまとめたものである。

3.2 荷重-速度の関係

図-10~図-12に主要値の関係、すなわち掘進速度 R 、ビット回転速度 N 、ビット推力 W 、および掘削トルク T の関係をそれぞれに示す。試験中被掘削材の材質の変化、カッタの摩耗や破損、循環水の変動などがあり、データにばらつきがでたが計測中検定条件を入れたり観察上試験中、明らかに変動の要因となったと考えられる部分については整理の段階で削除してある。

数値の中でビット推力および掘削トルクはそれぞれの油圧を測定し次式を用いて算出した。

(1) ビット推力

$$W = \frac{1}{1000} (A_r \cdot P_f - A_h \cdot P_h) + W_b \quad (\text{ton}) \cdots \cdots (1)$$

ここに A_r : 給入側シリンダ有効面積 (366.2 cm²)

P_f : 給 圧 (kg/cm²)

A_h : 排出側シリンダ有効面積 (490.88 cm²)

P_h : 背 圧 (kg/cm²)

W_b : 可動部(主にビット)水中重量(ton)

(2) 掘削トルク T

$$T = (P_d / 21.5) - C \quad (\text{ton-m}) \cdots \cdots (2)$$

ここに P_d : 差 圧 (kg/cm²)

C : 空転トルク (ton-m)

空転トルクはビット交換の都度実測して求めるもので図-13に示す値を得た。図における2本の曲線は油圧ホースの長さの違いによるものであり、空転トルクの大部分が管路抵抗であることが後に確認された。

3.3 拡孔率および孔曲り

削孔後の孔の形状の測定結果を付表-4に、その状況を付図-5に示す。測定は、日本電波工業kkの2探触子交互送信方式の超音波測定器を用い、図-14に示すように長さ2,300 mmの棒の先端に発信子を取り付け孔の中心部を深さ方向に一定のピッチで水平におろし発信子と壁面間の距離を測定した。

注) この測定は鹿島建設技術研究所が担当した。この測定器は水中測定専用で、測定は削孔したあとに水をはって行なった。

表-5は第3試験井についてモルタルを削孔したのちドライにして孔の形状を実測した値を示す。

3.4 カッタの摩耗量

(1) バイトカッタ

第1孔を削孔したのち摩耗量を測定した。計量の結果を付表-5に、その状況を付図-6に示す。図からも分かるようにチップの材質に硬い材料を選定したこともあって破損したのがほとんどであった。付図-7は第3孔のモルタル、地山削孔後の摩耗状況を示すが、第3孔の削孔時には損耗の激しかった一部のカッタを交換し、さらに全面2パス以上の配列をしたもので付図-6の配列とは一致しない。

(2) ローラカッタ

本試験に用いたツース形ローラカッタはコーン形センターカッタを除いては、図-15に示すように3種の歯型のカッタを図-3に示すように配列した。図-3においてGカッタおよびIカッタがゲージカッタである。

カッタの摩耗は図-15に示すような歯形ゲージを作り歯の高さを8分割する8分法で

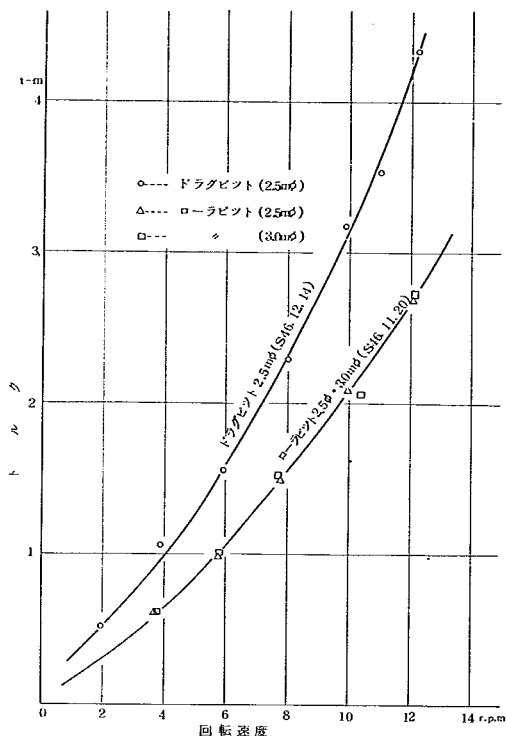


図-13 回転速度と空転トルク

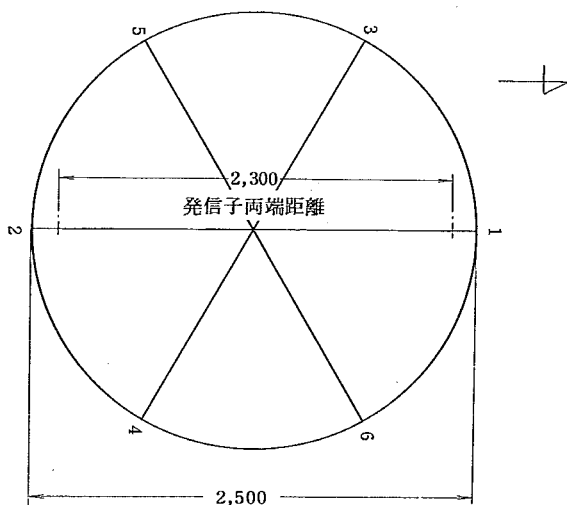


図-14 孔形測定法

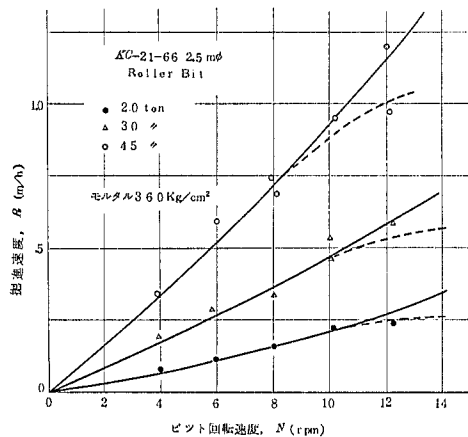


図-10(1) ビット回転速度と掘進速度

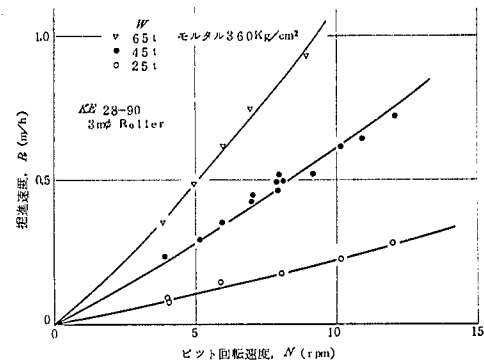


図-10(2) ビット回転速度と掘進速度

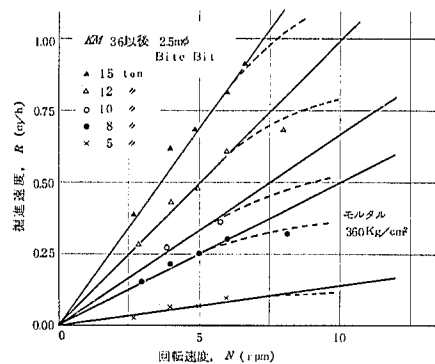


図-10(3) ドラグビットによるビット回転速度と掘進速度

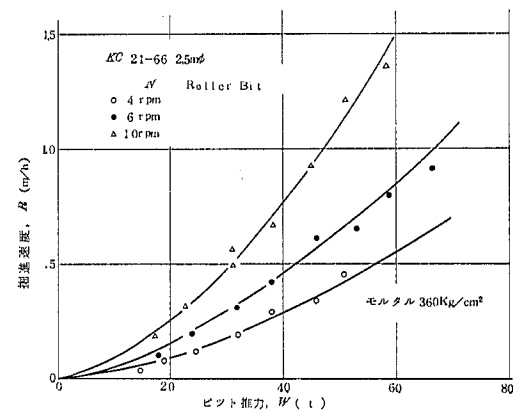


図-11(1) ビット推力と掘進速度

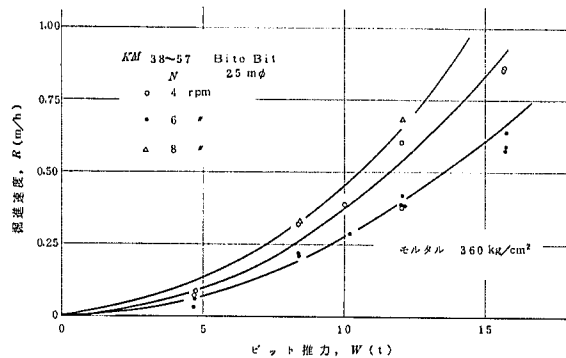


図-11(2) ビット推力と掘進速度

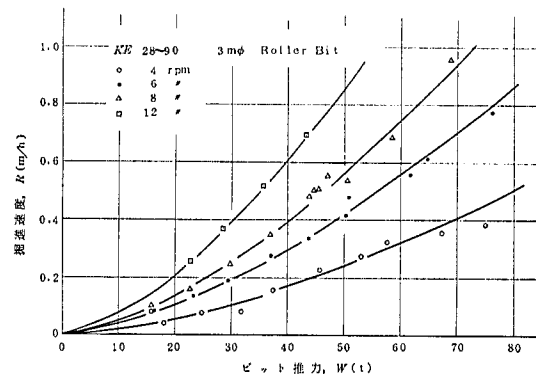


図11(3) ビット推力と掘進速度

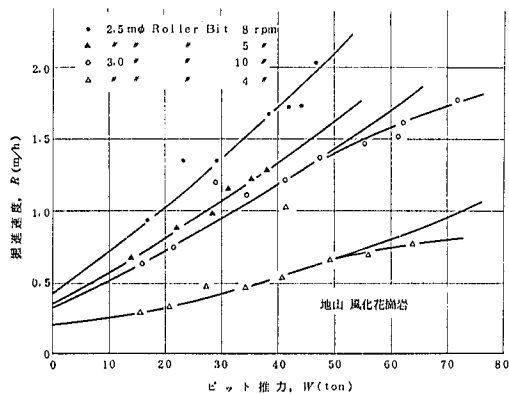


図-11(4) ビット推力と掘進速度

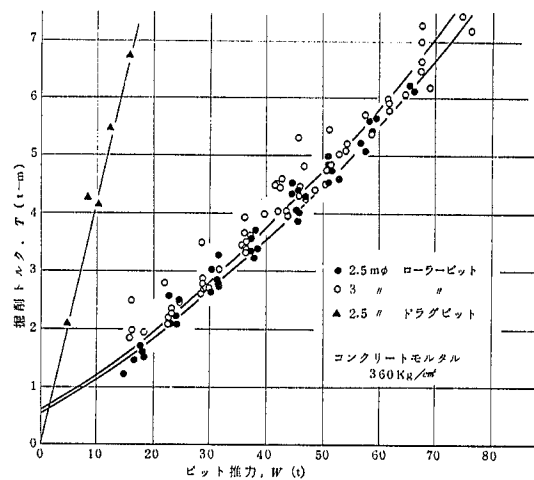
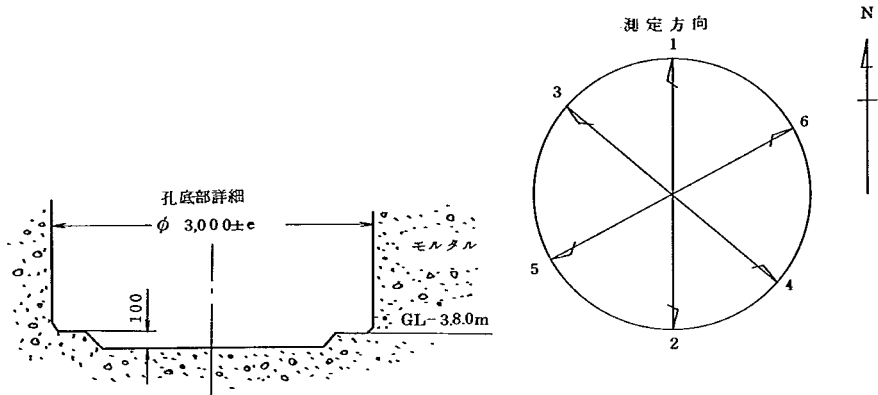


図-12 ビット推力と掘削トルク

表-5 直接測定による孔形



センター間

2,700

センター間

2,700

センター間

2,700

深 度	1	2	1-2	3	4	3-4	5	6	5-6
GL 0	140	166	3,006mm	143	162	3,005mm	163	142	3,005mm
- 0.5	141	165	3,006	141	159	3,006	164	142	3,006
- 1.0	142	162	3,004	153	154	3,007	167	137	3,006
- 1.5	145	161	3,006	153	154	3,007	166	141	3,007
- 2.0	143	165	3,008	152	155	3,007	165	139	3,004
- 2.5	144	163	3,007	155	153	3,008	168	139	3,007
- 3.0	142	163	3,005	158	150	3,008	174	134	3,008
- 3.5	143	162	3,005	160	144	3,004	177	129	3,006
- 3.8	150	160	3,010	164	147	3,011	176	138	3,014
平 均	D = 3,006mm			D = 3,007mm			D = 3,007mm		

GL - 0.57 m

- 1.06

- 1.65

- 2.01

- 2.43

- 2.95

- 3.34

掘削機盛替え時に付く孔壁

円周方向の竊模様の位置

(但し 1/6 側点側)

表示した。付表-6(1)は地山26.059 m掘削したのちの測定値で表中、内、中、外とあるのは1個のカッタ三列の歯の内側から内、中、外と表わしたものである。付表-6(2)は地山削孔26.059 mのほかモルタル3.932m削孔したのちの摩耗した値を示す。

4. 考 察

4.1 作業時間

特に海上工事においては、施工性をあげることが掘削の能力をあげることよりもむしろ重要である。陸上における一般のリバース工法においてもドリルパイプの継ぎ足し時間などその他作業時間の占める割合が大きくなる傾向にあり、本機においてもこれらの点を重視し実作業時間率が向上するよう機械の設計段階において配慮した。表-6は各孔別の作業時間構成を示したものである。

(1) 盛り替え時間

盛り替え時間とは1ストローク掘進後、①グリップ縮少、②機体下降、③下部グリップ拡張、④姿勢制御まで次の掘削体勢に入るまでの操作時間のことで、図-16に示すように全体を通して4分が最も多い。図からも分かるように操作の慣れがこの時間短縮の因になっている。

操作技術上、たとえば均質な地層で孔曲りの傾向のないところではストローク計や圧力計を見ながら、グリップが孔壁からわずかに離れた状態で縮少を止め、機体の垂直度を保ったまま機体を下げそのままグリップを拡張すると姿勢制御行程が省略され3~4分以内で盛り替えができるようになる。

(2) ドリルパイプの継ぎ足し時間

大口径でしかも地層が硬くなると掘進速度が低下しドリルパイプの継ぎ足し時間の占める割合は

表-6 作業時間構成表

作業内容	作業時間構成			
	第1孔	第2孔	第3孔	平均(合計)
掘削時間	181 (473)	196 (1197)	261 (878)	21.1 (2548)
盛り替え時間	84 (221)	69 (419)	66 (223)	7.1 (863)
ドリルパイプ 継ぎ足し時間	113 (295)	82 (503)	38 (126)	7.7 (924)
整備・修理	21.5	25.2	22.2	23.6
点検時間	(563)	(1542)	(748)	(2853)
その他作業 時間	40.7 (1964)	40.1 (2447)	41.3 (1389)	40.5 (4900)
合 計	100 (2616)	100 (6108)	100 (3364)	100 (12088)

注：上段は%，下段()は時間(分)で表わす。

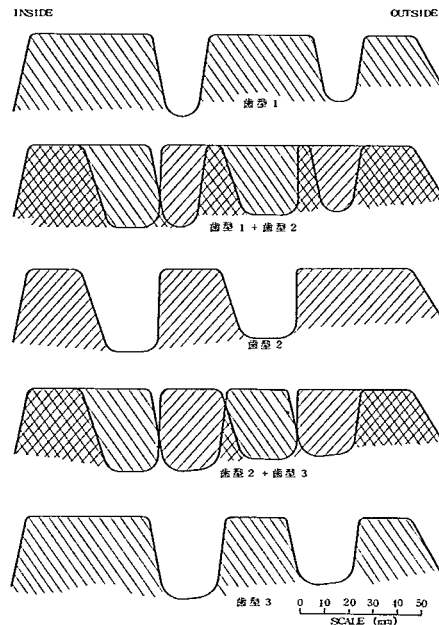


図-15 ミルドツースカッタの歯型

小さくなるが、掘削コストの面からは大きな値になる。図-17にこの時間を度数分布で示す。当初作業では1時間以上要していたのが後半慣れるにしたがって30~40分に短縮されている。しかし、本機のように下部駆動形式の場合はロータリーテーブルやケリーバがなく、ドリルパイプも軽量で取り扱い易い管であるから油圧ホース類のハンがなど工夫すればさらに20~30分ぐらいまでに改善することができるものと考えている。

(3) リーミングアームの縮少、拡張時間

1サイクル中縮少に約2~3分、拡張に3~4分要していたが、これは実際の開閉時間が約1分弱要するのに対して計器がないため安全をみてこの時間を与えたもので、リーミングアームの開度計または全開、全閉のリミットスイッチを取り付けることによって実開閉時間約1分位に収めることができる。

(4) その他

その他段取替えや整備、修理の時間は現場条件や試用期間が過ぎて機械が安定しれときとは異なるのが当然であり、本工事の場合を類推するのに今回の結果そのままを適用することはできないから表-6ではこの時間を除いてある。また、休止、休憩時間が大きいのは本工事は実験であるため、大部分が計器の調整、確認、トルクの検定などに要したものである。

4.2 掘進速度

4.2.1. 実用試験における掘進速度

実用試験は機械の試運転を兼ねて機械構造上の問題、連続運転における安定性、タイムスタディを調査することを主眼に行なったものでビッド推力、回転速度選定には良好な運転状態を維持するように心掛けた。しかし、地層の変化、循環水の状態など条件がvari均一な掘進速度を得るにいたらなかった。

2.5 mφ ドラグビットによる地山掘削第1孔は初期および後半には3~4 m/hの掘進速度が得

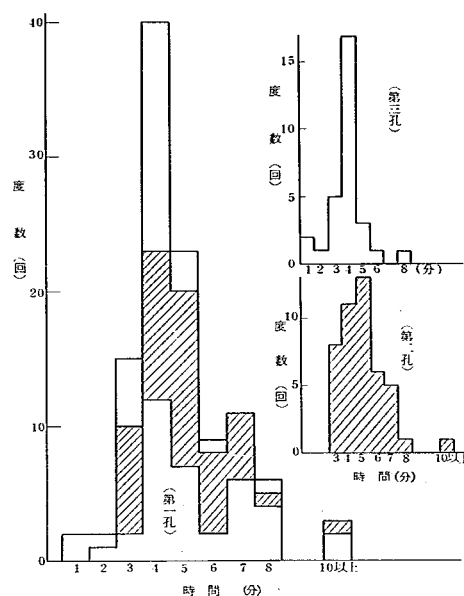


図-16 盛替時間度数分布

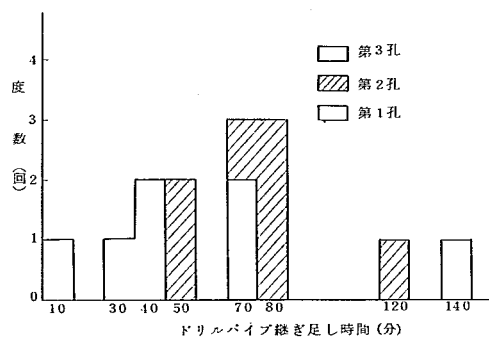


図-17 ドリルパイプ継ぎ足し時間度数分布

られ、 5.34 m/h ($N=5.3 \text{ rpm}$, $W=10.4 \text{ t}$) の最高掘進速度を記録した。し

かし、付図-5、付図-6にみるように掘削試験終了後のカッタの状態は破損が大きく、カッタにとってはオーバーロードになっていることを示している。

ローラビットによる地山掘削(第2孔)においては、掘削トルクが限界となり $2.5 \text{ m}\phi$ では $1.5 \text{ m/h} \sim 2.5 \text{ m/h}$, $3.0 \text{ m}\phi$ においては $1 \text{ m/h} \sim 2 \text{ m/h}$ の値が良好な状態での掘進速度でありカッタに対しては楽な荷重条件で掘削していることになる。

4.2.2 性能試験による掘進特性

これまでローラビットによる削孔に関しては土木研究所におけるビット試験機による削孔実験をはじめ各種実験が行なわれてきており、その結果においても在来の小口径の掘削と同様の傾向が得られている。ここに大口径削孔における削孔公式を導きこれまでの実験結果を加えて本試験結果と合わせて検討してみる。削孔公式の導入にあたっては次元解析法を用い、表-10に示す物理量と二次量の関係から掘進速度に関する物理量を取り出すと次の完全方程式を得る。

$$f(R, N, D, r, S, W, \nu, H) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

一次量が8に対して二次量が3であるから $8-3=5$ 個の π 項が得られ(3)式より

$$\phi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

が成り立つ。これをバッキンガムの定理にしたがって次元積の形で求めると、

$$\frac{R}{ND} = K \left(\frac{D}{T} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{ND^2}{\nu} \right)^\beta \cdot \left(\frac{W}{SD} \right)^r \cdot H^\delta \dots \dots \dots (5)$$

となり、さらに掘削速度、 R は

$$R = KD^{\alpha+2\beta-r+1} \cdot N^{\beta+1} \cdot W^r \cdot S^{-r} \cdot \tau^{-\frac{\alpha}{2}} \cdot \nu^{-\beta} \cdot H^\delta \dots \dots \dots (6)$$

で表わされる。ここに K はドリラビリティ定数、 H はカッタの歯の高さを標準化して表わしたもので、カッタが新しいときには1、完全に磨耗した状態を0で表わす無次元の値である。

在来の小口径の削孔において、回転速度と掘進速度の関係は(6)式における回転速度、 N のべき数 $(\beta+1) \leq 1$ の関係にあったがこれまでの実験結果大口径の場合には回転によってカッタが掘削面の水を攪拌し、これによって掘削ずりの吸込み状態を良好にすることから回転速度の増加に伴う掘進速度の増加率がある程度の回転速度までは大きくなる傾向にあり、図-10(1)(2)に示すように $(\beta+1) \geq 1$ の値をとる。特殊な泥水を使わない限りリバース工法において泥水の粘度が変わらないとみなし、環流の粘度の値、 ν^β をドリラビリティ定数、 K に含めさらに新しいカッタの場合についてこれまでの実験結果を総合結果だけを示すと、 $\alpha \div 0.8$, $\beta \div 0.1$, $r \div 1.5$ が得ら

表-7 掘削トルクおよび掘進速度に関する物理量と二次量

物理量	記号	二次量	計算式に用いた単位
掘削トルク	T	FL	ton-m
掘進速度	R	$L T^{-1}$	m/h
ビット口径	D	L	m
カッタ半径	r	L	cm
ビット回転速度	N	T^{-1}	rpm
ビット推力	W	F	ton
削孔強度	S	FL^{-2}	kg/cm^2
カッタの摩耗度	H	—	—
循環流の粘度	ν	$L^2 T^{-1}$	K に含める

れ(6)式は次式に書き表わされる。

$$R = K D^{-1.2} \cdot N^{1.1} \cdot \left(\frac{W}{S} \right)^{1.5} \cdot \tau^{0.8} \quad (\text{m/h}) \dots \dots (7)$$

図-18は各種条件における $D^{-1.2} \cdot N^{1.1} \cdot (W/S)^{1.5} \cdot \tau^{0.8}$ と掘進速度, R の実測値との関係を示す。図より勾配で表わされるドリラビリティ定数 K は $0.4 \sim 0.7$ の範囲にある。図-18における削孔強度 S には一軸圧縮強度を用いているが、コンクリートモルタルの場合これが良く一致する。

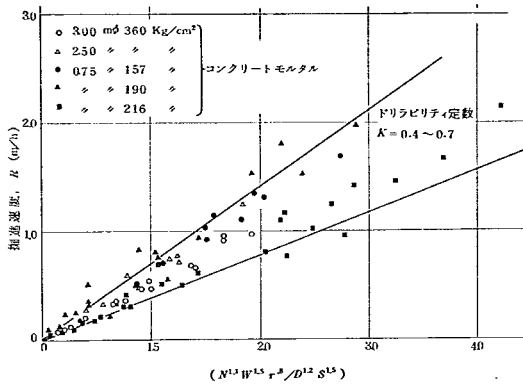


図-18 掘進速度公式と掘進速度

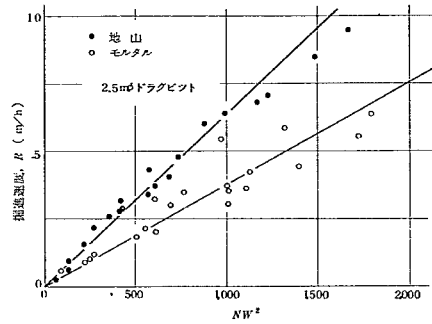


図-19 2.5mφドラグビットにおける NW^2 と掘進速度

トラグビットにおいては削孔公式を導くに十分なデータが得られておらず、本試験の結果だけからみると図-19に示すように掘進速度 R は回転速度 N およびビット推力 W に関しておおよ次の関係にある。

$$R = K N W^2 \dots \dots \dots (8)$$

しかし、ビット回転速度 N が増加するにしたがって、ある程度までは直線的に増加するがそれ以上回転速度を増すと掘進速度の増加率は低下する傾向にあり、(8)式はこれらの関係の直線部分にのみ適応するものである。このことからドラグビットにおいてはローラビットほど回転による攪拌効果が現われていないと考えられる。ビット推力に関しては掘進速度の増加は敏感で、ローラビットにおいては $W^{1.5}$ に比例しているのに対してドラグビットではほぼ W^2 に比例している。

4.3 掘削トルク

掘進速度の場合と同様にローラビットについてトルク T に関係すると考えられる物理量と二次量の関係から次の完全方程式が成立する。

$$f(T, D, \tau, N, W, S) = 0 \dots \dots \dots (9)$$

これより無次元値の形で求めると

$$\frac{T}{DW} = f\left(\frac{r}{D} \cdot \frac{W}{r^2 S}\right) \quad \dots\dots\dots (10)$$

となり、さらに

$$\frac{T}{DW} = C \left(\frac{r}{D}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{r^2 S}\right)^b \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$T = C D^{1-a} \cdot r^{a-2b} \cdot S^{-b} \cdot W^{1+b} \quad \dots\dots\dots (12)$$

ここに、 C ：無次元定数

a, b ：べき定数

大口径削孔に関する掘削トルクの算定式はMorlan* による次式が最も多く用いられている。

$$T = 2.960 \times 10^{-2} k W_d^{1.5} \cdot D^{2.3} \text{ (ton-m)} \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 W_d は単位口径当りビット推力であり、地層による定数 k についてはたとえばBerea Sandstone (約175 kg/cm²) で 10×15^{-2} , Gray Granite (約2,200 kg/cm²) で 6×10^{-15} の値となっており、別に行なった当所のビット試験機による削孔実験の一軸圧縮強度約190 kg/cm²の例に対して $k = 10 \times 10^{-5}$ を代入して図示したのが図-20である。図-20は図-12と同様に代表的なビット推力と掘削トルクの関係を示したものである。図からも分かるようにローラビットによる削孔における1つの特徴は、ビット推力が0の点においてもいくらかトルクが残っていることである。

このことは空転より掘削が始まった瞬間からカッタが自転を始めるため、カッタ自体のベアリング抵抗や内側と外側と異なるカッタの外周長によりカッタの引きずりが起こることなどによってできる抵抗値と考えることができる。これらの抵抗値をビット推力の増加によるトルクの増加とおきかえて考えると、一般にカッタの数はビットの直径に比例して多くなっているからビットの単位径当り抵抗値、すなわち初期荷重、 W_d として表わすと(12)式は

$$T = C D^{1-a} \cdot r^{a-2b} \cdot (W + W_d D)^{1+b} \quad \dots\dots\dots (14)$$

となり、これまでのほかの実験結果と合わせて掘削トルクはほぼビット推力、 W の1.5乗に、また口径 D の0.5乗にそれぞれ比例することが明らかになり、またコンクリートモルタルにおいては削孔公式と同様に一軸圧縮強度と強度、 S が良く一致する。すなわち(12)式において、べき定数、 a, b は共に

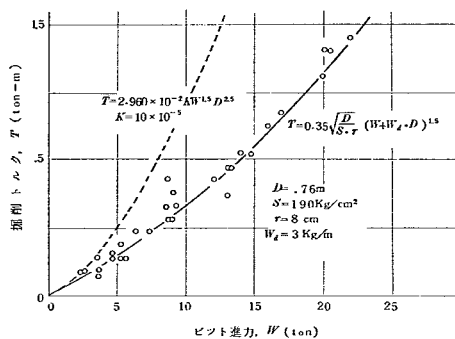


図-20 ビット試験機によるビット
推力と掘削トルク

* Morlan E.A.: "Designing large Diameter Hole Drilling Programs" World Oil, April, 1962.

約 0.5 ということになる。

$$T = C \sqrt{\frac{D}{\tau \cdot S}} (W + W_d \cdot D)^{1.5} \quad (\text{ton} \cdot \text{m}) \dots \dots \dots (15)$$

ここに初期荷重 W_d はカッタの形状や大きさなどによって異なり、3～8の範囲の値でカッタが大きくなる程大きな値となる。

図-21に各種条件における $\sqrt{D/\tau \cdot S} (W + W_d \cdot D)^{1.5}$ と掘削トルク、 T の関係を示す。図より定数、 C は0.27～0.35の範囲にある。

ドラグビットについては図-12に示す通りであるがデータ不足のため掘削トルク算定式を導くにいたっていない。図-22は同口径のドラグビットとローラビットにおける単位口径当りの推力と水平負荷の関係を示したものである。図からも明らかなように F_c/W_d で表わされる削孔摩擦係数はドラグビットの方がローラビットの場合よりはるかに大きく、ローラビットでは口径の大きい方が小さな値をとっている。

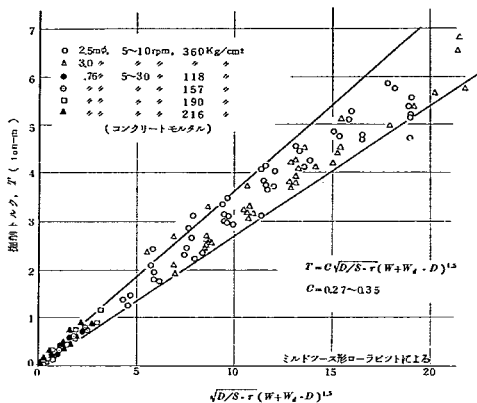


図-21 掘削トルク公式と掘削トルク

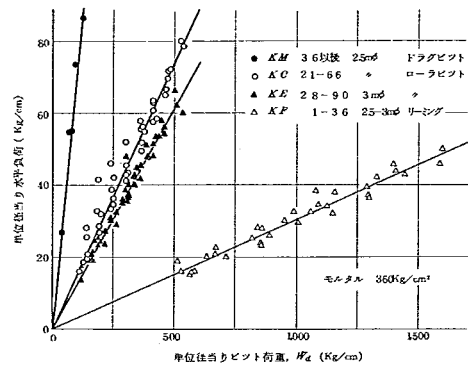


図-22 単位口径当り推力と水平負荷

4.4 掘削エネルギー

ロータリ方式で岩を掘削するときのエネルギーは掘削トルクとビット回転によって与えられる回転方向のエネルギーとビット推力として与えられる軸方向のエネルギーから成る。いまビット1回転当りのエネルギー、 E を考えると回転方向のエネルギー、 E_1 、軸方向のエネルギー、 E_2 はそれぞれ次式によって与えられる。

$$E_1 = 2,000 \pi T (\text{kg} \cdot \text{m}) \dots \dots \dots (15)$$

$$E_2 = \frac{1,000 \cdot W \cdot R}{60 N} (\text{kg} \cdot \text{m}) \dots \dots \dots (16)$$

ここに、 T :掘削トルク (ton-m)

W :ビット推力 (ton)

R : 掘進速度 (m / h)

N : ビット回転速度 (rpm)

これから掘削エネルギー, E は

$$E = E_1 + E_2 \quad (\text{kg-m}) \dots \dots (17)$$

となる。しかし, (17) 式において E_2 は E_1 に比べて非常に小さく殆んど無視できる値である。

図-23 は E_1 と E_2 の関係を示したものである。また図-24 は掘削エネルギーと掘削量の関係を示す。図よりドラグビットとローラビットの関係において単位エネルギー当り掘削量はローラビットの方がドラグビットのほぼ 1.5 倍と能率が良い。

口径においては 2.5 mφ の方が 3 mφ よりわずかに能率が良くなっている。

4.5 地山掘削と削孔強度

ローラビットによる地山掘削のビット推力と掘進速度の関係は図-11(4)に示す通りであるが, 風化花崗岩の地山は亀裂が多く強度変化が激しいためデータのバラツキも大きかった。地山掘削の大きな特徴は図-11(4)にみられるように 2.5 mφ, 3 mφ 掘削に共通してビット推力 0 の点における掘進速度が 0 にならず, ビット推力と掘削トルクの関係と同様の傾向を示している。このことから掘削トルクと掘進速度の関係を求めると図-25に示すように掘削トルク, 掘進速度がともに原点 0 から出ており, 掘削トルクの場合と同様にローラビットの自転などによる初期トルクの反力が掘削に作用しているものと考えることができる。

地山の強度の測定法にあたってはコアの採取が不能であり, プロトジャコフ落錐試験法を用いた表-1の値を得ているにす

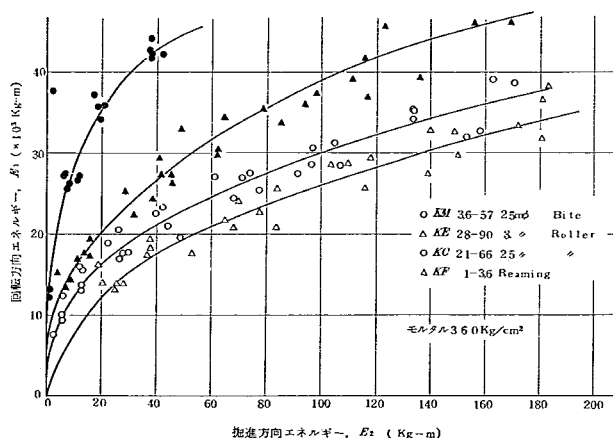


図-23 掘進方向エネルギーと回転方向エネルギー

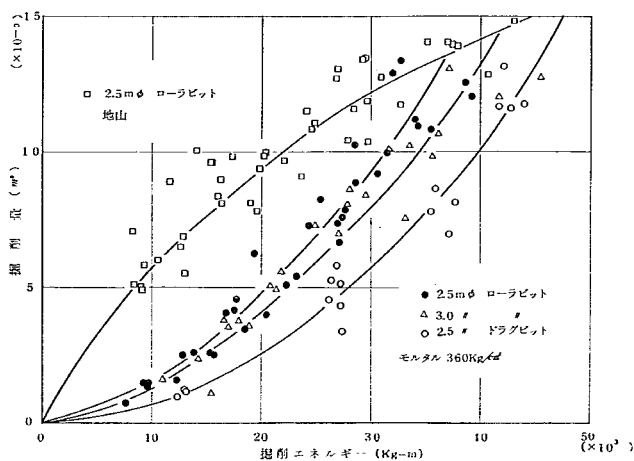


図-24 1回当り掘削エネルギーと掘削量

ぎない。ここに1つの試みとして(15)式から逆算して削孔強度、 S を求めてみる。図-26は(15)式の C に0.35を代入し $1/\sqrt{S}$ を除いた式にビット推力を変数として求めた値を横軸に掘削トルク、 T を縦軸に示したもので、この勾配が $1/\sqrt{S}$ を表わすことになるからこれから削孔強度、 S を求めるとほぼ 210 kg/cm^2 の値を得ることができる。図における点線は深度約1.5mのデータのグループでこの付近では約 120 kg/cm^2 ということになる。

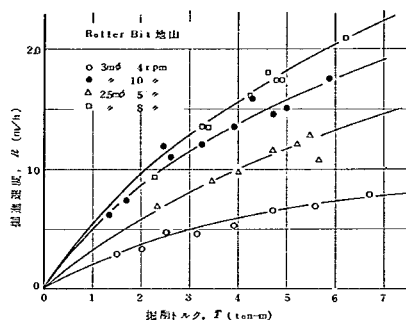


図-25 掘削トルクと掘進速度

4.6 カッタの摩耗と破損

4.6.1 ドラグカッタ

本機の試験の第1回目は土木研究所構内で置換えモルタル(1軸圧縮強度約 $80 \sim 180 \text{ kg/cm}^2$)を試料として行っており(試験報告書第1報),このときに選定したTCチップの材質が鉱山土木用ビット鋼JIS, E-5番を用いたのであるが同報告にみるように3~4mの掘削で

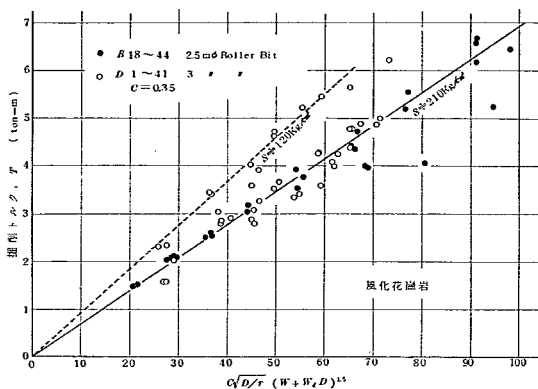


図-26 掘削トルク公式より求めた削孔強度

大部分が全摩耗(TCチップの逃げ角が0となり刃先が平になった状態)しているため、今回の選定に当っては切削工具鋼であるJIS, K10番を用いた。その結果付図-6(1),付図-6(2)に示すように大部分のカッタが破損しており、摩耗は殆んど認められなかった。以上2種類のTCチップの状況からみてもTCチップの材質が非常に敏感に摩耗または破損に作用することが分かる。なお多少破損したカッタでも掘進速度にはあまり影響していない。

4.6.2 ローラカッタ

ローラビットの場合シリンダ形ローラカッタのテーパは大部分が同形であるからビットに取り付けられて回転する際、図-27に示すようにカッタの回転しようとする軌跡とビットによって通る軌跡が異なりその分だけ外側または内側の歯先が引きずり運動する。被掘削材によってはこの引きずり作用が掘削に良好な影響を与えるため在来の小口径のビットでは図-29に示すようにカッタをオフセットしているものさえある。この状態が付表-6(2)からも分かるように、カッタの外側が多く摩耗していることでも説明されている。一方回転中のカッタのパスの重なり状態も摩耗後のカッタの形状に明確に現われることがよくある。カッタの摩耗特性を知ることが削孔の経済性の点で重要なことであるが、それには数多くのデータを必要とするため本実験においては摩耗状況を報告

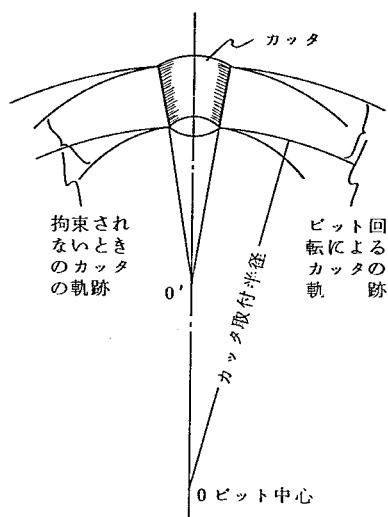


図-27 ビットに取り付けられた
カッタの軌跡

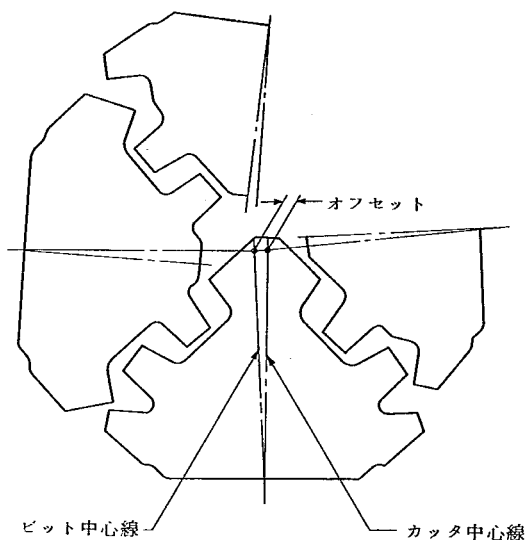


図-28 オフセットされた
小口径ビット

する程度に止どまった。

4.7 孔の仕上り精度

第2孔の計測表で(ローラビット、地山)深度20m付近からの値が削孔径3.0m ϕ に対して小さな値になってきているが、これは削孔方法として2.5m ϕ を掘削したのち3.0m ϕ に拡孔する方法や、3.0m ϕ 一気に削孔する方法を混合して用い、拡孔に際して拡孔巾が片側25cmと狭い上に地山がもろいため、2.0m ϕ の孔と3.0m ϕ の孔の段の部分が崩壊して拡孔カッタで掘削する断面がテーパになるばかりでなく大きな推力で押し下げられるため、拡孔カッタが縮少する方向に荷重が作用し、いったん縮少すると次の工程から拡孔アームが全開せず徐々に孔をせばめているものと考えることができる。しかし、このことは掘削方法にも問題があるが拡孔カッタの構造上拡張側にもカッタを配列すれば解決できるものである。

孔曲り量は第1孔(ドラッグビット・地山)では2cm/20mぐらい、第2孔(ローラビット・地山)で3~4cm/25m、第3孔はモルタル部で4cm/7m、地山部で4cm/14~15mであった。第3孔のモルタル部は約4mをローラビット、残りをドラッグビットで削孔したので途中のビット交換の影響で孔曲り量が大きく出たものと考えられる。

表-5は試験終了後モルタル部分だけを排水し直接計測した結果であり、これと超音波測定結果と比較すると超音波測定結果の方の値が幾分大きい、測定誤差としては約1cm位におさまるようである。

4.8 本機の作業性

本機の形式上の特徴として、大口径、硬岩用ほど在来のロータリテーブル方式に比べて油圧による推力付加方式であるから全重量が小さいこと。特に海上作業においては常時大形のつり上げ装置を用意する必要がないこと、掘進にあたって定推力掘削が可能であることの3点があげられる。また、運転操作はワンマンコントロールができ機体の垂直度、推力などのファインコントロールができるから操作が至便である。

その他機体の出し入れに障害になりがちなロータリ・テーブルがないことやケーリーバーがないことがドリルパイプの継ぎ足し作業をより容易にしている。

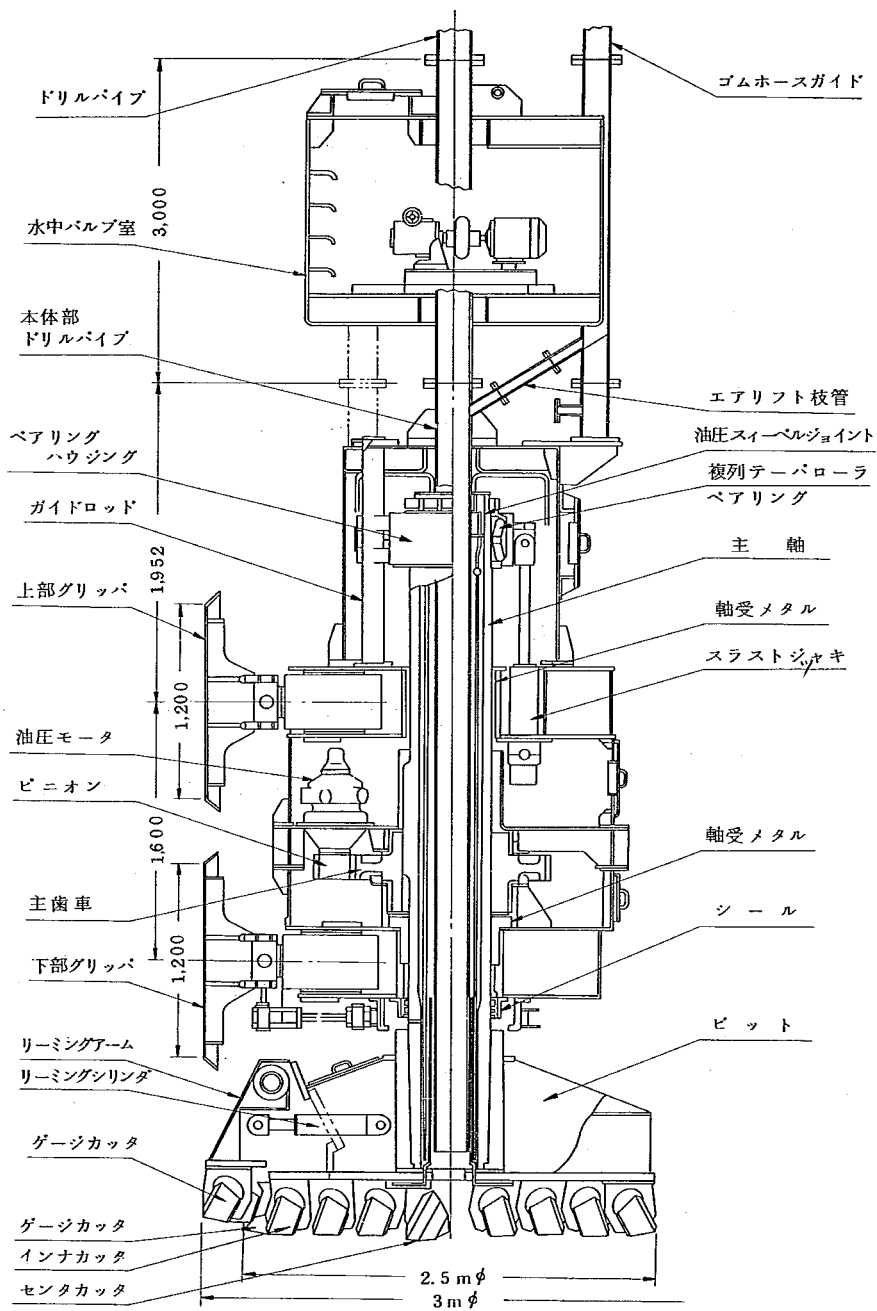
一方、動力機器系統が機体に内蔵されているため、油圧または電力等のエネルギーを送り込むための配線、配管が所定深度に応じた長さだけ必要となり、この取り扱いや処理方法などに工夫をこらす必要がある。しかしながら施工法に対する本機の適用が重要な問題であり、このような大口径掘削機を橋脚の基礎施工に使用した例がないだけに本工事に採用するのに懸念されるむきもあるが、施工法や段取りを工夫すればウエル沈設工法、ドームドケーソン工法、多柱基礎工法それぞれに確実な工法になり得る可能性が十分あるものとする。

あ と が き

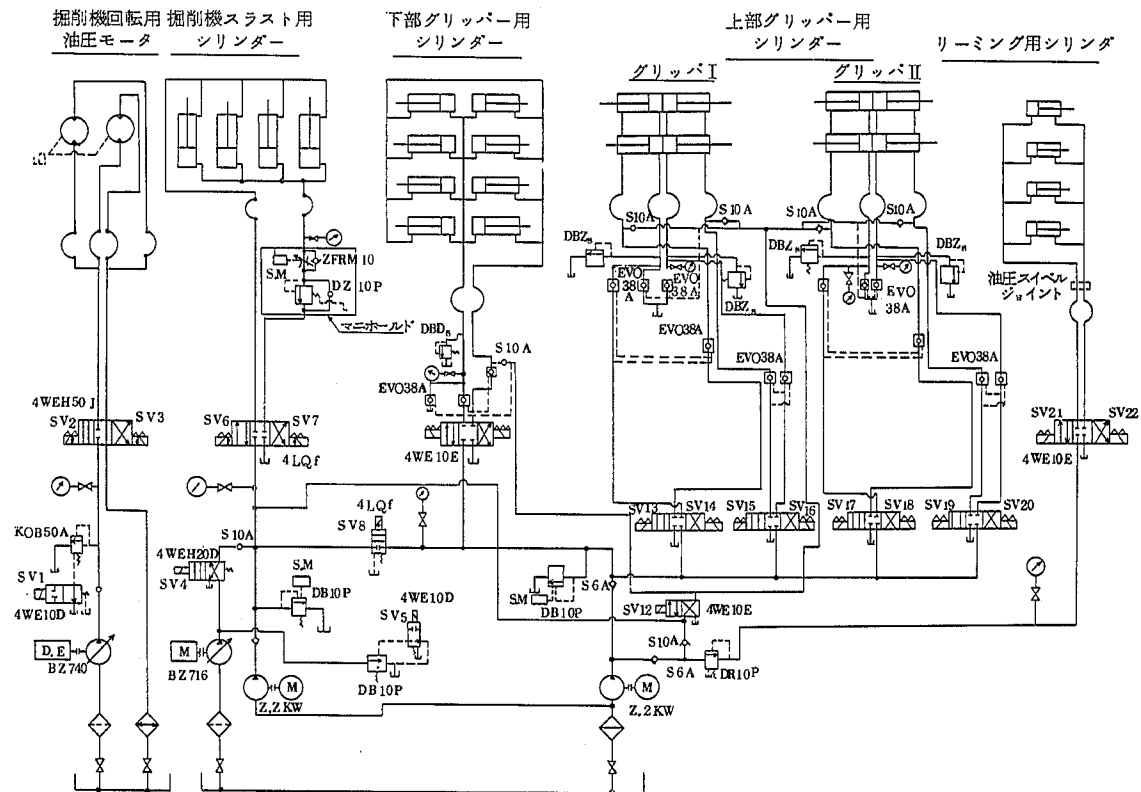
以上10m ϕ 級の削孔機械開発の1ステップとして開発試作した大口径掘削機(2.5m ϕ ～3.0m ϕ)について第2回目の試験概要を述べ、主としてモルタルを材料にしたミルドーツ形ローラビットについてはこれまで行ってきたビット試験の結果と合わせて削孔公式を導くにいった。しかし各種材料に対する削孔性については、まだ十分ではなく、更にデータを加え実際の工事設計に適用できる資料にまとめる必要がある。

本機を用いて行なう施工法や工費積算による他工法との経済性の比較などについては今年10月より行なう予定の掘削試験結果をまとめ、最終報告書として次回に報告する予定である。

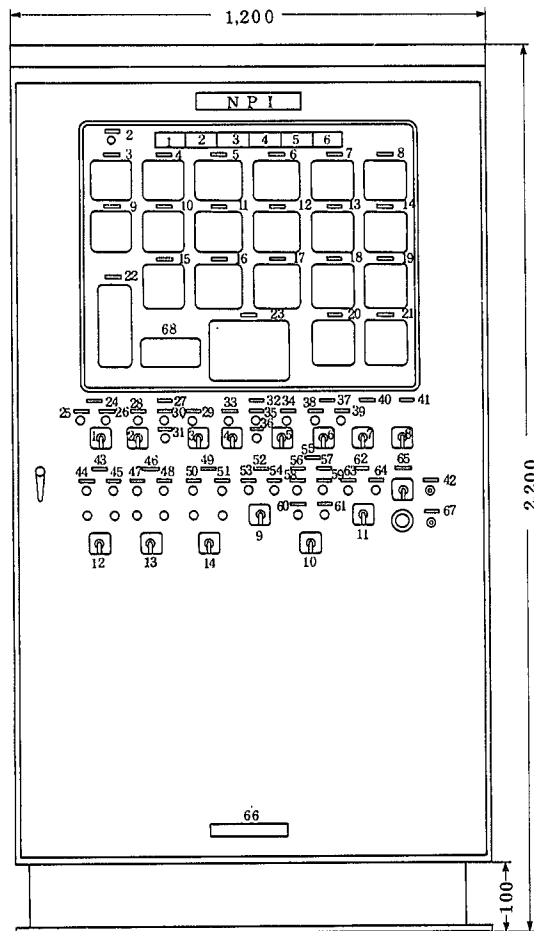
なお、本実験は本州四国連絡橋公団と共同で行なったもので、実験工事担当として土木工業協会計測担当として建設機械化研究所、本機の運転指導には川崎重工KKの関係各位、および当機械研究室、笠井哲夫、中野新市、石島威各技官の協力を得た。ここに厚く感謝の意を表します。



付図-1 水中本体部構造



付図-2 油 圧 回 路 図



ANN 銘板

- 1 水位上限
- 2 水位下限
- 3 空気圧力上限
- 4 空気圧力下限
- 5 スラストジャッキ下限
- 6 バルブ室内空気温度

NP 銘板

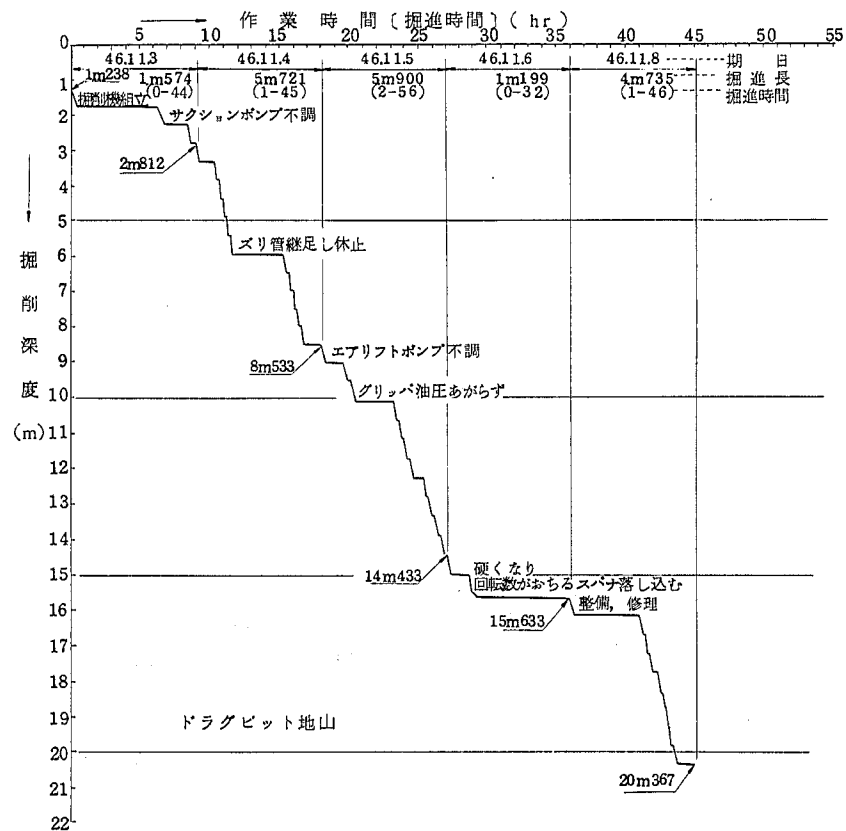
- 1 運転制御盤
- 2 制御電源
- 3 下部グリッパーストローク
- 4 上部Aグリッパーストローク
- 5 # Bグリッパーストローク
- 6 # Cグリッパーストローク
- 7 # Dグリッパーストローク
- 8 グリッパ-元圧
- 9 下部グリッパ-圧
- 10 Aグリッパ-圧
- 11 Bグリッパ-圧
- 12 Cグリッパ-圧
- 13 Dグリッパ-圧
- 14 リーミング圧
- 15 カッター回転計
- 16 姿勢制御 (AB)
- 17 姿勢制御 (CD)
- 18 掘進速度
- 19 スラスト圧
- 20 コントロールバルブ開度計
- 21 スラスト背圧
- 22 空気流量調節指示計
- 23 バルブ室内空気温度

セレクトスイッチ銘板

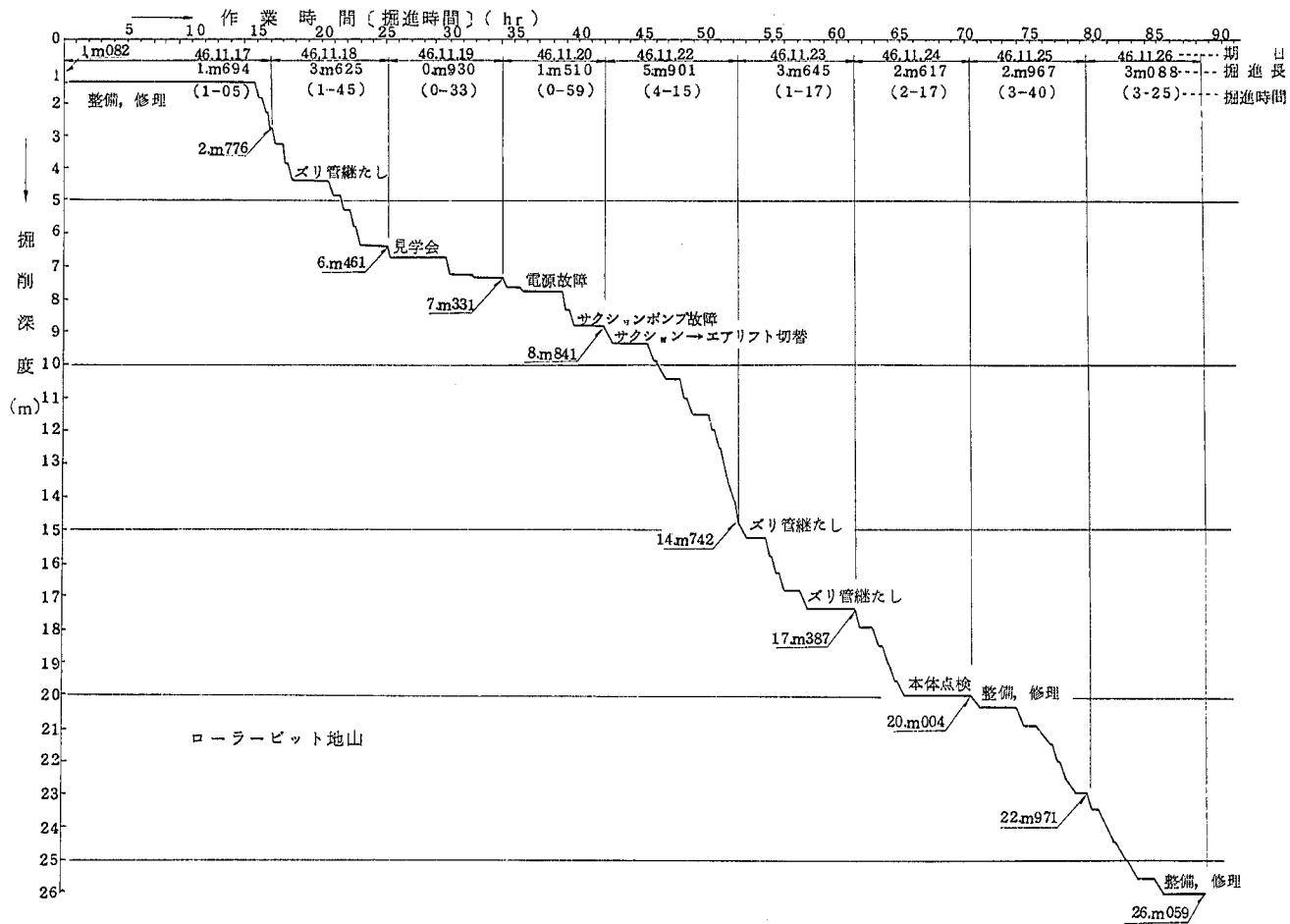
- 1 縮少, 停止, 運転, 拡張
- 2 縮少, 停止, 運転, 拡張, Aグリッパ-
- 3 縮少, 停止, 運転, 拡張, 加圧, Bグリッパ-
- 4 縮少, 停止, 運転, 拡張, Cグリッパ-
- 5 縮少, 停止, 運転, 拡張, 加圧, Dグリッパ-
- 6 上昇, 停止, 下降
- 7 縮少, 停止, 運転, 拡張
- 8 停止, 作動
- 9 正転, 停止, 逆転
- 10 停止, 運転
- 11 停止, 運転
- 12 開, 停止, 閉
- 13 開, 停止, 閉
- 14 開, 停止, 閉

- 24 下部グリッパ-
- 25 縮少完了
- 26 拡張
- 27 上部A Bグリッパ-
- 28 Aグリッパ-拡張
- 29 Bグリッパ-拡張
- 30 運転
- 31 縮少完了
- 32 上部C Dグリッパ-
- 33 Cグリッパ-拡張
- 34 Dグリッパ-拡張
- 35 運転
- 36 縮少完了
- 37 スラストジャッキ
- 38 上昇完了
- 39 下降完了
- 40 リーミング
- 41 急速作動
- 42 非常停止
- 43 グリッパ-圧制御
- 44 全開
- 45 全閉
- 46 スラスト圧制御
- 47 全開
- 48 全閉
- 49 掘進速度制御
- 50 全開
- 51 全閉
- 52 カッター回転
- 53 正転
- 54 逆転
- 55 油圧ポンプ
- 56 スラスト
- 57 グリッパ-
- 58 運転
- 59 運転
- 60 停止
- 61 停止
- 62 油圧ポンプ(急速)
- 63 運転
- 64 停止
- 65 ランプリセットブザー停止
- 66 川崎重工株式会社
- 67 ランプテスト
- 68 時計

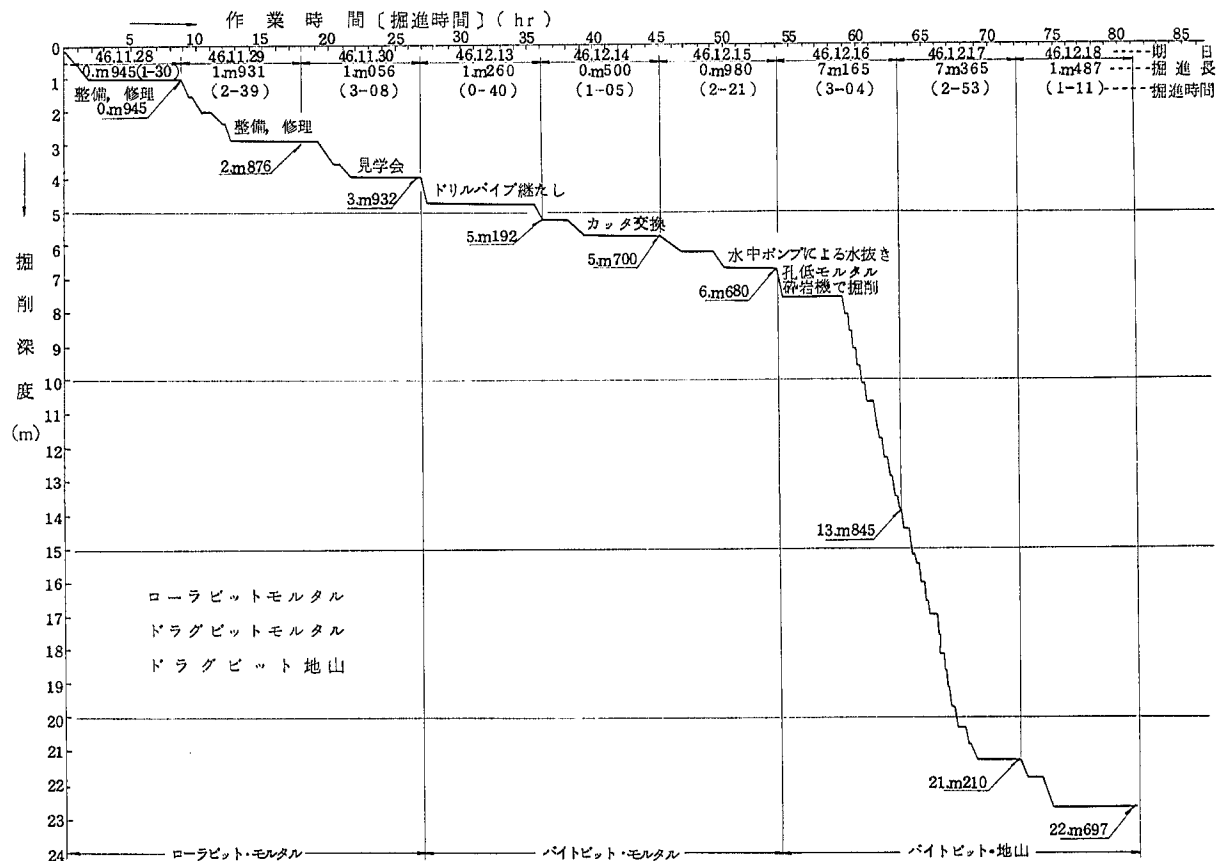
付図-3 運転操作盤



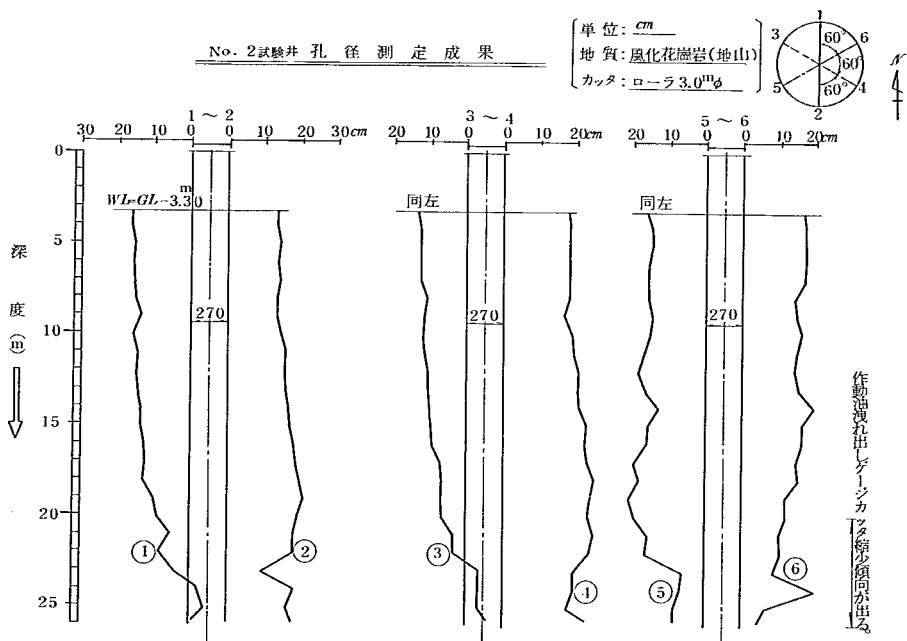
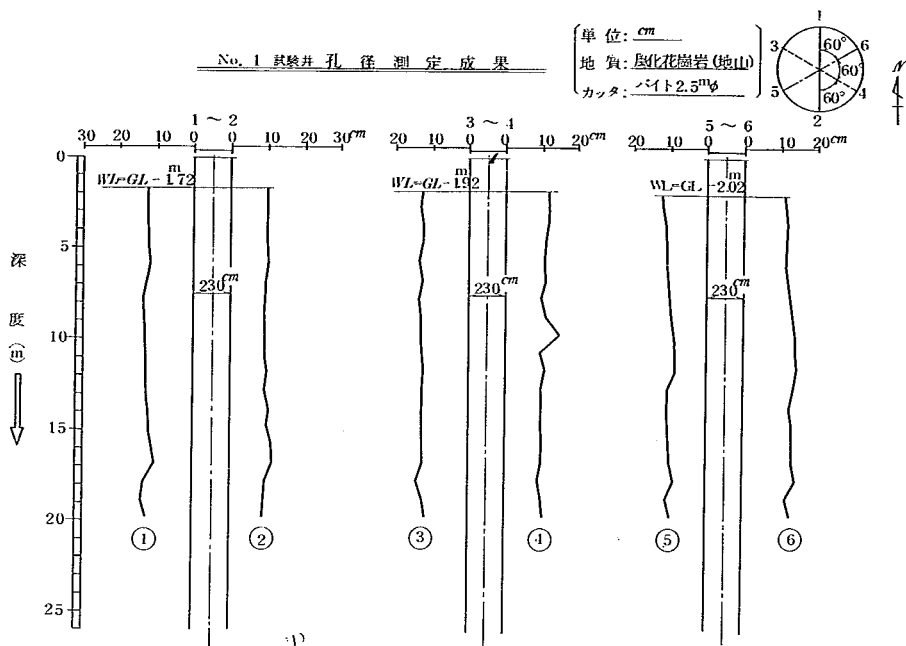
付図- 4 (1) 作業時間構成 (第 1 孔)

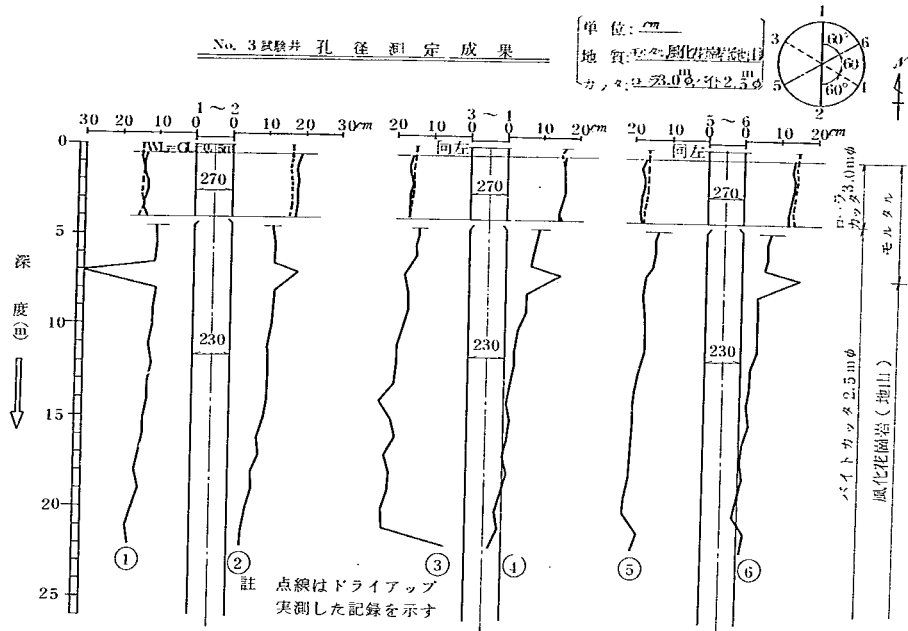


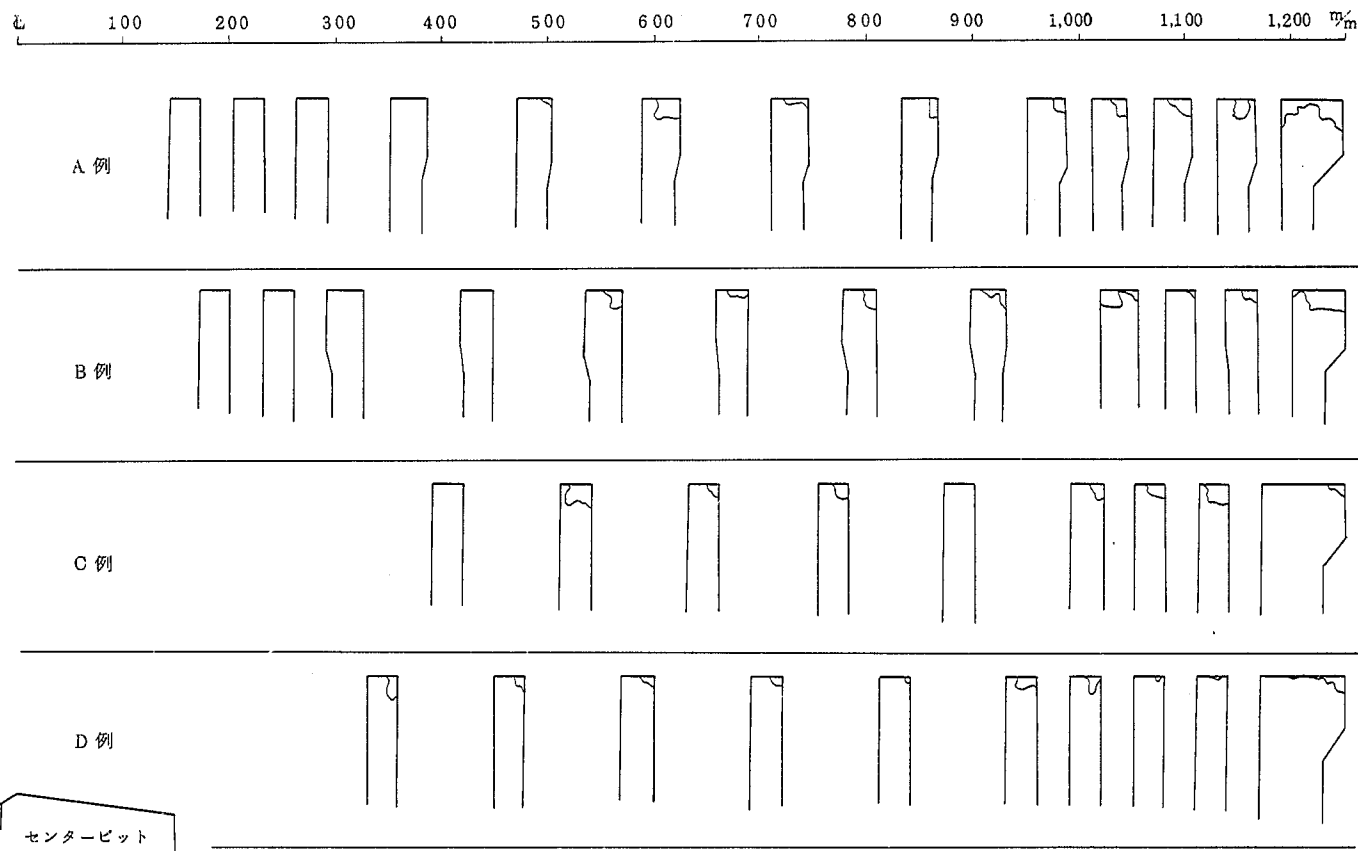
付図-4(2) 作業時間構成(第2孔)



付図- 4 (3) 作業時間構成 (第 2 孔)





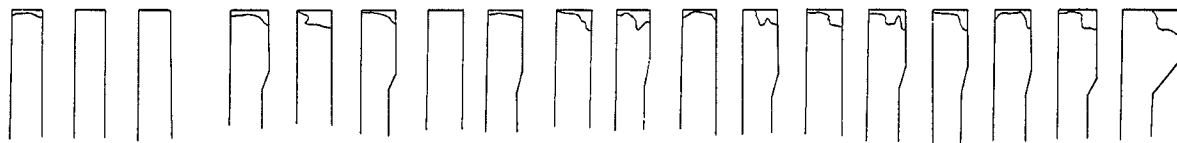


地山 20.m 367 削孔後 46.11.16 測定

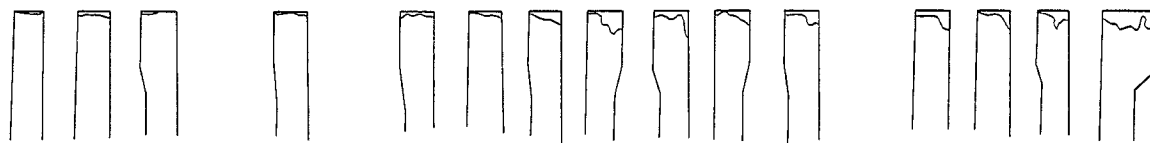
付図-6(1) バイトカッタの摩耗量

100 200 300 400 500 600 700 800 900 1,000 1,100 1,200 mm

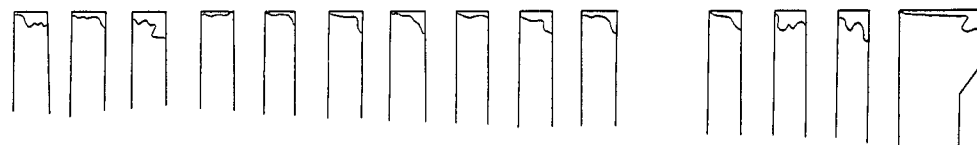
A 例



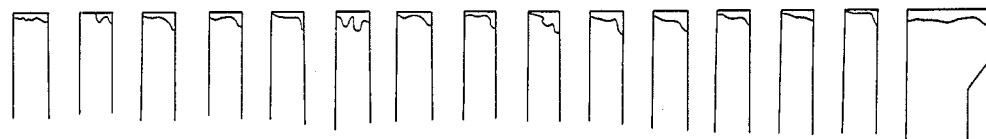
B 例



C 例



D 例



センタービット

39m 132 削孔後 47.1.8 測定

付図-6(2) バイトカッタの摩耗量

付表- 1 土研式掘削機仕様

1. 直 径	2.5 および 3.0 m
2. 深 さ	3 0 m
3. 対象地質	
種 類	各種
一軸圧縮強度	5 0 ~ 1,500 kg/cm ²
4. 掘進速度	0.5 m/h 以上 (風化花崗岩)
5. スリあげ方式	サクショ ンポンプおよびエアリフトポンプ
6. 回転 (ビット)	
トルク	9.8 t-m
回転数	0 ~ 7.3 RPM
馬 力	100 PS
7. スラストシリンダ (ビット)	
出 力	100 t
油 圧	300 kg/cm ²
本 数	4 本
有効ストローク	500 mm
8. ビット	
直 径	2.5 及び 3.0 m
形 状	バイトビット及びローラビット
ビット数量	バイトビット 45 個, ローラビット 27 個
リーミングシリンダ	
出 力	40 t
本 数	4 本
圧 力	140 kg/cm ²
9. ビット回転用油圧モータ	
型 式	川崎スタ ップアモータ減速機付き 5 × 506 B 1/4
常用圧力	213 kg/cm ²
最高圧力	250 kg/cm ²
回転数	0 ~ 153.2 RPM
台 数	2 台
駆動馬力	100 PS
10. グリップ	
シュ ー	接地圧力
	3.5 kg/cm ² (2.5 mφ 時)
	4.5 kg/cm ² (3.0 mφ 時)

接地面積	1 m ² (2.5 mφ 時)
	1.56 m ² (3.0 mφ 時)
接地押付力	3 5 t (2.5 mφ 時)
	7 0 t (3.0 mφ 時)
方向制御用数量	4 個
位置決め用数量	4 個で 1 組
グリッパジャッキ	数量 1 本 / シュー
	油圧 300 kg/cm ²
	ストローク 250 m / m
11. 減速機	
ピニオン	224 PCD × 2 個
主歯車	1.176 PCD × 1 個
減速比	1 : 5.25
12. 総重量	22,000 kg (バイドビット付)
	28,000 kg (バイドビット付)
13. 水中バルブ室	
直 径	1.8 m
長さ × 重量	3 m × 3,200 kg (乾燥重量)
急速作動用パワーユニット	
ポンプ型式	川崎ブルーニングハウス BZ716 × 1 台
電動機	5.5 kW × 4 p × 1 台
出 力	40 ℓ / min × 80 kg/cm ²
シリンダ作動用パワーユニット	
ポンプ型式	NACHI PFO- 2.5 - Y × 2 台
電動機	2.2 kW × 4 p × 2 台
出 力	3.0 ℓ / min / 1 台 × 300 kg/cm ²
最高吐出圧力	350 kg/cm ²
14. ドリルパイプ (配管用炭素鋼々管)	
内径 (外径)	200 mm (216 mm)
長さ × 本数	3 m × 9 本 1.5 m × 2 本 計 11 本
15. 供給空気圧	5 kg/cm ²
16. 回転用油圧ユニット	
ポンプ型式	川崎ブルーニングハウス BZ740
台 数	1 台
出 力	
油 圧	233 kg/cm ² (常用)

- 吐出量 248 ℓ/min (常用)
- 油圧 350 kg/cm² (最高)
- 吐出量 693 ℓ/min (最高)
17. 原動機馬力 160 P Sディーゼルエンジン
18. 油タンク容量 3,000 ℓ
19. 運転制御盤 (縦×横×高さ) 1,200 × 1,300 × 2,200 mm
20. その他附属機器
- ウエルケーシング 3,200 φ × 2,100 1 基
- 除湿機 1 台

付表-2 実験作業工程表

年月日 内 容	46. 10		46. 11			46. 12	
	20	31	10	20	30	10	20
搬 入 ・ 据 付		27 31 □					
試 運 転 調 整		1 2 □					
バイト掘削 2.5 φ		3 8 □				13 16 □	
ビット・グリップ交換			9 17 □		1 9 □		
ローラ掘削 3.0 φ				18 30 □			
そ の 他			(1) 日				
備 考	(1) 見学会						

付表-3 試験結果一覧表

番号の分類

第1項 : G …… 実用掘削試験, K …… 掘削性能試験

第2項 : A …… 2.5mφドラッグビット地山, B …… 2.5mφローラビット地山, C …… 2.5mφローラビットモルタル, D …… 3.0mφローラビット地山, E …… 3.0mφローラビットモルタル, F …… 2.5mφ～3.0mφ拡孔モルタル, H …… 2.5mφ～3.0mφ拡孔地山, M …… 2.5mφドラッグビットモルタル

試験 月 日	試験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試験 月 日	試験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 4	GA- 1						11. 4	GA-30	5.2	1.20	3.60	4.25	
	- 2							-31	5.4	"	3.94	4.316	
	- 3							-32	5.5	1.08	3.31	4.252	8.53
	- 4						11. 5	-34	4.65	5.1	5.27	2.66	
	- 5							-35	7.3	9.0	4.13	2.632	
	- 6							-36	7.05	1.09	4.48	2.64	
	- 7							-37	7.38	1.00	3.45	1.703	
	- 8							-38	7.3	"	3.58	1.843	
	- 9							-39	7.6	5.0	3.02	1.94	
	-10					3.81		-40	7.7	"	2.69	1.933	
	-11	4.3	7.4	1.45	3.65			-41	7.3	5.5	2.83	1.76	
	-12	"		1.59	3.820	3.32		-42	"	1.26	2.48	2.22	
	-13	5.8~6.1	6.9	0.57~ 0.47	3.71			-43	"	5.2	3.11	2.28	
	-14	6.0	"	0.88	3.665	3.83		-44	7.35	5.7	2.46	2.92	
	-15	5.8~6.0	5.5	1.27~ 1.20	4.63			-45				2.83	
	-16	5.7	"	1.70	4.42	4.40		-46	7.4	4.1	1.70	2.94	
	-17	5.6	7.9	1.73	3.97			-47	7.57	1.9	1.48	2.97	
	-18	5.55	"	2.15	4.266			-48	7.55	5.7	1.41	2.995	
	-19	5.5	1.6	2.28	4.16			-49	7.5	6.3	2.11	2.97	
	-20	"	"	"	4.219			-50	"	5.7	2.34	2.99	
	-21	5.3	6.9	2.33	4.14			-51	7.1	7.4	3.81	3.535	
	-22	"	"	2.73	4.12			-52	7.2	8.8	3.37	2.32	
	-23	5.1	9.4	2.69	4.104			-53	7.1	7.9	3.36	1.84	
	-24	5.4	6.0	1.49	1.256	6.50		-54	7.15	"	3.39	1.87	
	-24	5.5	1.75	2.65	3.06			-55	7.0	8.8	4.00	1.86	
	-25	4.95	9.5	2.87	3.085			-56	7.85	1.13	3.58	1.84	
	-26	5.5	1.75	2.65	3.15			-57	6.9			1.85	
	-33	5.4	7.3	6.34	4.3			-58	6.6			1.68	
	-28	5.6	8.1	2.98	4.25			-59	7.15	1.13	3.99	1.71	
	-29	5.3	1.04	3.93	5.342			-60	7.2	7.9	4.02	1.98	

試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, H (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, H (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 5	GA-61	7.05	10.00	4.83	2.66	14.43	11. 8	GA-96	10.5	5.66	4.51	4.24	
11. 6	-62	5.7	11.2	5.45	2.04			-97	10.3	4.47	4.16	#	
	-63	5.6	8.8	5.83	#			-98	#	5.92	5.10	#	
	-64	7.4	6.3	4.40	2.14			-99	#	5.77	5.55	4.29	
	-65	7.45	7.8	3.77	2.11			-100	10.2	5.21	4.91	3.43	
	-66	#	9.2	3.82	2.27			-101					
	-67	#	#	3.84	2.79			-102	9.8	5.41	5.33	3.50	20.37
	(67) 1	7.4	#	4.00	3.30		11. 23	D-1	4.82	13.64	2.34	0.645	15.23
	-2	7.46	#	4.17	3.77			-2	4.67	28.58	4.01	0.912	
	-3	7.37	10.7	4.71	4.27	15.63		-3	4.78	35.54	5.22	1.15	
	-68							-4	5.10	41.84	5.68	1.10	
								-5	1.78	38.25	5.48	1.23	
11. 8	-69	7.5	8.2	3.66	1.72			-6	スト - ル				
	-70	7.2	11.6	6.83	3.13			-7	4.76	22.50	3.45	0.853	
	-72	9.7	4.28	1.63	1.56			-8	4.81	31.95	4.71	1.11	
	-71	7.5	4.72		3.0			-9	8.08	31.81	4.64	1.82	
	-73	9.6	4.82	3.07	2.48			-10	8.06	22.87	3.39	1.35	
	-74	9.5	4.90	3.57	3.14			-11	7.95	46.75	6.20	2.08	
	-75	10.0	5.68	2.43	2.4			-12	8.00	42.00	4.77	1.74	
	-76	#	4.72	2.89	3.14			-13	7.91	43.24	4.89	1.72	
	-77	#	4.96		3.37			-14	7.82	37.81	4.25	1.57	
	-78	9.7	4.94	3.48	3.8			-15	7.70	29.68	3.26	1.30	
	-79	9.8	5.04	2.98	4.09			-16	7.82	16.80	2.03	0.909	
	-80	9.75	4.91	3.00	3.83			-17	12.00	15.84	2.32	1.78	
	-81	9.7	4.58	2.11	2.57			-18	11.82	23.46	3.01	2.10	
	-82	10.7	4.80	2.10	3.18			-19	5.95	24.34	2.82	0.936	
	-83	10.5	4.89	2.90	3.60			-20	9.68	25.88	2.90	1.66	
	-84	10.6	5.86	3.08	4.19			-21	4.03	24.34	2.77	0.672	
	-85	10.4	5.2	3.40	4.5			-22	3.92	29.68	3.91	0.808	
	-86	10.2	4.53	0.48	1.65			-23	10.08	30.48	3.56	1.73	
	-87	10.0	4.70	1.02	2.24			-24	6.00	32.76	3.65	1.05	
	-88	9.7	4.90	2.10	2.81			-25	11.92	32.03	3.54	1.78	
	-89	9.7	4.79	3.03	3.27			-26	12.04	28.73	3.08	1.62	
	-90	9.5	4.84	4.05	3.80			-27	11.80	37.96	3.58	1.87	
	-91	9.3	5.41	4.6	#			-28	11.72	39.86	3.98	1.82	
	-92	10.2	4.34	5.5	1.0			-29	5.81	40.08	#	0.829	
	-93	11.2	4.68	0.91	1.56			-30	4.03	40.38	4.24	0.742	
	-94	11.0	4.63	1.94	2.57			-31	10.13	39.57	4.07	1.69	
	-95	10.8	5.16	2.52	3.13			-32	10.29	34.51	3.35	1.48	

試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, W (ton)	掘削トルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, W (ton)	掘削トルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 23	D-33	9.95	41.76	4.74	1.78		11. 24	D-54	10.08	49.24	3.84	1.30	
	-34	9.84	44.99	4.87	1.82			-55	7.95	49.97	3.98	1.04	
	-35	10.42	29.24	2.78	1.33			-56	6.00	49.97	4.42	0.857	
	-36	10.60	15.40	1.56	1.015			-57	3.98	50.34	4.92	0.649	
	-37	5.98	15.69	1.57	0.622			-58	4.86	49.31	4.98	0.818	
	-38	5.97	28.73	2.86	0.866			-59	7.01	49.24	4.42	0.966	
	-39	5.70	35.32	3.41	1.03			-60	8.90	48.94	4.19	1.23	
	-40	5.59	41.74	4.37	1.17			-61	10.62	48.28	4.24	1.35	
	-41	5.56	46.16	4.96	1.35			-62	7.95	(53.51-60.83)	4.91	1.04	
	B- 1	5.81	11.87	1.43	1.04			-63	7.90	64.49	5.56	0.992	
	- 2	5.59	28.28	2.96	1.43			-64	7.62	75.48	6.58	1.07	20.00
	- 3	5.78	36.70	4.26	1.775		11. 25	B-18	3.84	15.69	1.52	0.277	
	- 4	"	42.34	4.86	1.68			-19	3.80	20.75	2.02	0.311	
	- 5	"	39.71	4.60	1.59			-20	3.73	27.48	2.52	0.441	
	- 6	5.93	31.79	3.62	1.75			-21	3.61	34.07	3.18	0.415	
	- 7	6.17	19.34	2.14	1.155			-22	3.62	41.04	3.91	(0.48)	
11. 24	- 8	9.87	18.83	2.27	1.91	17.39		-23	3.70	49.31	4.72	0.608	
	- 9	9.65	(35.20)	4.40	2.42			-24	3.71	56.07	5.57	0.638	
	-10	10.25	(42.52-43.99)	5.14	2.78			-25	3.70	64.49	6.65	0.727	
	-11	10.08	(46.18)	5.65	2.73			-26	5.82	64.27	6.17	1.00	
	-12	10.26	(38.86)	4.23	2.18			-27	5.98	55.68	5.20	0.861	
	-13	10.07	(29.70)	3.12	1.90			-28	5.80	68.42	6.47	0.917	
	-14	10.27	(13.23)	1.77	1.42			-29	6.03	48.65	4.45	0.769	
	-15	10.48	(2.92)	0.51	(0.112)			-30	5.87	42.28	3.78	0.658	
	-16	10.28	(12.85-13.58)	1.72	1.52			-31	5.12	75.46	6.83	0.935	
	-17	10.39	(8.68-7.69)	1.07	0.857			-32	5.60	35.25	3.14	0.537	
	-42	12.18	(15.20)	1.39	1.01			-33	5.72	28.22	2.63	0.571	
	-43	12.15	(13.72)	1.42	"			-34	5.82	21.62	2.09	0.395	
	-44	12.14	(16.89-18.72)	1.55	1.02			-35	5.88	14.81	1.46	0.363	
	-45	12.09	(20.55)	1.70	1.05			-36	8.03	"	1.48	0.485	
	-46	12.03	(23.48-24.94)	1.95	(1.14)			-37	7.90	28.36	2.59	0.814	
	-47	11.98	(27.87)	2.15	1.19			-38	7.96	21.99	2.08	0.675	
	-48	11.88	(30.80-32.27)	2.44	1.20			-39	7.73	41.33	3.54	0.865	
	-49	11.82	(35.20)	2.64	1.25			-40	7.84	34.07	3.05	(0.783)	
	-50	11.78	(37.03-40.69)	2.86	1.31			-41	8.02	49.23	4.37	(1.03)	
	-51	11.07	(42.15)	3.07	1.42			-42	8.42	50.55	4.01	1.66	
	-52	12.12	(46.18)	3.48	1.56			-43	8.21	66.54	5.25	1.62	
	-53	12.00	(49.85)	3.76	(54)			-44	8.28	58.11	4.50	1.48	
	-53	11.96	49.90	3.75	1.58			-45	6.24	77.07	スト - ル		

試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 25	B-46	8.92	69.82	5.79	1.74		11. 26	D-84	5.35	20.06	2.63	0.685	
	-47	8.59	(71.82)	6.20	1.47			-85	5.82	13.72	1.75	0.530	
	-48	10.24	(71.82)	5.88	1.77			-86	4.44	21.41	2.64	0.534	
	-49	9.97	55.23	4.71	1.45			-87	5.98	20.97	2.54	0.692	
	-50	10.62	28.65	2.48	1.26			-88	7.93	20.75	2.62	0.911	
	-51	10.77	15.76	1.35	0.68			-89	10.12	20.97	2.70	1.10	
	-52	9.88	34.43	2.62	1.09			-90	12.11	21.19	2.73	1.29	
	-53	10.07	21.47	1.69	0.74			-91	8.04	15.19	1.77	0.540	
	-54	10.14	47.47	3.95	1.38			-92	7.88	27.27	2.84	0.949	
	-55	10.38	41.32	3.25	1.25			-93	7.90	35.40	3.37	1.04	
	-56	9.87	61.31	4.99	1.49			-94	7.68	43.02	4.10	1.12	
	-57	10.22	62.05	4.29	(1.64)			-95	7.97	42.51	4.88	1.24	
	-58	12.23	61.83	4.26	1.90			-96	7.88	50.93	4.98	1.02	
	-59	12.33	48.87	3.25	1.52			-97	10.90	42.80	4.25	1.54	
	-60	11.54	67.99	4.65	1.90			-98	9.18	#	4.90	1.04	
	-61	11.88	55.90	3.83	1.68			-99	6.88	43.10	4.27	0.760	
	-62	12.35	42.06	2.78	1.49			-100	4.10	43.54	4.69	0.689	
	-63	12.02	29.32	1.85	(1.31)			-101	5.82	43.54	4.90	0.784	
	-64	11.98	35.47	2.27	(1.47)			-102	6.06	14.53	1.83	0.252	
	-65	12.17	22.50	1.34	(1.06)	2.297		-103	5.81	28.08	3.35	0.604	
11. 26	D-65							-104	5.73	35.41	4.23	0.709	
	-66	10.13	(27.38)	3.60	1.35			-105	5.68	51.01	5.74	0.868	
	-67	9.94	(34.71)	4.35	1.63			-106	5.92	56.72	6.32	0.884	
	-68	10.22	(20.06)	3.13	1.29			-107	5.90	51.44	5.89	0.911	
	-69	9.76	(42.03)	4.84	1.75			-108	6.01	43.59	5.12	0.734	
	-70	10.32	(49.35)	5.77	1.80			-109	4.03	12.47	2.20	0.286	
	-71	10.06	(#)	5.43	1.59			-110	3.92	18.91	2.94	0.361	
	-72	6.01	(#)	5.07	0.978			-111	3.84	26.89	3.48	0.395	
	-73	4.11	(#)	5.52	0.771			-112	3.76	32.90	4.11	0.470	
	-74	8.13	(#)	5.16	1.30			-113	スト-ル				
	-75	11.29	(#)	5.20	1.82			-114	4.70	33.27	4.00	0.565	
	-76	9.09	(#)	4.73	1.46			-115	7.00	32.61	3.75	0.775	
	-77	7.16	(#)	4.67	1.13			-116	9.12	32.75	3.67	0.982	2.606
	-78	4.95	(#)	5.01	(0.857)			-117					
	-79	4.93	(56.68)	6.47	1.06		11. 28	KE-1	8.06	(47.17)	4.49	0.670	
	-80	4.87	(#)	6.63	1.19			-2	7.88	(39.84)	3.65	0.459	
	-81	5.10	(42.03)	5.14	1.02			-3	7.89	(54.49)	5.12	0.739	
	-82	5.17	(36.54)	4.39	0.947			-4	8.04	(32.52)	3.01	0.318	
	-83	5.18	(27.38)	3.47	0.807			-5	8.03	(36.18)	3.36	0.357	

試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削 トルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削 トルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 28	KE- 6	7.92	(4.350)	3.91	0.459		11. 29	KE-45	9.94	3.607	3.93	0.447	
	- 7	7.89	(4.717)	4.22	(0.530)			-46	9.98	5.123	5.43	0.760	
	- 8	8.26	(2.519)	2.32	(0.138)			-47	10.13	4.310	4.48	0.590	
	- 9	8.35	(1.787)	1.79	(0.104)			-48	12.06	4.310	4.62	0.691	
	-10	7.98	(5.083)	4.48	0.698	0.43		-49	10.93	4.398	4.52	0.627	
	-11	7.93	(")	4.49	0.621			-50	9.18	4.507	4.45	(0.521)	
	-12	7.93	(4.717)	4.23	0.582			-51	8.10	4.485	4.35	0.496	
	-13	7.93	(5.815)	5.29	0.816			-52	7.01	4.463	4.24	0.443	13.93
	-14	7.76	(6.548)	6.03	0.878			-53	7.00	4.324	4.06	0.409	
	-15	7.88	(7.280- 14.63)	6.27	0.888			-54	5.15	4.346	3.97	0.283	
	-16	7.99	(8.012)	6.73	0.947			-55	5.92	4.375	3.95	0.343	
	-17	7.95	(4.717)	4.03	0.604			-56	6.12	2.903	2.73	0.184	
	-18	5.92	(")	4.03	0.411			-57	4.98	2.852	2.63	(0.150)	
	-19	6.02	(3.984)	3.26	0.308			-58	6.85	2.881	2.70	0.220	
	-20	5.98	(3.252)	2.63	(0.232)			-59	9.09	"	2.79	(0.247)	
	-21	5.85	(2.519)	2.13	(0.160)			-60	11.00	"	2.86	0.353	
	-22	5.90	(1.787)	1.55	(0.090)			-61	12.26	2.859	2.87	0.357	
	-23	"	(5.449)	4.70	0.559			-62	12.10	3.562	3.43	0.511	
	-24	6.60	(6.181)	5.42	0.626			-63	"	2.266	2.21	0.254	
	-25	5.91	(6.914)	6.30	0.707			-64	7.89	4.375	4.00	0.488	
11. 29	-26	5.93	(7.646)	6.99	(0.751)	0.95		-65	4.83	3.650	3.30	0.220	
	-27	7.97	(4.717)	4.16	(0.572)			-66	6.94	"	3.35	0.306	
	-28	7.98	4.569	5.33	0.516			-67	8.93	"	3.41	0.411	
	-29	3.86	1.834	1.96	(0.045)			-68	11.01	3.650	3.51	0.517	
	-30	4.01	3.182	3.04	(0.124)			-69	7.78	3.716	3.37	0.359	
	-31	4.04	2.479	2.43	(0.078)			-70	7.92	2.998	2.71	(0.247)	
	-32	3.90	(4.569)	4.32	0.235			-71	8.03	2.281	2.07	0.157	
	-33	3.95	3.730	3.61	(0.159)			-72	7.76	5.064	4.74	0.554	
	-34	3.92	5.752	5.71	0.327			-73	8.02	(6.914)	6.17	0.953	
	-35	3.94	(5.302)	5.01	0.278			-74	7.88	(5.862)	5.36	(0.692)	
	-36	3.75	7.499	7.46	0.410			-75	5.94	6.470	6.06	0.617	
	-37	3.82	(6.766)	6.47	0.371			-76	5.83	5.034	4.49	0.425	20.07
	-38	4.94	(")	6.66	0.507			-77	6.23	5.115	4.86	0.462	
	-39	6.92	(")	6.97	0.780			-78	6.02	(6.181)	5.76	0.552	
	-40	8.91	(")	7.26	0.973			-79	7.94	(4.717)	4.41	0.493	
	-41	7.95	(4.569)	4.80	0.505			-80	5.91	(7.646)	7.46	0.785	
	-42	0.01	1.614	2.47	(0.141)			-81	5.90	2.332	2.35	(0.137)	
	-43	0.05	2.872	3.44	0.314			-82	5.97	1.592	1.85	(0.083)	
	-44	0.12	2.215	2.80	0.199			-83	5.82	3.701	3.66	0.285	

試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試 験 月 日	試 験 番 号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 29	KE-84	4.05	23.03	2.28	(0.085)		11. 30	KC-24	7.97	17.76	1.7	(0.144)	
	-85	7.88	16.00	1.98	(0.103)			-25	10.09	17.83	2.0	(0.200)	
	-86	6.74	(6.181)	5.90	0.768			-26	12.19	17.39	2.2	0.208	
	-87	8.88	(")	5.97	0.935			-27	12.19	23.33	3.24	0.355	
	-88	9.01	(5.449)	5.22	0.782			-28	12.04	30.53	3.59	(0.514)	
	-89	4.97	(")	5.09	0.428			-29	12.11	37.68	4.04	(0.750)	
	-90	7.90	(47.17)	4.45	0.559			-30	12.12	44.79	4.51	0.968	2.89
	KF- 1	5.71	(14.21)	2.15	0.620			-31	7.89	44.63	4.32	0.649	
	- 2	5.76	(17.87)	2.73	1.04			-32	8.02	30.57	3.00	(0.346)	
	- 3	5.64	(25.19)	4.04	1.55			-33	8.08	24.79	2.48	0.260	
	- 4	5.63	(32.52)	5.10	1.60			-34	7.95	37.53	3.56	0.501	
	- 5	5.96	(21.53)	3.23	1.38			-35	8.00	51.39	4.87	0.903	
	- 6	5.94	(28.86)	4.42	1.71			-36	7.97	59.80	5.62	1.06	
	- 7	5.79	(36.18)	5.91	2.29			-37	7.89	65.51	6.23	1.17	
	- 8	5.85	(39.84)	6.32	(2.48)			-38	5.93	66.39	6.12	0.912	
	- 9	5.96	(32.52)	5.03	1.99			-39	5.98	53.06	4.55	0.649	
	KC- 1	8.12	46.03	3.93	0.859			-40	5.97	45.73	4.02	0.606	
	- 2	7.92	38.78	3.19	0.571			-41	5.85	59.14	5.43	0.785	
	- 3	7.70	18.12	1.54	(0.133)			-42	5.98	37.82	3.35	0.420	
	- 4	7.88	24.28	1.91	0.270			-43	5.87	24.20	2.21	0.188	
	- 5	7.86	30.34	2.46	0.365			-44	5.82	31.67	2.81	0.301	
	- 6	7.82	52.40	4.40	0.996			-45	3.94	"	2.69	0.199	
	- 7	7.92	(61.81)	5.12	1.19			-46	10.04	"	3.26	0.493	
	- 8	7.83	(69.14)	5.53	1.18			-47	10.14	22.95	2.54	0.318	
	- 9	3.89	(69.14)	5.35	0.588			-48	9.97	38.34	3.69	0.665	
	-10	5.96	(69.14)	5.13	0.859			-49	4.07	14.52	1.24	(0.038)	
	-11	9.93	(69.14)	5.54	1.61	2.36		-50	3.88	45.74	3.86	(0.346)	
	-12	7.95	(47.17)	3.98	0.943			-51	3.92	37.82	3.21	0.302	
	-13	8.91	(69.14)	5.97	1.72			-52	4.00	24.42	2.08	(0.124)	
	-14	6.86	(69.14)	5.77	1.32			-53	3.83	51.01	4.51	0.481	3.53
	-15	6.16	(61.81)	5.04	0.972			-54	8.01	47.19	4.28	0.725	
	-16	5.66	(47.17)	3.83	0.655			-55	10.24	45.07	4.36	0.955	
	-17	5.83	(39.84)	3.15	0.521			-56	10.11	51.52	4.97	1.23	
	-18	5.96	(25.19)	1.90	0.240			-57	10.02	58.55	5.59	1.37	
	-19	6.04	(17.87)	1.37	(0.118)			-58	"	31.45	2.83	0.567	
	-20	5.91	(32.52)	2.38	0.333	2.88		-59	12.32	51.23	4.72	1.40	
11. 30	-21	7.89	45.88	4.4	0.762			-60	4.02	57.60	5.19	0.659	
	-22	3.96	18.34	1.5	(0.074)			-61	12.00	45.29	4.05	1.21	
	-23	5.92	18.20	1.6	(0.106)			-62	12.13	38.48	3.39	0.943	

試験 月 日	試験 番号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, P (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試験 月 日	試験 番号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, P (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
11. 30	KC-63	1 221	3 035	2.60	(0.595)		12. 13	KM- 9	6.00	(1 620)	6.91	0.873	
	-64	1 203	2 376	2.08	(0.391)			-10	5.89	(1 254)	4.95	0.500	
	-65	1 215	1 666	1.45	(0.211)			-11	5.99	(1 620)	6.53	0.811	
	-66	3.89	57.82	5.07	0.616	3.93		-12	5.91	(8.88)	3.53	(0.243)	
	-10	7.84	15.85	2.74	1.11			-13	5.50	(5.22)	1.99	(0.040)	
	-11	7.73	21.56	3.82	1.91			-14	6.02	(7.05)	2.72	(0.139)	
	-12	8.00	29.03	5.26	2.84			-15	8.24	(14.37)	6.13	1.03	
	-13	7.88	35.19	6.29	3.33			-16	8.02	(12.54)	4.85	0.657	
	-14	4.08	32.34	5.39	1.06			-17	8.07	(10.71)	3.96	0.347	5.19
	-15	4.24	28.34	4.64	1.04		12. 14	-18	5.90	(12.54)	4.80	0.341	
	-16	4.72	28.16	4.68	1.19			-19	5.14	(1 620)	7.02	0.585	
	-17	4.81	22.30	3.60	1.01			-20	5.98	(8.88)	3.49	(0.180)	
	-18	5.04	14.61	2.21	(0.581)			-21	6.12	(5.22)	1.94	(0.049)	
	-19	4.78	35.27	6.02	1.49	2.89		-22	6.00	(14.37)	6.07	0.570	
	-20	4.67	(43.50)	7.65	トルクスト-ル			-23	スト-ル	(18.03)			
	-21	1 001	12.78	2.55	0.906			-24	5.86	(16.20)	6.46	0.583	
	-22	1 014	21.12	3.82	2.02			-25	5.88	(12.54)	5.44	0.423	
	-23	1 032	16.73	3.08	1.37			-26	7.96	(12.54)	4.70	0.428	
	-24	9.84	24.68	4.48	2.49			-27	7.92	(14.37)	5.46	0.567	
	-25	1 081	27.27		(2.67)			-28	(8)	(1 620)			
	-26	7.85	16.73	2.87	1.11			-29	7.93	(8.88)	3.24	(0.225)	
	-27	7.95	13.21	2.22	0.736			-30	7.92	(5.22)	1.72	(0.049)	
	-28	7.95	20.47	3.46	1.52			-31	8.00	(10.71)	3.99	0.391	
	-29	7.94	23.76	4.11	1.70			-32	5.90	(12.54)	4.75	0.327	
	-30	7.83	27.28	4.73	2.47			-33	7.94	(12.54)	4.70	0.445	
	-31	8.33	29.03	5.19	(2.57)	3.53		-34	7.84	(14.37)	5.39	0.589	
	-32	5.89	14.17	2.08	0.624		12. 15	-35	10.15	(14.37)	4.62	0.554	5.70
	-33	5.80	21.57	3.29	1.10			-36	6.03	(12.05)	6.01	0.607	
	-34	5.71	26.54	4.47	(1.43)			-37	4.04	(12.05)	5.72	0.430	
	-35	5.67	33.35	5.76	1.85			-38	8.01	(12.05)	5.92	0.685	
	-36	5.63	40.17	6.86	2.15	3.93		-39	2.92	(12.05)	5.42	0.283	
12. 13	KM- 1	6.07	(12.54)	5.21	0.594			-40	4.99	(12.05)	5.68	0.479	
	- 2	5.94	(16.20)	6.46	0.656			-41	4.97	(8.39)	4.35	(0.263)	
	- 3	5.98	(8.88)	3.80	0.327			-42	2.96	(8.39)	4.09	(0.156)	
	- 4	5.92	(5.22)	1.94	(0.040)			-43	3.96	(8.39)	4.19	0.221	
	- 5	5.87	(7.05)	2.87	(0.167)			-44	8.09	(")	4.33	0.337	
	- 6	8.03	(7.05)	2.63	(0.144)			-45	5.98	(")	4.35	0.318	
	- 7	7.98	(8.88)	3.45	0.300			-46	2.73	(15.71)	6.74	0.405	
	- 8	7.82	(12.54)	4.39	0.561			-47	3.98	(")	"	0.643	

試験 月 日	試験 番号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)	試験 月 日	試験 番号	ビット 回転速 度, N (rpm)	ビット 推力, T (ton)	掘削ト ルク, T (ton-m)	掘進速 度, R (m/h)	掘削深 度 (m)
12. 15	KM- 48	4.92	(15.71)	7.01	0.712		12. 18	KA- 4	5.89	6.44	2.48	(0.100)	
	- 49	5.97	(#)	6.81	0.850			- 5	0.19	16.66	6.84	0.555	
	- 50	6.67	(#)	6.63	0.953			- 6	7.96	12.78	4.73	0.445	
	- 51	4.03	47.31	2.11	(0.058)			- 7	7.91	6.61	2.09	(0.126)	
	- 52	3.87	(10.22)	4.31	(0.277)			- 8	7.93	15.25	5.74	0.611	
	- 53	5.75	(#)	4.22	(0.372)			- 9	8.28	9.93	3.21	0.263	
	- 54	6.01	(4.73)	2.09	(0.092)			-10	7.89	6.86	5.68	0.616	
	- 55	5.11	(#)	2.02	(0.063)			-11	6.23	13.10	4.48	0.306	
	- 56	2.68	(4.73)	1.99	(0.023)			-12	9.94	6.56	1.52	(0.104)	
	- 57	6.02	(12.05)	4.35	(0.381)	6.19		-13	10.22	10.03	2.68	0.233	
	GM- 1	6.94	(15.71)	4.77	0.333			-14	9.90	13.10	3.82	0.594	
	- 2	6.41	(17.54)	6.84	0.693			-15	9.76	15.13	4.69	0.581	
	- 3	7.00	(10.22)	3.77	0.353	6.68		-16	10.00	16.59	5.32	0.718	
12. 17	GA-116	7.27	13.55	7.28	3.04	14.42		-17	6.03	13.54	5.35	(0.360)	
	-117	7.30	13.65	7.25	3.69	15.19		-18	4.01	(4.73)	2.35	(0.060)	
	-118	7.43	13.73	6.04	4.52	15.45		-19	3.90	(8.39)	4.06	(0.122)	
	-119	7.41	14.25	6.25	4.58	15.99		-20	3.88	(12.05)	5.76	(0.216)	
	-120	7.36	15.18	6.60	3.79	16.56		-21	3.66	(13.88)	7.00	(0.300)	
	-121	7.38	15.45	6.44	3.73	16.97		-22	8.30	(4.73)	1.75	(0.090)	
	-122	7.29	15.04	5.69	4.00	17.56		-23	7.91	(8.39)	3.65	0.329	
	-123	7.23		5.98	3.89	18.10		-24	8.20	(12.05)	4.94	0.439	
	-124	7.23	12.49	5.93	4.71	18.58		-25	8.06	(13.88)	5.68	0.577	
	-125	(7)	14.44	5.9		19.10		-26	7.92	16.94	6.54	0.643	
	-126	(#)	12.41	6.6	(4.00)	19.65		-27	7.93	18.91	7.55	0.814	22.48
	-127	6.78	14.98	6.25	3.56	20.28		-28	5.96	13.03	5.37	0.350	
	-128	7.99	15.89	5.03	2.33			-29	6.05	6.68	2.40	(0.087)	
	-129	7.60	17.99	7.28	1.56	20.79		-30	5.73	10.42	4.29	0.210	
	-130	7.42	18.40	7.69	1.36	21.21		-31	5.71	14.03	5.98	0.421	
12. 16	GA-103							-32	5.67	15.64	6.66	0.442	
	-104	8.00	6.45	3.51	1.36	8.02		-33	5.64	17.84	7.79	0.631	
	-104 ~1	7.60	10.59	5.63	2.59			-34	3.06	12.78	6.25	(0.183)	
	-105	6.93	10.65	4.02	2.68	8.54		-35	3.76	#	5.95	(0.198)	
	-106	7.10	14.72	5.90	2.60	9.05		-36	4.71	12.74	5.73	(0.349)	
	-107	7.92	14.80	5.69	2.19			-37	10.08	12.96	4.13	0.404	
	-108	7.16	17.16	6.50		9.55		-38	6.02	12.88	5.69	0.364	
	-108 ~A	7.27	14.65	6.38	3.25	10.08		-39	8.55	#	4.69	0.461	
12. 18	KA- 1	5.88	12.81	6.15	(0.546)			-40	8.02	9.73	3.25	0.196	
	- 2	6.05	9.93	4.15	(0.320)			-41	7.67	15.35	5.65	0.471	22.70
	- 3	5.47	5.52	6.61	0.584								

付表-4(1) No. 1 試験井孔径測定成果 (バイトカッタ: 地山)

(注) 1-2, 3-4, 5-6 は穴の直径を示す。

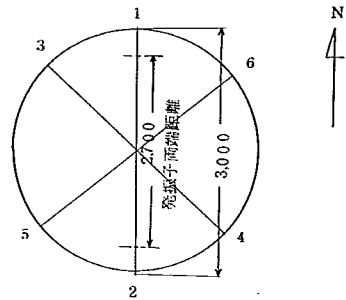
水面位置 $\left\{ \begin{array}{ll} 1-2 \text{ の時 } GL \text{ から下 } 172 \text{ cm} \\ 3-4 \quad \quad \quad " \quad 192 \text{ cm} \\ 5-6 \quad \quad \quad " \quad 202 \text{ cm} \end{array} \right.$

(単位: cm)

深 度	1	2	1-2	3	4	3-4	5	6	5-6
水 面	12.2	10.3	252.5 ^{cm}	12.9	12.0	254.9 ^{cm}	12.5	10.7	253.2 ^{cm}
272	"	"	"	"	"	"	"	11.2	253.7
372	"	"	"	12.7	11.5	254.2	11.5	11.5	253.0
472	"	"	"	12.9	11.0	253.9	"	"	"
572	12.0	"	253.0	13.7	10.3	254.0	11.2	11.2	252.4
672	12.5	9.5	252.0	12.9	10.5	253.4	10.7	11.7	252.4
772	13.7	9.3	253.0	13.9	9.8	253.7	10.3	12.5	252.8
872	13.2	9.5	252.7	13.4	10.7	254.1	9.8	13.2	253.0
972	"	"	"	"	14.7	258.1	9.5	13.9	253.4
1072	12.9	"	252.4	13.2	9.5	252.7	"	13.7	253.2
1172	"	10.0	252.9	12.5	10.7	253.2	9.3	14.2	253.5
1272	"	9.5	252.4	12.7	9.8	252.5	11.0	13.4	254.4
1372	12.2	10.3	252.5	12.9	10.0	252.9	11.0	12.2	253.2
1472	11.7	10.0	251.7	"	9.8	252.7	10.7	12.7	253.4
1572	11.2	11.2	252.4	12.7	10.0	252.7	10.5	"	253.2
1672	10.7	11.5	252.2	"	9.8	252.5	10.3	12.9	253.2
1772	13.2	9.5	252.7	14.2	9.1	253.3	9.1	13.9	253.0
1872	13.9	8.6	252.5	12.7	9.8	252.5	11.2	11.5	252.7
1972	12.7	8.8	251.5	12.0	10.5	252.5	10.0	12.7	252.7
平 均	D = 252.4			D = 253.6			D = 253.1		

付表-4(2) No. 2 試験井孔径測定成果

深度20m附から拡張用油量がスイベルからの漏油で不足し、 $\phi 3.0$ mから $\phi 2.5$ mに縮少して行なった。



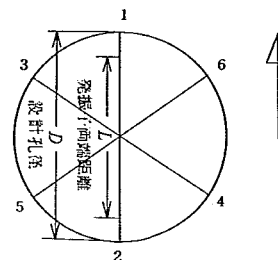
(単位: cm)

深度(m)	1	2	1-2	3	4	3-4	5	6	5-6
3.30 (W.L)	16.0	13.5	299.5	13.5	17.7	301.2	16.0	16.0	302.0
4.00	"	"	299.5	12.5	18.0	300.5	15.0	16.4	301.4
5.00	15.4	14.2	299.6	"	"	300.5	14.8	16.7	301.5
6.00	15.7	13.8	299.5	"	"	300.5	15.7	17.0	302.7
7.00	15.4	14.2	299.6	"	"	390.5	16.0	16.4	302.4
8.00	15.0	13.5	298.5	10.6	17.7	298.3	15.7	13.8	299.5
9.00	13.8	"	297.3	11.3	16.4	207.7	14.8	14.2	299.0
10.00	15.4	14.5	299.9	12.0	18.6	300.6	15.4	15.4	300.8
11.00	14.5	15.7	300.2	11.6	19.0	300.6	17.0	14.5	301.5
12.00	14.8	15.4	300.2	10.6	20.0	300.6	18.6	13.8	302.4
13.00	14.5	15.7	300.2	10.3	20.2	300.5	16.7	15.0	301.7
14.00	13.5	16.4	299.9	10.0	20.9	300.9	12.9	19.0	301.9
15.00	13.8	17.0	300.8	9.7	22.5	302.2	16.0	16.0	302.0
16.00	12.5	18.0	300.5	9.0	22.1	301.1	16.4	15.7	302.1
17.00	12.2	18.3	300.5	7.0	23.0	300.0	19.3	14.2	303.5
18.00	12.5	19.6	302.1	6.4	24.4	300.8	18.3	14.5	302.8
19.00	10.0	20.5	300.5	6.8	23.4	300.2	20.9	11.3	302.2
20.00	9.0	19.0	298.0	6.4	23.0	299.4	19.0	"	300.3
21.00	5.2	18.3	293.5	3.0	24.4	297.4	16.0	10.0	296.0
22.00	8.4	18.0	296.4	3.2	23.0	296.2	16.4	"	296.4
23.00	4.5	9.3	283.8	-3.9	19.0	285.1	6.1	8.4	284.5
24.00	-2.0	18.2	286.2	-3.6	"	285.4	7.0	20.0	297.0
25.00	-3.9	16.4	282.5	"	17.4	283.8	8.7	5.5	284.2
25.70	-0.7	17.7	287.0	-6.1	22.9	286.8	"	4.0	282.7
平均			308.9			297.7			298.8

(注) 表の1-2, 3-4, 5-6は穴の直径を示す。深度(m)はGLからの値を示す。

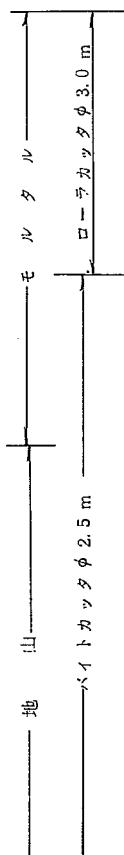
付表-4(3) No.3 試験井孔径測定成果

(注) 表の1, 2, 3, 4, 5, 6には発振子と壁面までの距離
(cm)を1-2, 3-4, 5-6には掘削孔径(cm)を示す。
水面から深度4.0mまでは3m径で促進, $L=240$ cm
で深度4.0mから22.0mまでは2.5m径で促進, $L=190$
cmとした。又, 水面から深度7.0mまで0.5m置き
に7.0mから22.0mまでは1.0m置きに測定した。
深度(m)はGLからの値である。



(単位: cm)

深度(m) 測定位置 No.	1	2	1-2	3	4	3-4	5	6	5-6
0.3 (水面)	28.5	34.1	302.6	3 -	-	-	-	-	-
0.5	"	33.6	302.1	30.6	30.6	301.2	32.6	28.5	301.1
1.0	29.0	32.6	301.6	31.1	30.1	301.2	33.1	28.0	301.1
1.5	"	32.1	301.1	"	"	301.2	32.6	28.5	301.1
2.0	28.5	32.6	301.1	30.6	"	300.7	"	"	301.1
2.5	"	"	301.1	31.1	"	301.2	33.1	28.0	301.1
3.0	29.0	"	301.6	31.6	29.5	301.1	33.6	27.5	301.1
3.5	"	"	301.6	"	29.0	300.6	"	27.0	300.6
4.0	28.0	32.1	300.1	"	"	300.6	"	"	300.6
4.5	30.1	31.6	251.7	33.6	29.1	252.7	33.1	27.3	250.4
5.0	"	31.9	251.0	33.8	28.6	252.4	34.4	26.6	251.0
5.5	30.4	32.2	252.6	34.4	28.0	252.4	34.2	"	250.8
6.0	30.7	31.8	252.5	"	27.3	251.7	34.4	"	251.0
6.5	30.9	"	252.7	35.8	26.8	252.6	34.8	25.9	250.7
7.0	50.5	38.3	278.8	37.4	34.8	262.2	36.7	35.5	252.2
8.0	30.2	32.0	252.2	36.5	25.5	252.0	37.5	24.3	251.8
9.0	30.9	31.7	252.6	36.4	25.4	251.8	36.7	"	251.0
10.0	31.2	31.4	252.6	38.0	23.6	251.6	"	24.1	250.8
11.0	32.0	30.2	252.2	39.2	22.6	251.8	"	"	250.8
12.0	31.2	30.4	251.6	39.5	22.7	252.2	37.9	22.5	250.4
13.0	32.2	30.3	252.5	40.0	21.5	251.5	39.0	22.3	251.3
14.0	32.3	30.4	252.7	44.2	20.3	254.5	39.6	21.7	250.3
15.0	33.0	29.2	252.2	40.8	21.3	252.1	"	22.1	251.7
16.0	33.3	27.7	251.0	39.7	20.7	250.4	39.8	20.8	250.6
17.0	34.4	28.4	252.8	42.1	19.9	252.0	40.3	20.2	250.5
18.0	35.1	26.3	251.4	40.8	20.8	251.6	40.4	20.5	250.9
19.0	34.6	26.4	251.0	41.2	19.2	250.4	41.5	19.3	250.8
20.0	36.0	25.0	251.0	42.9	17.9	250.8	41.7	18.6	250.3
21.0	37.5	24.0	251.5	42.5	18.6	251.1	37.9	21.5	250.4
22.0	36.9	23.7	250.6	25.2	16.1	231.3	39.6	20.6	250.2
平均($D=3$ mの状態)			301.4			301.0			301.0
平均($D=2.5$ mの状態)			253.2			251.4			250.9

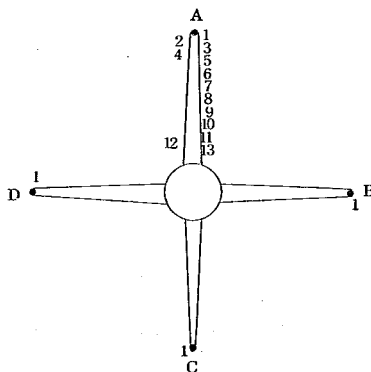


付表-5 バイトビット摩耗減量の測定結果

(第1孔地山削孔後のA列バイトの減量)

カッターの記号	使用前重量(g)	削孔後重量(g)	減量(g)	記 事
A - 1	1619.12	1563.0	56.12	20m367 削孔後
A - 2	1247.12	1241.2	5.92	"
A - 3	1244.95	1235.6	9.35	"
A - 4	1154.01	1132.25	21.76	"
A - 5	1247.93	1238.4	9.53	"
A - 6	1247.32	1230.5	16.82	"
A - 7	1245.33	1242.35	2.98	"
A - 8	1241.85	1198.5	43.35	"
A - 9	1155.33	1153.7	1.63	"
A - 10	1241.60	1240.2	1.40	"
B - 1	1525.63	1466.47	59.16	"
C - 1	2636.84	2623.1	13.74	"
D - 1	2584.89	2562.1	22.79	"

カッターの配列



付表-6(1) ローラカッタ摩耗測定

4.6.1.2.8 測定

カッタ番号	磨 耗 長 さ			中心からの距離	歯形プロフィール (図-6参照)
	内	中	外		
I ₁	0.5/8(2.5m/m)	0.5/8(20mm)	0/8(0)	1437.7	2
I ₂	0/8(0)	0/8(0)	0/8(0)	"	1
I ₃	0/8(0)	0/8(0)	0/8(0)	"	2
I ₄	0/8(0)	0/8(0)	0/8(0)	"	3
H ₁	0.2/8(1)	0/8(0)	0/8(0)	1356.2	2
H ₂	0/8(0)	0/8(0)	0/8(0)	"	1
H ₃	0/8(0)	0/8(0)	0/8(0)	"	2
H ₄	0.5/8(2.5)	0.3/8(1.2)	0.2/8(0.6)	"	1

内、中、外は円周側から中心側へを指す。0/8のように前者は8分法による値()内は磨耗高さをm/mであらわしたものの。

地山削孔26m059のとき

付表-6(2)

4.6.1.2.6 測定

カッター 番 号	磨 耗 長 さ						中心から の距離	歯形番号
	内		中		外			
	1	N out	1	N out	1	N out		
B 2	1.2	1.12	0.9	0.96	1.7	2.0	416.1	2
A 2	0.25	0.3	1.4	2.4	2.25	2.5	416.1	1
B 1	2.43	2.7	2.4	2.88	2.25	2.5	566.0	2
A 1	0.52	0.9	1.12	2.4	2.15	1.0	566.0	3
C 1	0.54	0.9	2.7	1.8	0.88	1.0	700.5	2
C 2	0.52	0.9	1.68	1.6	4.3	2.0	700.5	3
D 1	0	0.15	1.2	10.8	0.12	2.0	835.0	2
D 2	2.16	1.5	4.2	4	9	5.0	835.0	1
E ₁	1.62	3.0	3.0	2.88	1.76	1.5	969.6	2
E ₂	2.6	3.0	5.6	6	8.6	8.5	969.6	3
F ₁	5.4	6	4.5	3.6	3.52	3.5	1103.1	2
F ₂	3.75	3.0	5.6	7.2	6.75	6.0	1103.1	1
F ₃	4.05	5.1	4.5	3.6	6.6	7.5	1103.1	2
F ₄	3.12	3.0	6.44	7.2	8.6	7.5	1103.1	3
G ₁	1.3	5.4	4.5	3.6	4.4	5.0	1187.7	2
G ₂	1.3	3.6	8.4	6.8	8.6	8.5	1187.7	3
G ₃	2.6	6.0	3.64	4.0	4.3	4	1187.7	2
G ₄	2.08	2.7	8.4	4.4	6.45	6	1187.7	3
H ₁	1.4	1.5	3.0	3.6	6.45	7.5	1356.2	2
H ₂	2.0	1.8	2.24	4	4.5	4.5	1356.2	1
H ₃	0	0	1.5	1.8	3.52	5	1356.2	2
H ₄	0.5	0.6	2.24	4	6.75	6	1356.2	1
I ₁	2.16	6	4.5	4.32	4.84	5	1437.7	2
I ₂	1.25	2.1	5.6	4.8	8.55	7.5	1437.7	1
I ₃	1.4	6.0	3.6	3.96	4.4	6	1437.7	2
I ₄	0.78	0.9	5.6	4.0	8.6	5	1437.7	3

地山削孔26m059, モルタル削孔3m932, 計29m991削孔後

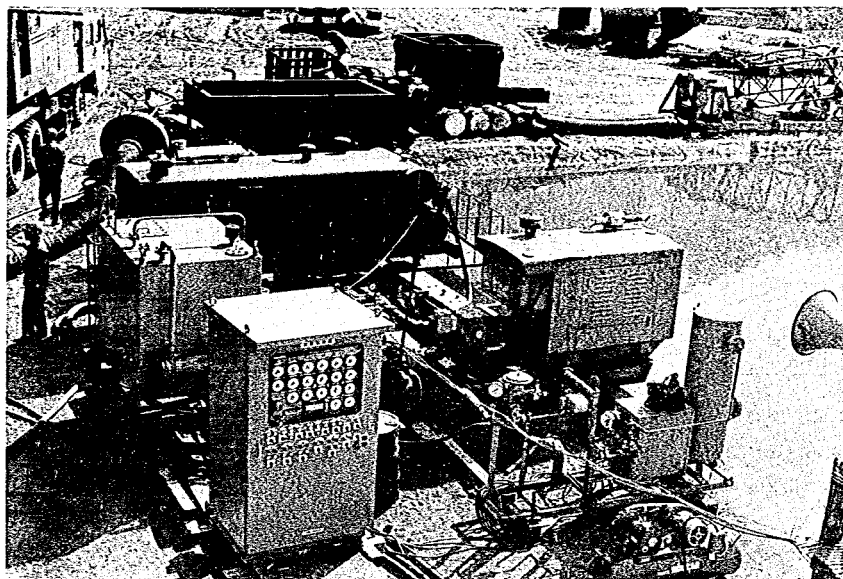


写真-1 操作盤および陸上設備

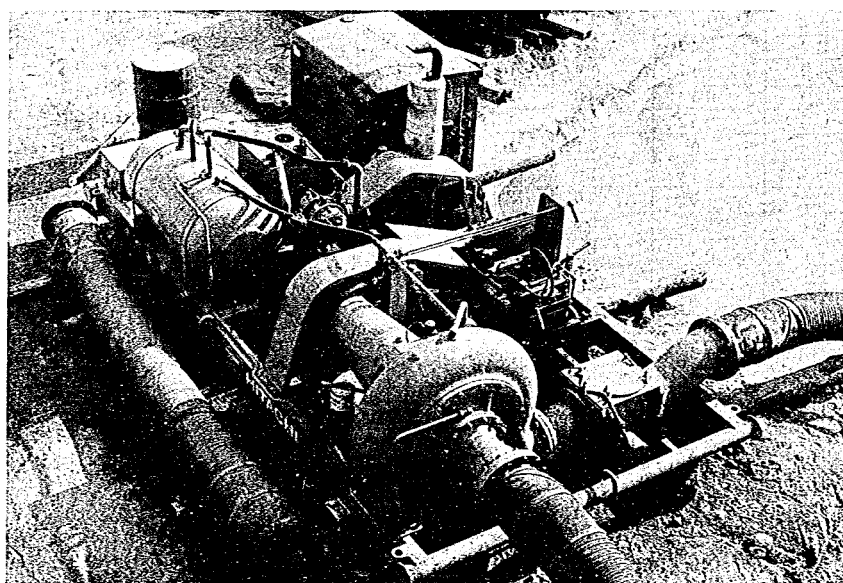


写真-2 サクションポンプユニット

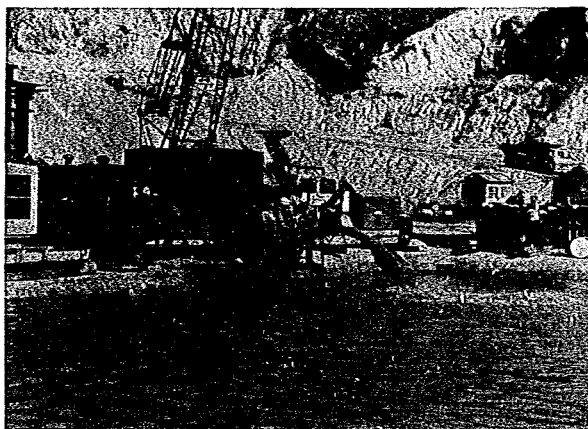


写真-3 掘削土砂の排水状況

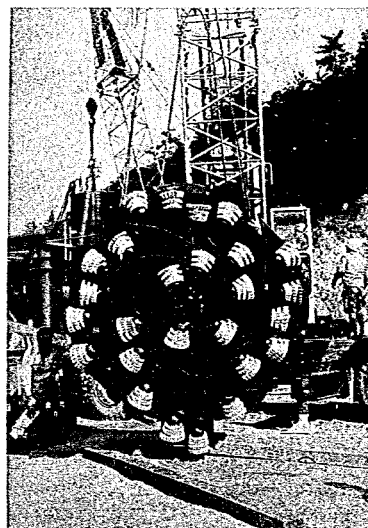


写真-4 ローラーカッタービット



写真-5 カッタの摩耗状況

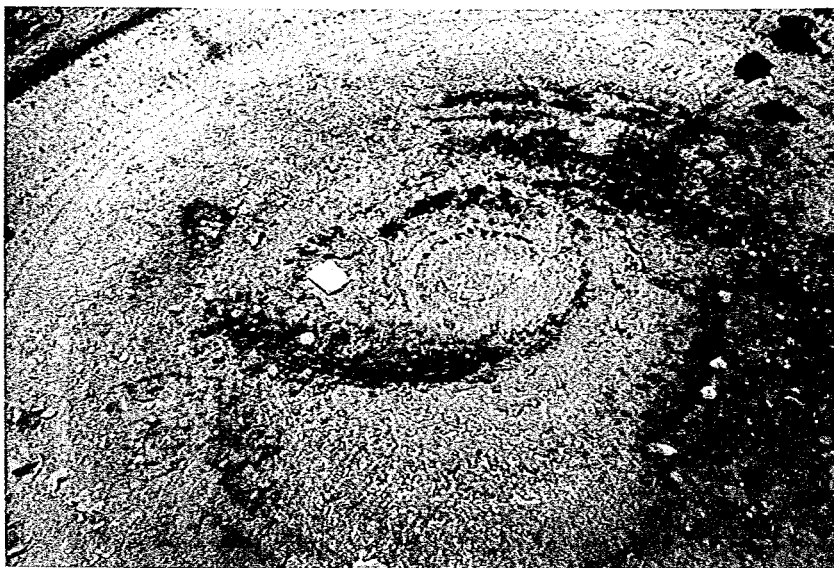


写真-6 ドライで行なった掘削面

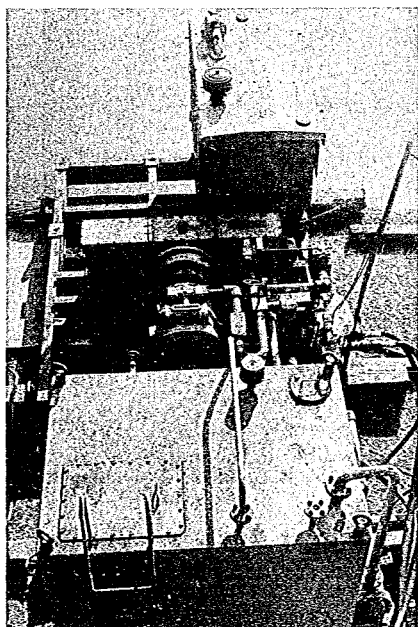


写真-7 パワーユニット

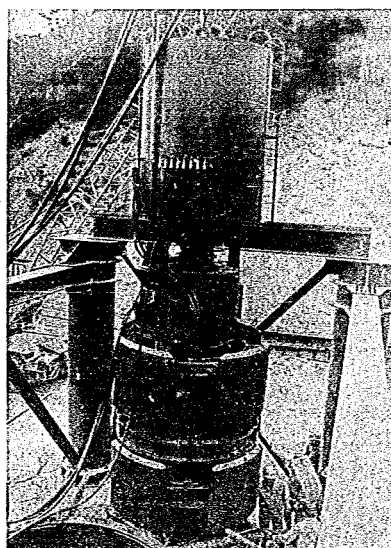


写真-8 水中パンプ室

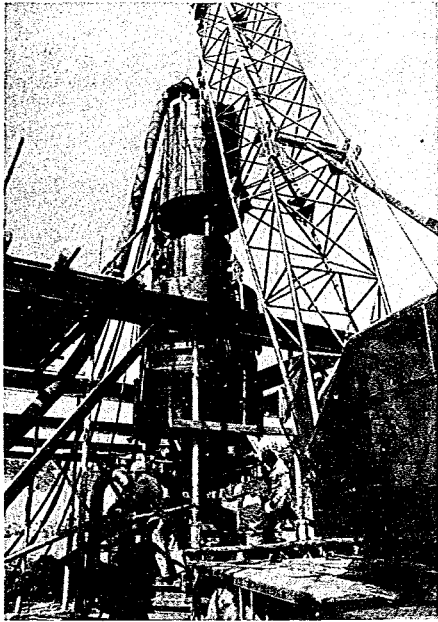


写真-9 ドラグビッドを取付け掘削機

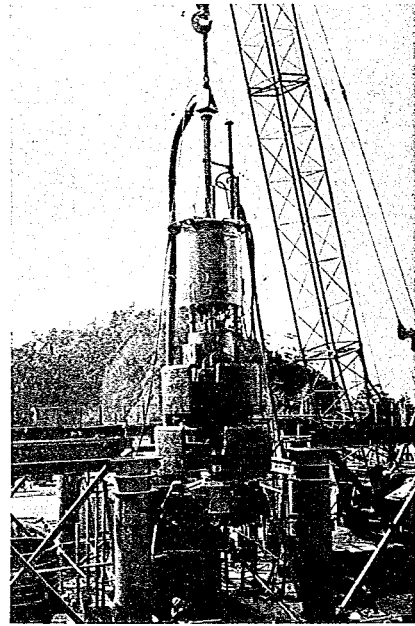


写真-10 ローラビットを取付けた掘削機

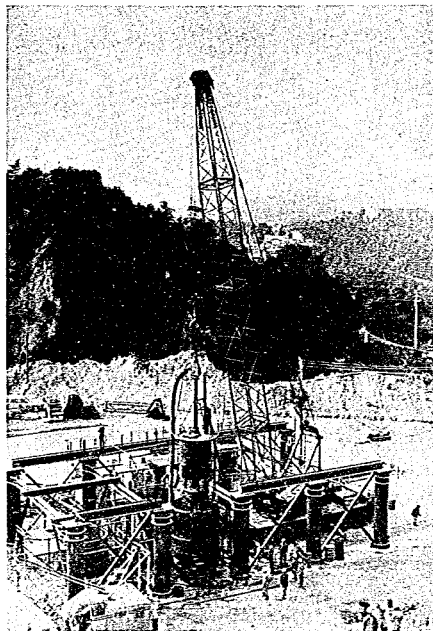


写真-11 実 験 場