

土 木 研 究 所 資 料

第 195 号

穿孔機械の作業性能に関する調査

ーリバースサーキュレーションドリル作業性能試験ー

昭和 41 年 7 月

建設省土木研究所

穿孔機械の作業性能に関する調査

— リバースサーキュレーションドリル作業性能試験 —

機械研究室

千 田 昌 平
後 藤 昌 隆

目 次

まえがき	1
1. 試 験	1
(1) 試験期日	1
(2) 測定項目および測定要領	1
2. 試験結果	5
3. 試験結果の検討	18
(1) ビット荷重と掘削トルク	18
(2) 継足時間他	18
(3) 掘進速度と諸因子	18
(4) 深度と空気量および空気圧の関係	22
(5) 揚砂量	22
あとがき	30

まえがき

本報告は、主としてエアリフトポンプ方式によるリバースサーキュレーションドリル（以下エアリフトドリルと呼ぶ）について、建設省土木研究所において実施した削孔作業試験結果をとりまとめたものであるが、更に、先に行った加藤 T & K 50 TH 型アースドリル作業性能試験（昭和 40 年土木研究所資料第 100 号）のポンプサクション方式によるリバースサーキュレーションドリル（以下サクションドリルと呼ぶ）の結果とを比較検討したものである。

この外、現地調査として測定した孔径 1 m のエアリフトドリル（加藤 T & K 20 HRB 型）による削孔作業成績の一部を巻末に図示したが、本報告における比較検討の対象からはずした。

エアリフトドリルは、加藤 T & K HR 型アースドリルを母体としたドリリングバケットによる掘削機械として開発されたもので、本機には特に掘進速度を一定にする油圧式定掘進速度装置が取付けられている。

エアリフトドリルおよびサクションドリルの仕様については巻末の仕様書を参照されたい。

試験はいずれも当所千葉支所構内において実施したもので、エアリフトドリルにおいては孔径 0.55 m、削孔深度 108 m、3 翼形ビットを使用して行ない、サクションドリルにおいては孔径 1.5 m、削孔深度 103 m、ユンボ形ビットを使用した。

1. 試 験

表 1 にエアリフトドリルの作業試験日程を示す。

(1) 試験期日

サクションドリル試験 昭和 40 年 7 月 22 日～昭和 40 年 8 月 19 日

エアリフトドリル試験 昭和 40 年 12 月 20 日～昭和 40 年 12 月 24 日

(2) 測定項目および測定要項

1) 測定項目

- a) ケーバ回転数
- b) 掘削トルクおよび馬力
- c) ビット荷重
- d) 掘進速度
- e) 揚水量および揚砂量
- f) 空気量および空気圧
- g) 作業時間

表-1 エアリフトドリル作業試験日程表

年 月 日 (曜日)	天 候	内 容
40 12 18 (土)	く も り	機械組立 試験準備
19 (日)	“	“ “
20 (月)	雨のちくもり	掘削試験 P.M.より (6m)
21 (火)	くもりのち晴	“ (21m), 主索油圧ホイスト取付プレート折損修理
22 (水)	晴のちくもり	“ (51m)
23 (木)	雨	“ (3m) 雨のため中止
24 (金)	くもりのち晴	“ (24m) 11時30分完了, 揚水試験, 測定機器撤収
25 (土)	晴	試験場所整理, 掘削孔保護用ケーシングそう入
26 (日)	“	“

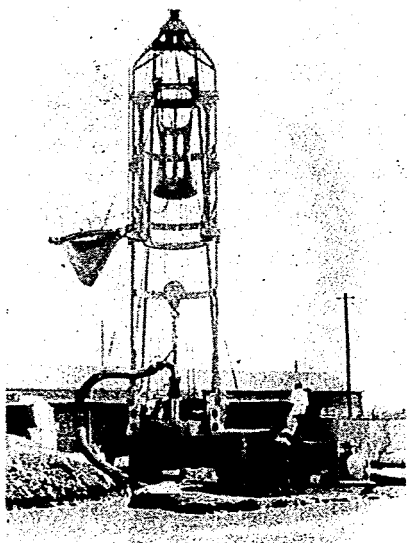


写真-1. サクションドリル試験風景

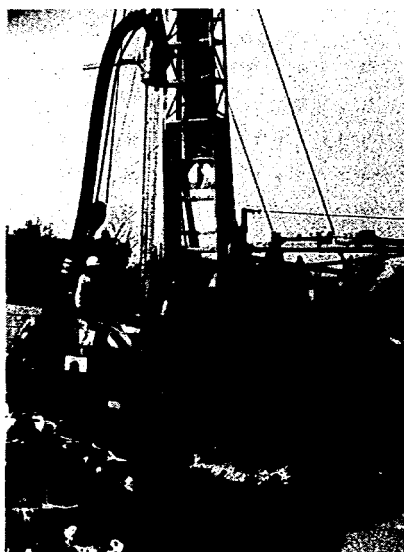


写真-2. エアリフトドリル試験風景

2) 測定要領

(a) クリーパー回転数

サクションドリルにおいては、ロータリーテーブルに突起を溶接して、フレームに取付けたマイクロスイッチによって1回転毎にパルスを発信させ、単位時間当りのパルスの数をもって表す。

エアリフトドリルにおいては、ドリルパイプ1本掘進当り3~4回直接定員が測定する。

(b) 掘進トルクおよび所要動力

サクションドリルにおいては、ローリーテーブルが油圧モータ駆動式であるのを利用して、油圧モータ出入口における油圧を測定し、圧力差、回転数および油圧モータの特性曲線から算出する。

エアリフトドリルにおいては、直結駆動式であるため、トルクメーターの組込みが困難であったため、極めて粗な値であるが、作業時に燃料レバーの位置を一定にして機関回転数をパルスで記録し、機関性能曲線より動力を推定する。

(c) ビット荷重

スィベルジョイントと鉤揚げ用フックとの間に張力計(抵抗線歪計20t)を入れて、全重量(ドリルパイプ、ビット、重量管、クリーパー、スィベルジョイント、ディベリーホース:サクションドリルではサクションホースの一部の各重量の和)から張力計の値と浮力を差引いた値とする。

(d) 掘進速度

サクションドリルでは10cm毎に、エアリフトドリルでは20cm毎にクリーパーに標点をつけて、測定員により1きざみ掘進する毎にパルスを発信させ、1分間当掘進量で表わす。

(e) 揚水量および揚砂量

i) サクションドリル 掘進約6m毎にポンプから排出される泥水を一定時間水槽に流し込んで掘削土砂を沈澱させる。

水はオーバーフローさせて全巾セキ(巾B)=900、セキ板までの高さD=300)により測定する。

オーバーフローした泥水は更に比重を測って含泥率を算出し、水槽に沈澱した土砂の量に加算する。

なお、サンプリング時のポンプ回転速度は別途ストロボスコープ、又はタコメーターにより測定する。

全巾セキの流量算定式を次にあげる。

$$Q = KBh^{2/3}$$

ここで Q : 揚水量 (m³/min)

B : セキの巾 (m)

h : セキの水頭 (m)

K : 流量係数 = $1091 + \left(\frac{0.177}{h} + 1.42 \frac{h}{D} \right)$

D : 水路底面よりセキ板までの高さ

ii) エアリフトドリル サクションドリルで削孔した1.5mの径のケーシング内に泥水を排出し、水面の上昇、特性および注水終了直後における水面の沈下特性を測定し、次式により算出する。

$$Q = A (V_0 - V_1) \times 60$$

Q : 揚水量 (m³/min)

A : ケーシング断面積 (m²)

V_上 : 水面の上昇速度 (m/sec)

V_下 : 水面の沈下速度 (m/sec)

なお、V_上、V_下 は次によって求められる。

水面の上昇特性 $y_{上} = f(t)$

水面の沈下特性 $y_{下} = g(t)$

とし、 $y_{上} = y_{下}$ のとき

$$V_{上} = \frac{d f(t)}{d t}$$

$$V_{下} = \frac{d g(t)}{d t}$$

更に、この時のクレーバーの位置を別途記録しておく。

(f) 空気量および空気圧

空気量は4分円ノズルオリフィス(開口比 $m = d^2/D^2 = 0.891$ 、流量係数 $\alpha = 0.998$)を用い、差圧は差圧変換器を用いて検出記録する。

空気圧は、オリフィスの直前における圧力を絶対圧力で示したもので空気吐出口における空気圧はこの圧より更に低くなるものと考えられる。

オリフィスによる空気量は次式で表わされる。

$$W = \alpha \epsilon A \sqrt{2 g \gamma (P_1 - P_2) \times 60}$$

ここで W : 吐出空気重量 (kg/min)

A : 円孔面積 $= \pi d^2/4$ (m²)

α : 流量係数

ϵ : 空気の膨張による修正係数

g : 重力の加速度 9.8 m/sec²

γ : オリフィス直前における空気の単位体積重量 (kg/m³)

$P_1 - P_2$: オリフィス直前、直後の圧力差 (kg/m² または mmAg)

標準吸込状態(温度 20℃、絶対圧力 760 mmHg、関係湿度 75%)における空気量に換算するは次式による。

$$Q = \frac{W}{1.2}$$

Q : 標準吸込状態に換算した空気量 (m³/min)

1.2 : 標準吸込状態における空気の単位体積重量 (kg/m³)

(g) 作業時間

記録計、各測定員の測定事項の関係については、時間とドリルパイプの掘進深度(バルブおよび深度の読み)を基準にとり、全体を通しての時間的な管理は記録計の他に測定員1名が専任する。

2. 試験結果

サクシンドリルにおいては、最初直径15mm、長さ6mmの表層ケーシングを入れるのにハンマグラフで掘削し、ケーシング揺動圧入機構を用いて圧入した。試験は深度5mmから始めた。

エアリフトドリルにおいては、ドリリングバケットにより700φのオーバーサイズの孔を約6mm掘削してケーシングを建込み、試験は深度6mmから始めた。

クレーパーの回転速度は、サクシンドリルにおいては約12又は20rpmの2段を、エアリフトドリルにおいては約12rpmを標準として行なった。

なおエアリフトドリルに使用した空気圧縮機は、空気圧7kg/cm²を標準としたものであった関係から、図-1に示すように空気吐出口の位置を切り換えて、パイプNO. 0, 9, 19の3本の最大深度をそれぞれ60mm, 54mm, 51mmの位置で使用した。

表-2にエアリフトドリルの試験成績表を示す。表中、空気量は標準状態に換算した量で表わし、空気圧は絶対圧で表わしたものである。

また揚砂量とは掘孔率を10%として掘進速度孔面積から掘進20cm毎の量を算出したものである。

図-2に試験成績図を示す。図の中で正味時間とあるのは、ドリルパイプの総足時間やポンプの真空時間などを除いた掘削している時間（クレーパーが回転している時間）をいい、全体時間とは計測のために特に費した時間などを除いた一般の作業状態と考えられる時間を表わしたものである。

図一 1 空気吐出口位置図

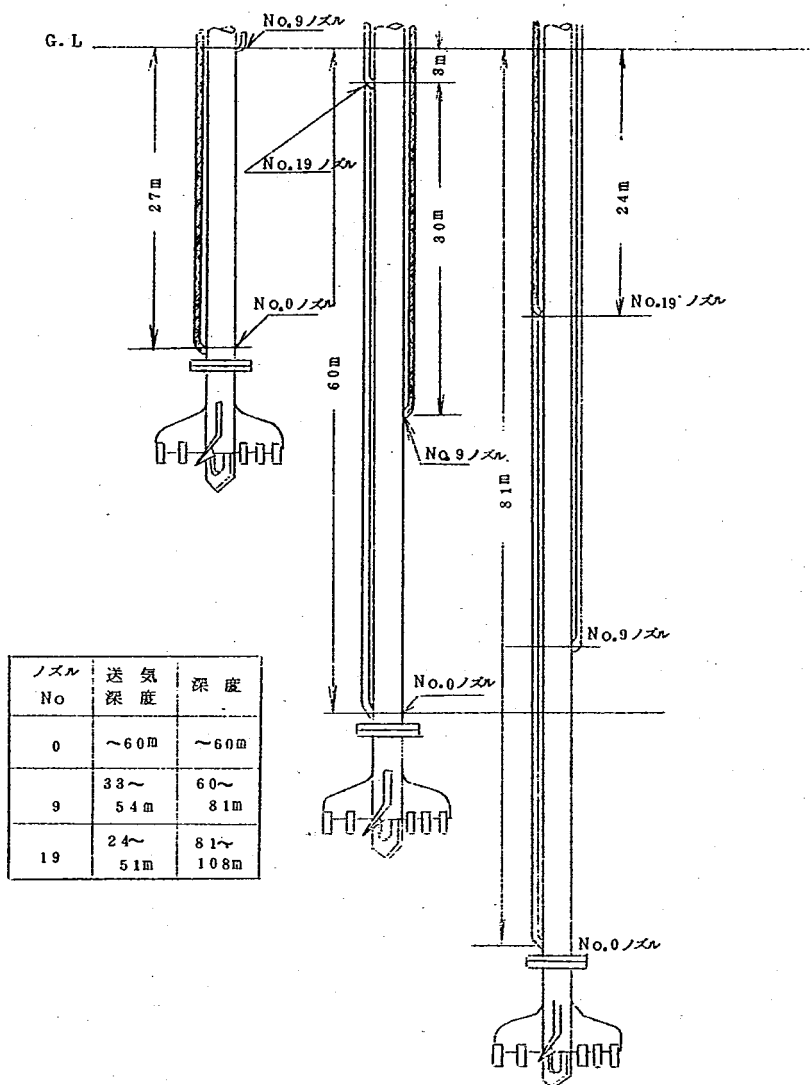


図-2 作業試験成績図

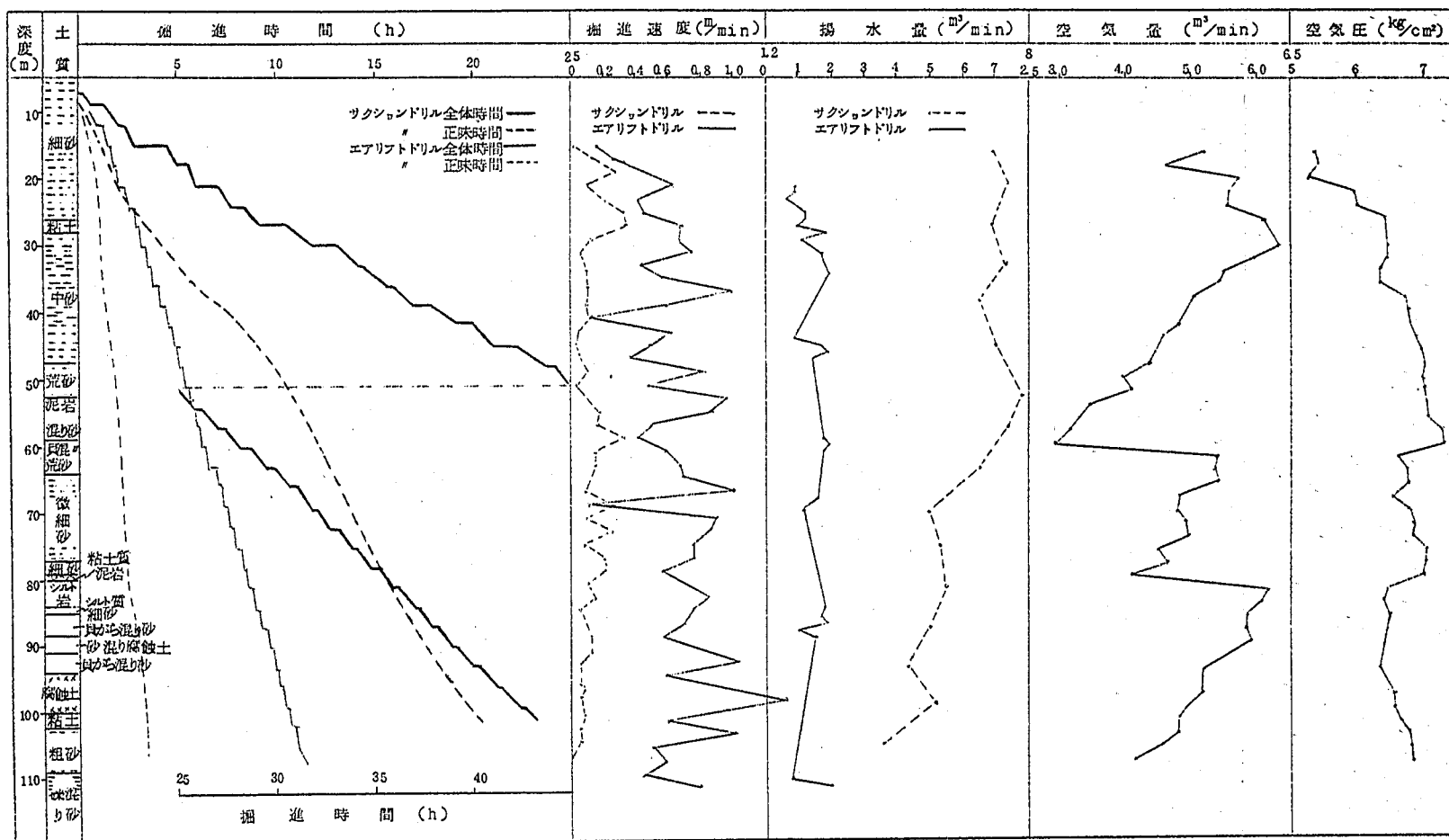


表-2 エアリフトドリル作業試験成績表

表-2 エアリフトドリル作業試験成績表

試験 番号	深 度 (m)	測 定 月 日	累計 時間			1 米 当 掘 進 時 間			掘 足 時 間			回 転 数 (r. p. m)	空 気 量 (m^3/min)	直 前 の 圧 オ リ フ ィ ス (Kg/cm^2)	差 圧 (Kg/cm^2)	主 回 転 数 (r. p. m)	馬 力 (PS)
			時	分	秒	分	秒	分	秒	分	秒						
1-2	8	12/20		38	50	5	40										
1-3	9	"		44	30	5	30	22	15								
2-1	10	12/21	1	12	15	9	14									660	
2-2	11	"	1	21	29	2	14									670	
2-3	12	"	1	23	43	2	52	15	10							995	494
3-1	13	"	1	41	45	6	01				41					884	433
3-2	14	"	1	47	46	2	00				"					1,150	530
3-3	15	"	1	49	46	2	19	10	30		"					1,115	568
4-1	16	"	2	02	35	3	38				100	515	535	145		1,040	524
4-2	17	"	2	06	13	1	18				"	498	537	135		1,005	504
4-3	18	"	2	07	31	1	24	14	00		"	461	540	115		1,100	560
5-1	19	"	2	22	55	3	04				92	598	625	167		990	494
5-2	20	"	2	25	59	2	05				"	571	623	153		1,110	564
5-3	21	"	2	28	04	1	46	15	35		"	486	627	110		1,060	536
6-1	22	"	2	45	25	2	57				"	557	593	153		1,110	565
6-2	23	"	2	48	22	1	20				"	564	595	156	"	"	"
6-3	24	"	2	49	42	1	28	13	05		"	554	598	150	"	"	"
7-1	25	"	3	04	15	3	29				100	611	638	171		1,055	535
7-2	26	"	3	07	44	1	20				"	607	640	168		1,120	572
7-3	27	"	3	09	04	1	31	17	00		"	601	643	164		1,055	533
8-1	28	"	3	27	35	3	04				97	620	642	175		1,110	565
8-2	29	"	3	30	39	1	45				"	"	641	"		1,060	536
8-3	30	"	3	32	24	2	11	14	00		"	630	643	180		1,010	500
9-1	31	12/22	3	48	35	2	11					564	640	145		1,110	565
9-2	32	"	3	50	46	1	27					593	643	160		1,060	536
9-3	33	"	3	52	13	1	00	14	02			561	"	143		1,062	"
10-1	34	"	4	07	15	2	29				100	547	634	138		1,057	533
10-2	35	"	4	09	44	0	56				"	534	"	133		1,122	574
10-3	36	"	4	10	40	1	00	15	30		"	540	631	135		1,057	533
11-1	37	"	4	27	10	3	18				"	503	672	110		1,122	574

掘 進 速 度 (m/min)	ピ ッ ト 荷 重				揚 水 量 (m ³ /min)	揚 砂 量 (m ³ /min)	含 砂 率 (%)	摘 要
	全重量 (A) Kg	浮力 (B) Kg	張力計 (C) Kg	ビット荷重 (A-B-G) Kg				
Q160	1,946	160				0050		
Q226	"	166				0070		
Q267	"	173				0083		
Q229	2,094	179	1,251	664		0071		
Q446	"	185	1,684	225		0139		
Q358	"	192	409	1,493		0111		
Q631	2,242	199	713	1,330	089	0196	336	
Q588	"	206	1,250	786	086	0181	326	
Q420	"	212	1,770	260	064	0131	320	
Q470	2,390	216	1,403	771	1.01	0146	249	
Q462	"	223	1,500	667	1.20	0144	216	
Q560	"	229	1,452	709	1.24	0174	243	
Q686	2,588	234	808	1,496	097	0213	335	
Q750	"	242	1,616	680	1.80	0233	229	
Q668	"	249	1,620	676	1.14	0208	373	
Q725	2,686	255	1,340	1,091		0225		
Q750	"	262	1,583	841	1.76	0233	233	
Q740	"	268	1,462	956	1.78	0230	228	
Q430	2,834	275				0133		
Q600	"	281			1.97	0186	178	
Q570	"	287			1.87	0177	"	
Q388	2,982	294	2,222	466		0121		
1000	"	300	3,035	-353	1.60	0311	308	
Q665	"	306	2,429	249		0207		
Q598	3,130	313	2,955	-138		0186		
Q145	"	320	2,826	-16		0045		
Q102	"	326	3,040	-236		0032		
Q864	3,278	333				0269		

試験 番号	深 度 (m)	測 定 月 日	累計 月日			進 時 間 1 米 当 掘		総 定 時 間		回 転 数 ク リ ー バ (r. p. m)	空 気 量 (m ³ /min)	直 前 の 圧 オ リ フ ィ ス (kg/cm ²)	差 圧 (kg/cm ²)	主 回 転 数 エン ジ ン (r. p. m)	馬 力 (PS)
			時	分	秒	分	秒	分	秒						
11-2	38	12/22	4	30	28	1	45			100	503	671	110	1122	574
11-3	39	"	4	32	13	1	52	11	00	"	510	672	105	"	"
12-1	40	"	4	45	05	2	32			"	493	677	105	"	"
12-2	41	"	4	47	37	1	53			"	"	"	105	1189	613
12-3	42	"	4	49	30	1	55	8	40	"	482	678	100	1122	574
13-1	43	"	5	00	05	2	35			103	460	684	90	1189	613
13-2	44	"	5	02	40	1	03			"	455	686	88	"	"
13-3	45	"	5	03	43	1	02	9	05	"	433	"	80	"	"
14-1	46	"	5	13	50	1	27			"	450	694	85	1155	590
14-2	47	"	5	15	17	1	54			103	446	696	83	1157	592
14-3	48	"	5	17	11	1	09	10	45	"	437	698	80	"	"
15-1	49	"	5	29	05	2	05			100	394	698	65	1035	520
15-2	50	"	5	31	10	1	07			"	"	"	"	1172	602
15-3	51	"	5	32	17	1	33	9	25	"	379	699	60	2260	945
16-1	52	"	5	43	15	2	18			90	408	700	"	989	496
16-2	53	"	5	45	33	1	31			"	363	"	55	955	472
16-3	54	"	5	47	04	1	41	10	35	"	347	703	50	1025	517
17-1	55	"	5	59	20	3	54			100	340	702	48	1035	523
17-2	56	"	6	03	14	1	35			"	329	705	45	989	496
17-3	57	"	6	04	49	2	26	14	00	"	323	709	43	982	490
18-1	58	"	6	21	15	3	30			103	315	723	40	1108	562
18-2	59	"	6	24	45	1	25			"	294	"	35	1000	500
18-3	60	"	6	26	10	1	20	24	25	"	294	728	35	906	442
19-1	61	"	6	51	55	1	56			97	540	654	130	1117	564
19-2	62	"	6	53	51	1	15			"	542	659	"	1050	530
19-3	63	"	6	55	06	1	24	13	30	"	533	662	125	1135	576
20-1	64	"	7	10	00	2	40			100	537	673	125	1140	584
20-2	65	"	7	12	40	1	00			"	538	"	125	1260	652
20-3	66	"	7	13	40	1	00	15	40	"	540	675	130	1234	633
21-1	67	"	7	30	20	1	18			111	496	654	110	1078	543

掘 進 速 度 (m/min)	ビット荷重				掘 水 量 (m/min)	掘 砂 量 (m ³ /min)	含 砂 率 (%)	摘 要
	全重量 (A) Kg	浮力 (B) Kg	張力計 (C) Kg	ビット荷重 (A-B-C) Kg				
0600	3278	339				0186		
0707	"	345			086	0220	372	
0494	3426	352			166	0154	175	
0546	"	358			192	0170	153	
0364	"	364			145	0118	152	
0700	3574	371				0218		
0800	"	378				0249		
0632	"	384				0196		
0462	3722	391				0144		
0453	3722	397				0141		
0962	"	403				0299		
0650	3870	410				0202		
0880	"	416				0276		
0827	"	423				0257		
0500	4018	429				0155		
0827	"	435				0257		
0413	"	442			174	0128	145	
0857	4156	448			194	0266	237	
0600	"	545			174	0186	197	
0410	"	461				0127		
0667	4314	467				0207		
0532	"	474				0165		
0686	"	480				0213		
0923	4462	487				0287		
1090	"	493				0339		
0279	"	500			158	0087	112	
1000	4610	506	2467	1367	128	0311	358	
1080	"	512	2053	2045	112	0336	408	
0924	"	520	1644	2446		0287		
0899	4758	525	800	3433		0279		

試験 番号	深 度 (m)	測定 月 日	累計時間			1 米 当 掘 時間		掘 進 時間		ケ リ 回 転 数 (r. p. m)	空 気 量 (m^3/min)	オリ フ イス 直 前 の 圧 (Kg/cm^2)	差 圧 (Kg/m^2)	主 回 転 数 (r. p. m)	馬 力 (PS)
			時	分	秒	分	秒	分	秒						
21-2	68	12/22	7	31	38	1	12			111	483	654	105	1038	524
21-3	69	"	7	32	50	1	25	13	10	"	475	659	100	1178	607
22-1	70	"	7	47	25	1	32			100	480	675	100	1153	590
22-2	71	"	7	48	57	1	25			"	"	"	105	1143	586
22-3	72	"	7	50	22	1	43	11	50	"	493	682	"	1228	633
23-1	73	"	8	03	55	1	55			96	471	689	95	1086	553
23-2	74	"	8	05	50	2	04			"	498	682	105	1178	602
23-3	75	"	8	07	54	2	11	12	45	"	461	696	90	1086	553
24-1	76	"	8	22	50	2	15			100	452	703	85	948	471
24-2	77	"	8	25	05	1	20			"	450	707	"	988	492
24-3	78	"	8	26	25	1	00	12	20	"	466	703	90	800	390
25-1	79	"	8	39	45	2	12			98	614	696	72	999	499
25-2	80	"	8	41	57	1	32			"	409	698	70	989	495
25-3	81	"	8	43	29	1	26	14	00	"	409	"	"	981	491
26-1	82	12/23	8	58	55	7	07			107	617	643	173	1188	608
26-2	83	"	9	06	02	1	11			"	"	636	175	944	468
26-3	84	"	9	07	13	1	57	14	00	"	609	638	170	1013	503
27-1	85	12/24	9	23	10	2	05			97	601	640	165		
27-2	86	"	9	25	15	3	10			"	586	648	155		
27-3	87	"	9	28	25	2	20	14	55	"	594	645	160		
28-1	88	"	9	45	40	3	07			100	585	645	155	1099	559
28-2	89	"	9	48	47	1	18			"	572	638	150	1121	572
28-3	90	"	9	50	05	1	30	14	00	"	584	643	155	1117	567
29-1	91	"	10	05	35	1	59			"				9636	477
29-2	92	"	10	07	34	1	35			"					
29-3	93	"	10	09	09	1	41	11	10	"					
30-1	94	"	10	22	00	2	13			"	521	634	125	1485	772
30-2	95	"	10	24	13	1	23			"	530	632	130	1560	800
30-3	96	"	10	25	36	0	59	12	05						
31-1	97	"	10	38	40	1	44				530	656	125	1069	543

掘 進 速 度 (m/min)	ビット荷重				掘 水 量 (m/min)	掘 砂 量 (m/min)	含 砂 率 (%)	摘 要
	全重量	浮力	張力計	ビット荷重				
	(A) Kg	(B) Kg	(C) Kg	(A-B-C) Kg				
0859	4758	531	1742	2485		0267		
0668	"	537	1412	2809		0214		
0752	4906	544	1520	2342		0233		
0800	"	550	2605	1751		0249		
0857	"	557	1737	2612		0226		
0707	5054	563	3150	1341		0220		
0545	"	570	2700	1784		0169		
0707	"	576	562	5040		0220		
0707	5202	583	220	4839		0220		
0668	"	589	440	5053		0208		
0852	"	595	550	5157		0265		
0727	5350	602	1586	3162		0226		
0750	"	608	1019	5761	174	0233	235	
0557	"	615	1813	2922	167	0173	192	
0727	5498	621	2220	2657	181	0226	223	
0922	"	628	1332	3538	095	0287	409	
0558	"	634	1443	3421	153	0173	206	
	5646	643	1540	3463				
	5054	650	3080	2016				
	"	656	642	4348				
0999	5794	661	473	4660		0310		
0600	"	667	945	4182		0186		
0571	"	673	1182	3939		0177		
0580	5942	679				0180		
	"	686						
	"	692						
1333	6090	699	1540	3851		044		
0924	"	705	1285	4100		0287		
	"	711	1013	4966				
0572	6238	717	1152	4989		0178		

[illegible]

3. 試験結果の検討

(1) ビット荷重と掘削トルク

サクシヨンドリルにおいて、ポンプのブレードを交換した後の安定した深度50m~102mまでを深度50cm間隔に測定したビット荷重と掘削トルクの関係を図-3に示す。

ここに 資料数 $N = 105$

ビット荷重 (X) 平均 $\bar{x} = 1,908 \text{ kg}$

標準偏差 $\sigma_x = 1,338$

掘削トルク (Y) 平均 $\bar{y} = 498.1 \text{ m-kg}$

標準偏差 $\sigma_y = 246.0$

相関係数 $r = 0.7607$

YのXへの回帰線 $y = 0.140x + 222$

これよりトルクはビット荷重1,000kg増す毎に約140m-kgの割合で増加しており、ビットの平均半径を $\frac{D}{4}$ としてビット荷重に対するその点の接線方向に働く力の割合を求めると約0.37となり、一般に土と鉄の摩擦係数が0.4~0.5であるから掘削面においては泥水が潤滑剤の作用をし摩擦抵抗を軽減しているか又はトルクの算出過程におけるオイルモーターの特性が必ずしも一致していないのが原因しているものと考えられる。しかしいづれにせよ今回の様な土質系においては、剪断による掘削よりむしろ圧壊による掘削がなされる傾向があるものとする。

(2) 継足時間他

図-2から分る様に全体時間のうち継足時間他は占める割合が大きく、サクシヨンドリルにおいては約 $\frac{1}{2}$ 、エアリフトドリルにおいては約 $\frac{3}{4}$ が継足時間他である。

図-4に継足時間のヒストグラムを示す。なおサクシヨンドリルにおいてはこの外に真空時間として平均約10分を要している。

(3) 掘進速度と諸因子

サクシヨンドリルについて、表3に揚程3水準、掘削トルク4水準を因子とする掘進速度(測定値平均)を示す。表-4はその分散分析表である。

ここで揚程とは水面からスイベルジョイントまでの高さのことをいう。

エアリフトドリルについて、表-5に揚程3水準空気量5水準を因子とする掘進速度を示す。

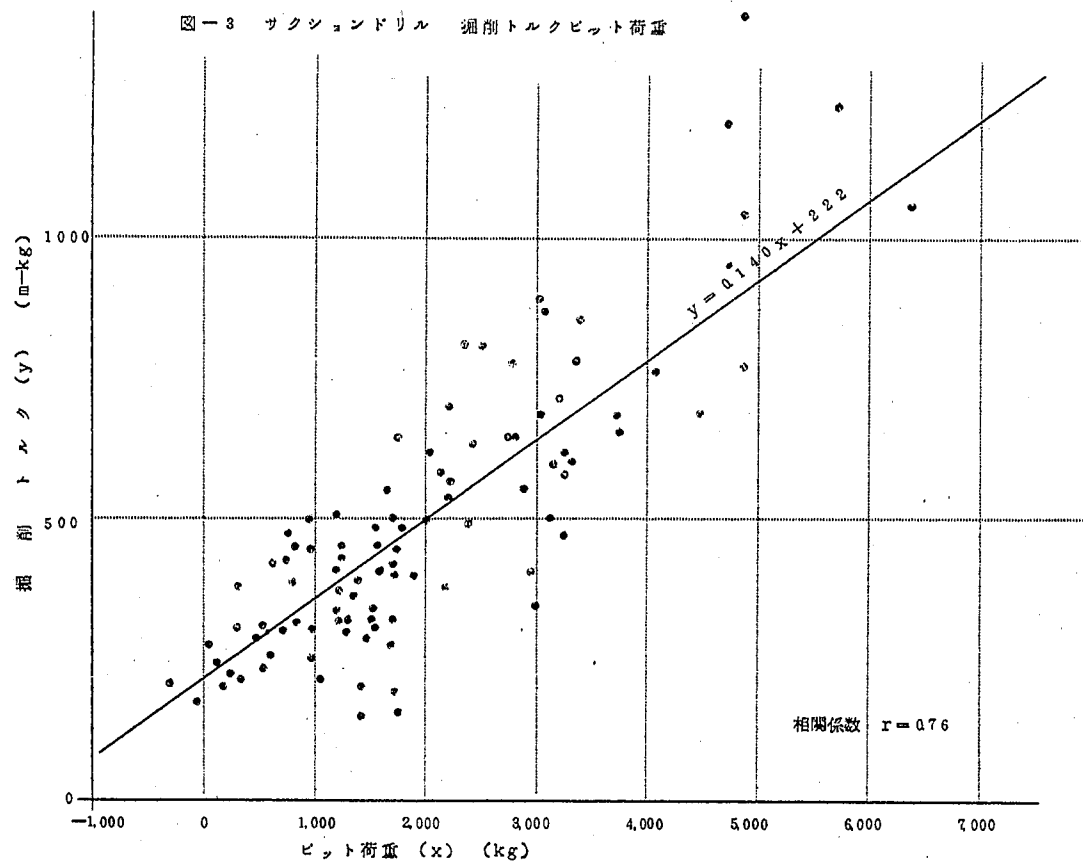


図-4 (a) サクシヨンドリル縦足時間

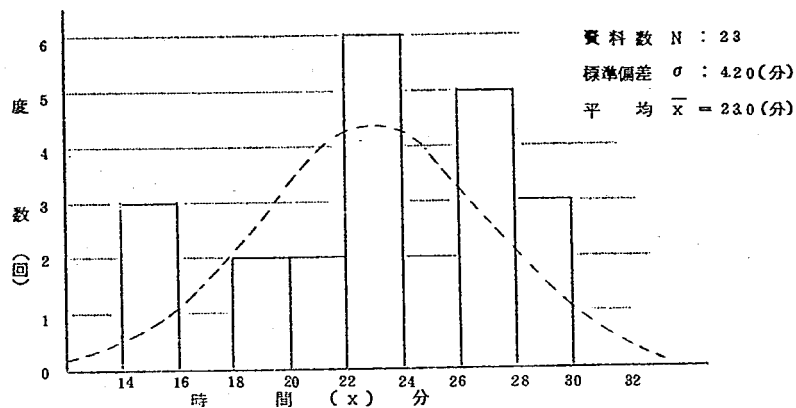


図-4 (b) エアリフトドリル縦足時間

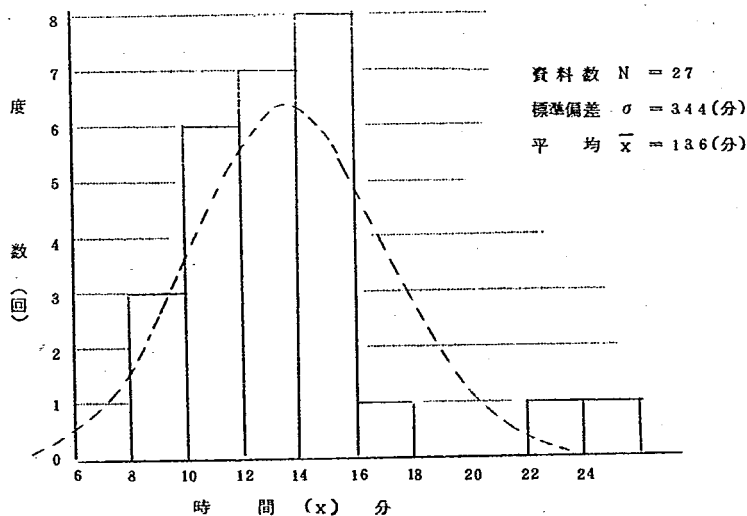


表-6 はその分散分析表である。

表 - 3

トルク (m·kg) \ 揚程 (m)	4	3	2
300 ~ 3995	81 (cm/min)	143 (cm/min)	146 (cm/min)
400 ~ 4995	96	120	172
500 ~ 5995	76	93	238
600 ~ 6995	86	111	139

表 - 4

変 動	自 由 度	F	F ₀ (5%)
列変動 $S_A = 11938$	$3 - 1 = 2$	$\frac{S_A/2}{S_2/6} = 15.79^*$	5.14
行変動 $S_B = 1677$	$4 - 1 = 3$	$\frac{S_B/2}{S_2/6} = 1.48^*$	4.76
余剰変動 $S_2 = 2267$	$(3-1)(4-1) = 6$		
全変動 $S = 15882$	$3 \times 4 - 1 = 11$		

表 - 5

空気量 (m³/min) \ 揚程 (m)	4	3	2
400 ~ 4495	650 (m/min)	574 (m/min)	717 (m/min)
450 ~ 4995	680	637	597
500 ~ 5495	846	807	503
550 ~ 5995	636	703	726
600 ~ 6495	652	757	622

表 - 6

変 動	自 由 度	F	F ₀ (5%)
列変動 $S_A = 9011$	$3 - 1 = 2$	$\frac{S_A/2}{S_2/4} = 0.423^*$	4.46
行変動 $S_B = 17468$	$5 - 1 = 4$	$\frac{S_B/4}{S_2/8} = 0.421^*$	3.84
余剰変動 $S_2 = 85438$	$(3-1)(5-1) = 8$		
全変動 $S = 112417$	$3 \times 5 - 1 = 14$		

サクシヨンドリルにおいて、表-8より一様性の仮説は危険率5%で列変動(揚程)は棄却され行変動(掘削トルク)は棄却出来ないという結果が出た。すなわちサクシヨンドリルにおいては掘削トルクには余力があるが揚程が影響するサクシヨンプの能力が掘進速度を決定する要因となっているものと解釈することが出来る。

一方、エアリフトドリルにおいて、表-5より列変動(揚程)行変動(空気量)は共に一様性の仮説を棄却することが出来ない。

また図-5に掘進速度と揚水量の関係を示すが無相関(相関係数 $r=0.0495$)であってエアリフトポンプそのものは殆んど掘進速度に影響していない。

エアリフトドリルにおいては掘削トルクを測定していないので、掘削トルクに最も相関の強いビット荷重と掘進速度との関係をみると図-6にみる様に相関係数 $r=0.305$ となり、危険率5%で相関があると考えることが出来る。

実際に、作業時における運転操作として、三翼ビットによるネジ切り作用を防ぐ様に運転者がビット荷重を加減する方法で送りを調整して施工したものである。

(4) 深度と空気量および空気圧の関係

図-7、図-8に示すように、深度が増にしたがって空気圧は上昇し、吐出空気量は減少している。回帰線よりその割合は、空気圧は深度10m増す毎に約 0.3 kg/cm^2 上昇し、空気量は10mにつき約 $0.8\text{ m}^3/\text{min}$ の減少率を示している。

(5) 揚砂量

掘進速度から算出した値で拡孔率などに問題があるが、一応の目安として図-9、図-10にサクシヨンドリルおよびエアリフトドリルの揚砂量のヒストグラムを示す。図より、サクシヨンドリルの平均揚砂量は、 $0.235\text{ m}^3/\text{min}$ 、エアリフトドリルの平均揚砂量は 0.200 で、揚管径200mmのサクシヨンドリルと、150mmのエアリフトドリルで揚砂量においてあまり差が出ていない。

図-5 エアリフトドリル掘進速度一揚水量

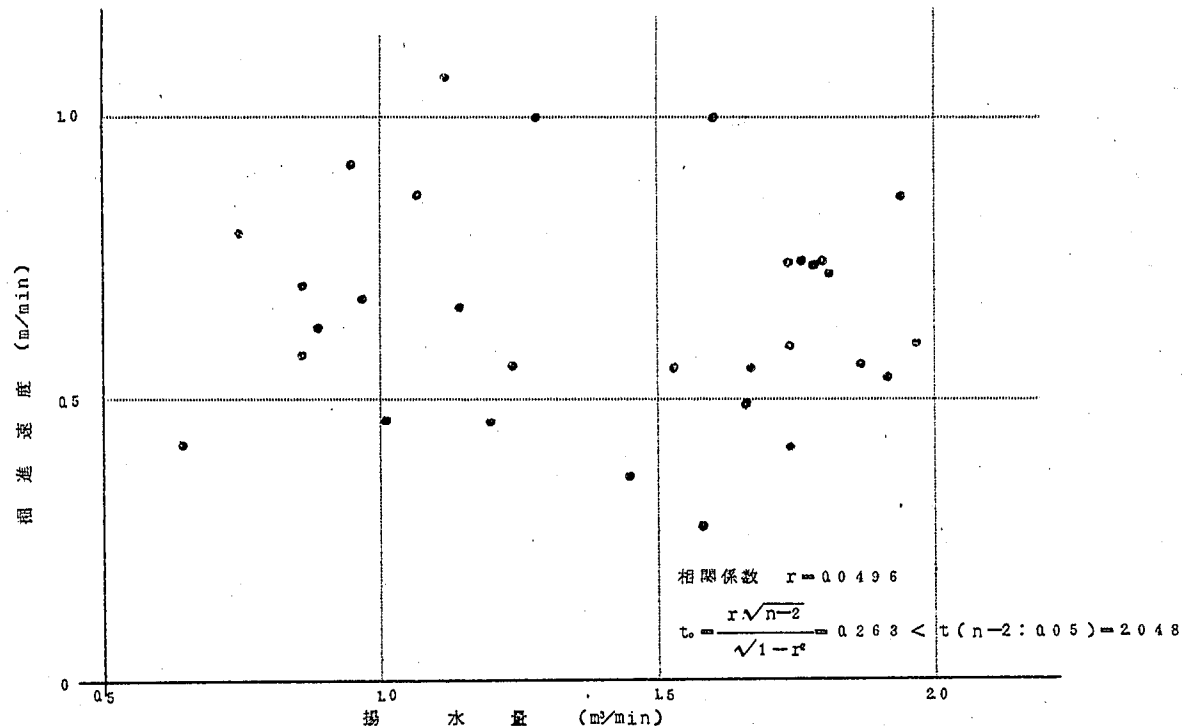


図-6 サクシポンプ掘進速度-ビット荷重

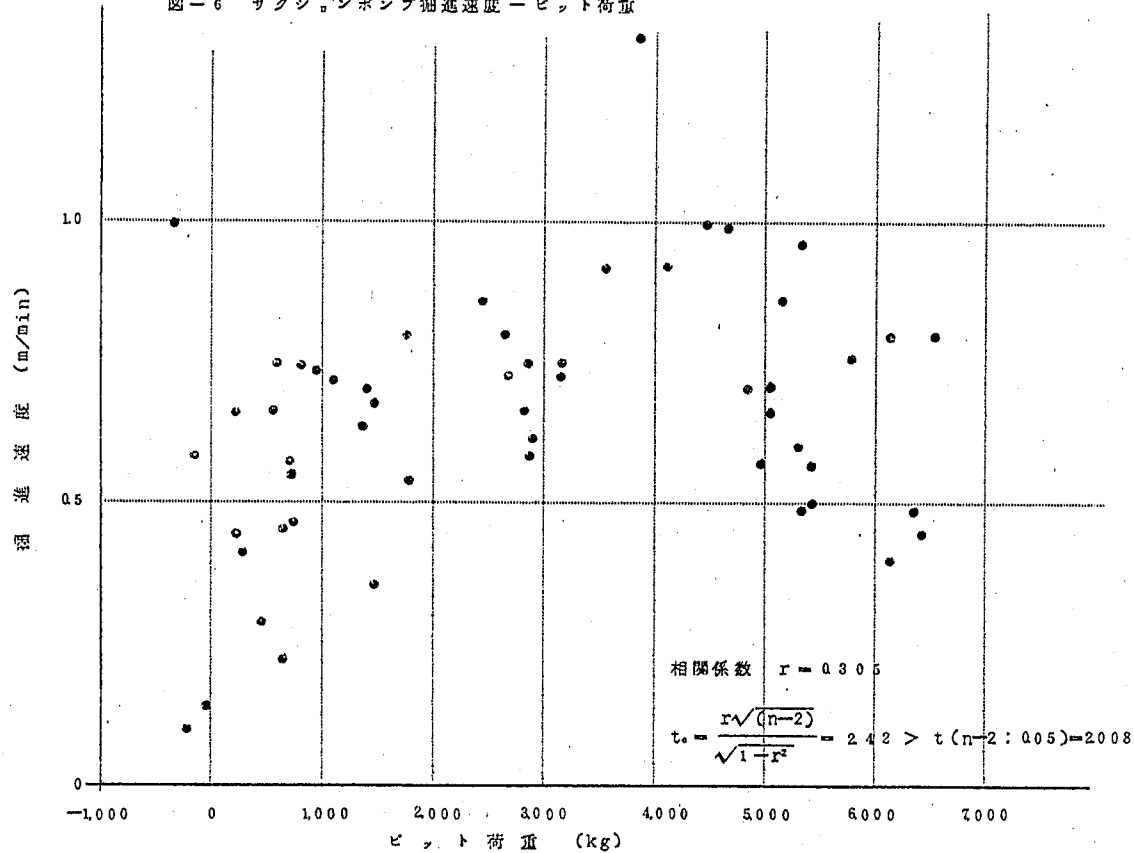
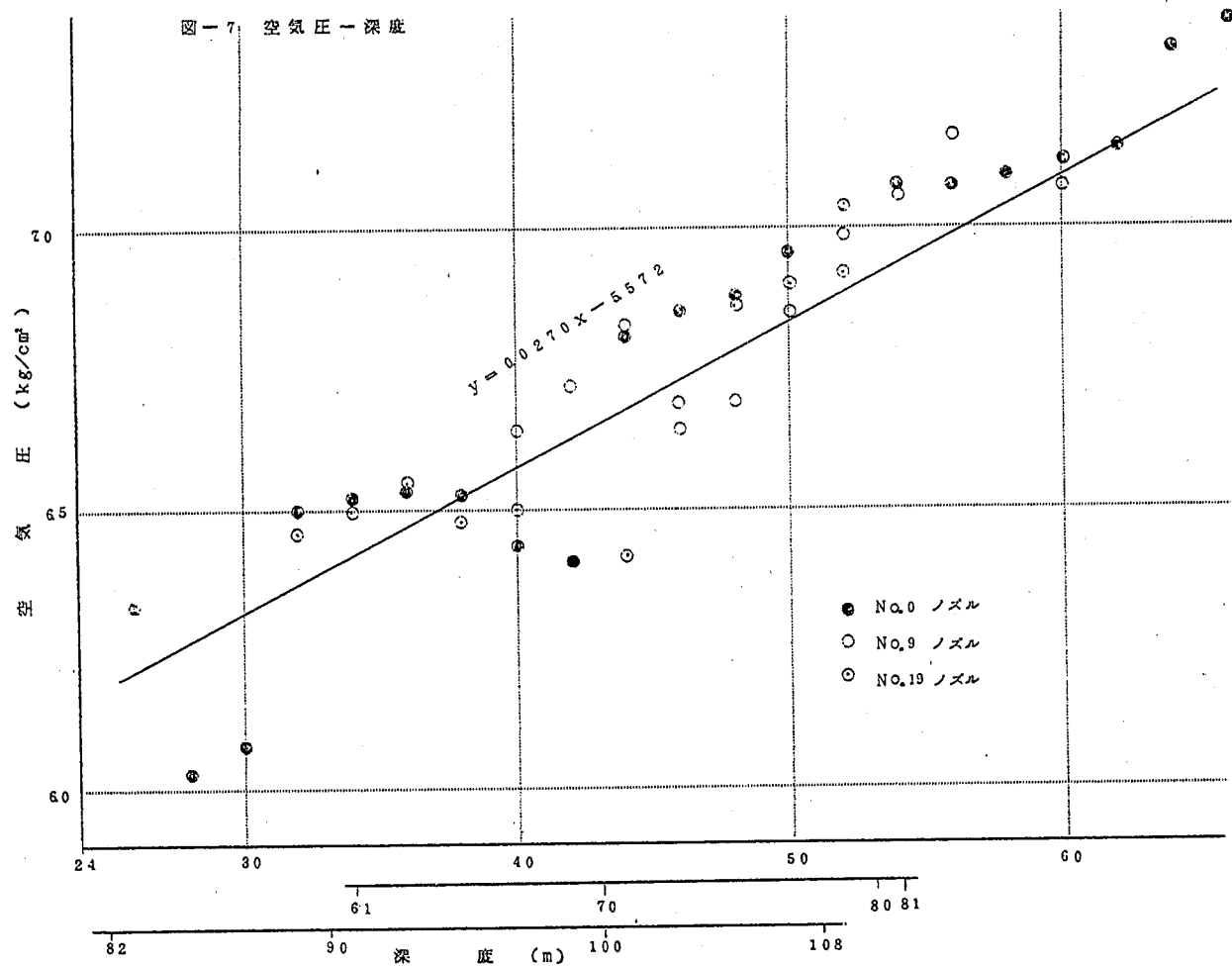


図-7 空気圧-深度



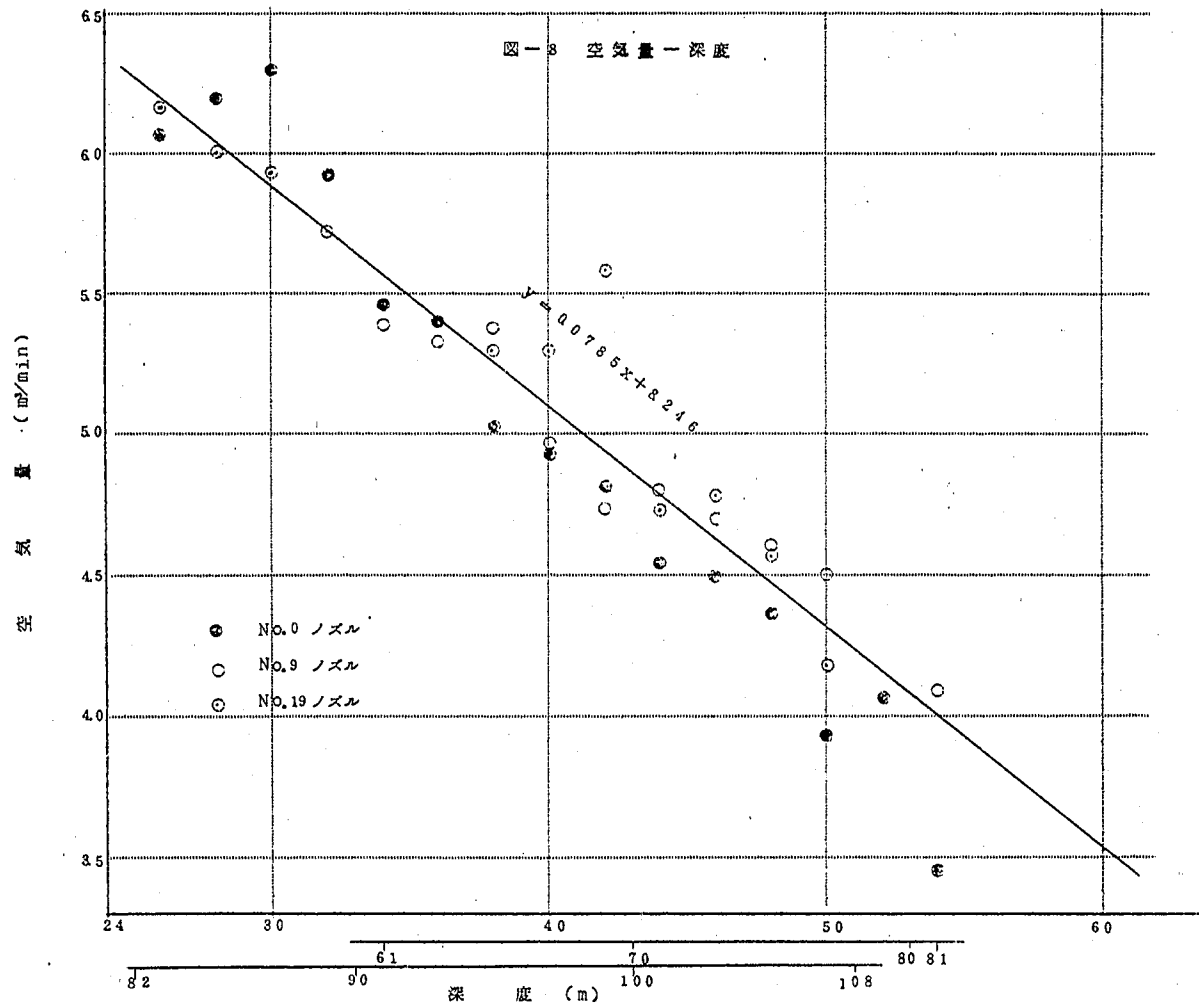


図-9 サクシヨンドリル揚砂量

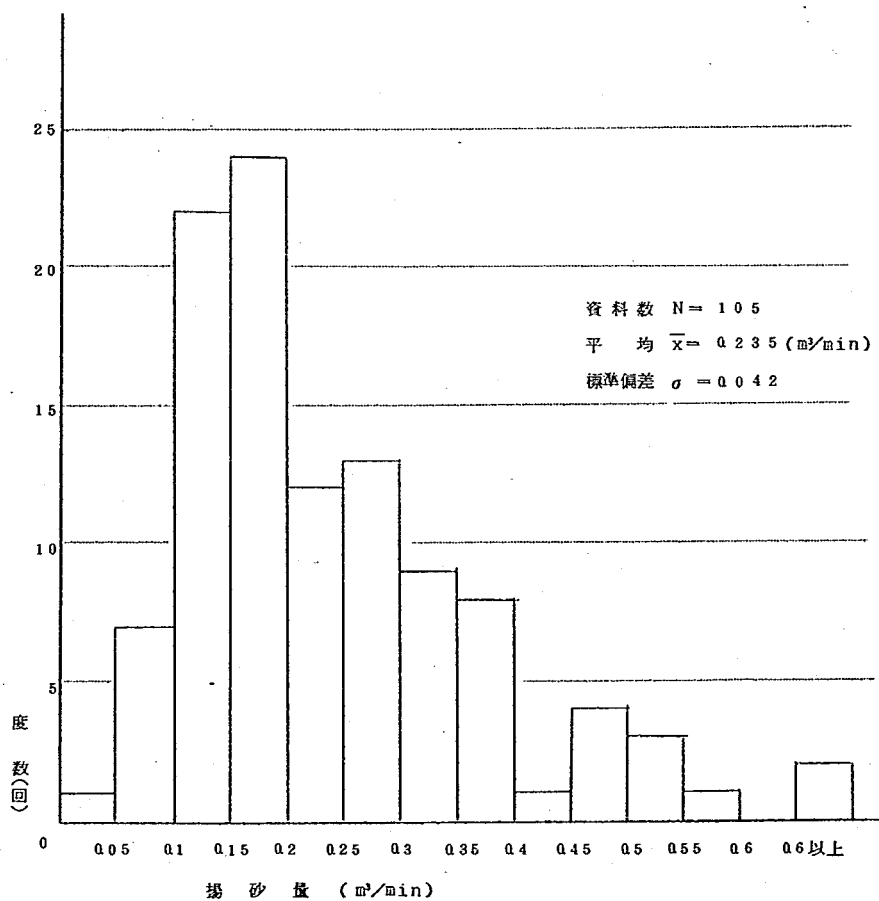


図-10 エブリフトドリル揚砂量

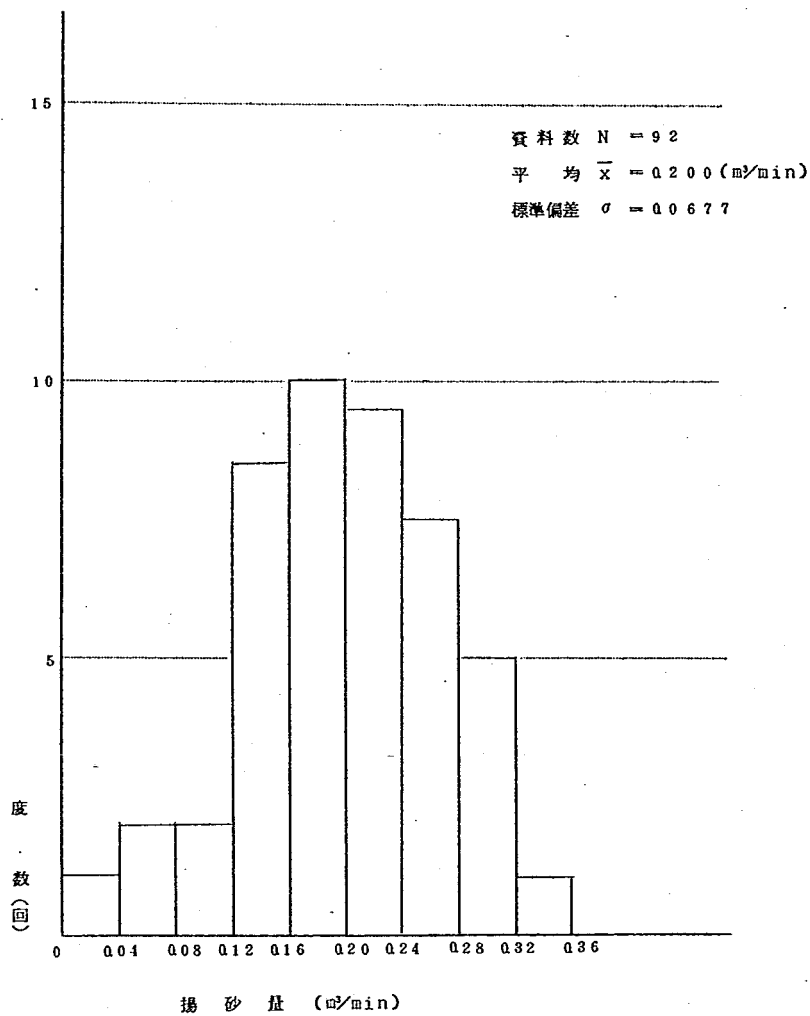
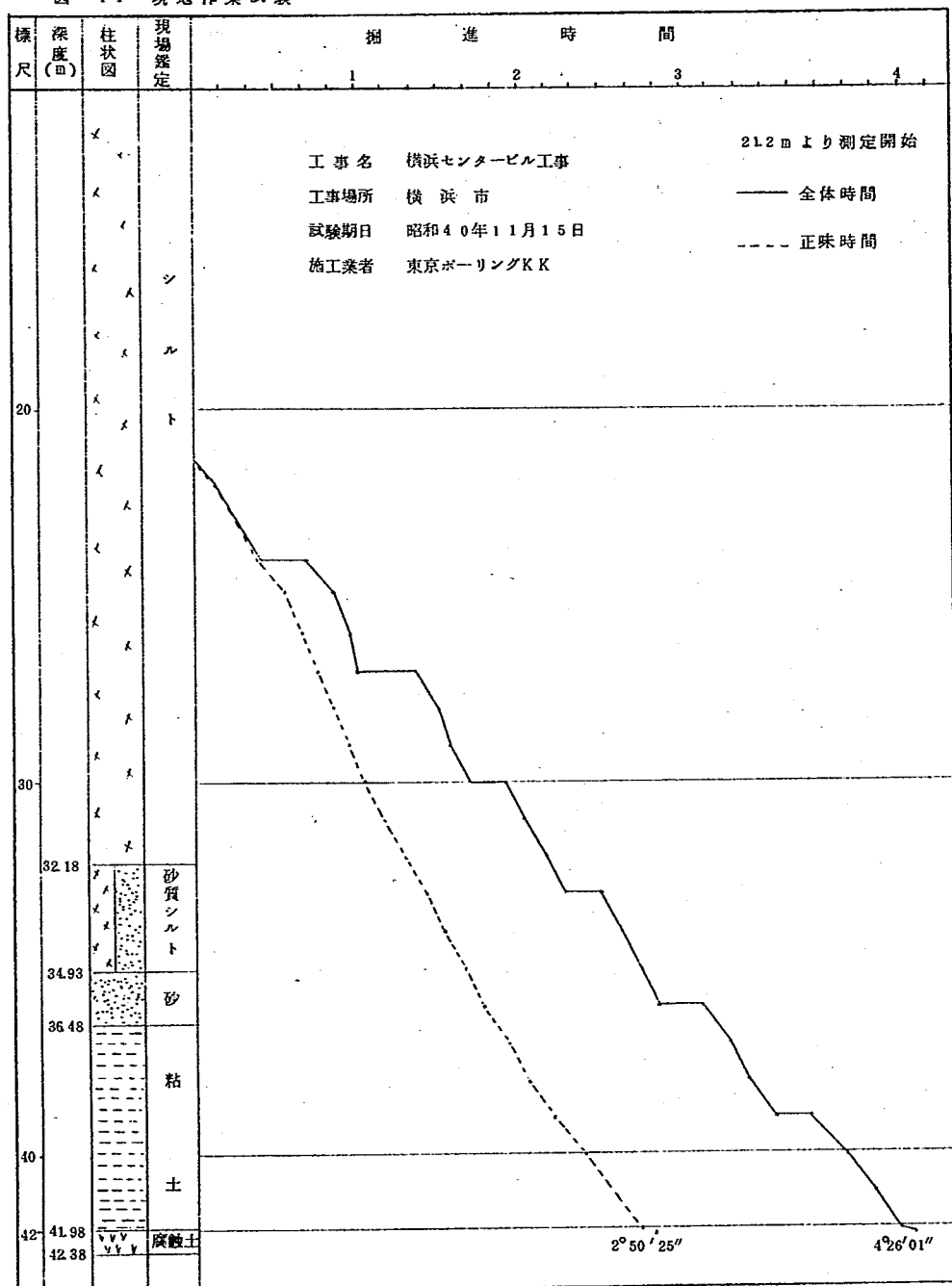


図-11 現地作業試験



あ　と　が　き

以上昭和40年度中に建設省土木研究所で行なった2種類のリバースサーキュレーション・ンドリルの試験結果について報告したが、この種の性能試験としては初めてのことで測定方法に多くの問題があり、本報告中の諸数値についても必ずしも当を得ていないものもあると考えられるが、何らかの参考になれば幸いである。

おわりに、これらの試験を実施するに当って種々御援助頂いた株式会社加藤製作所はじめ、関係者各位に厚く感謝致すものである。

試 験 仕 様 書

(1) サクシヨンドリル

本 体

形 式	加藤 50TH 型
重 量	35000kg
機関出力	130PS/1400rpm 2台

ポンプユニット

揚 程	15m
揚水量	350m ³ /h
削孔径	1500mm
削孔深度	103m
揚管径	200mm
ビット形式	ユンボ型

(2) エアリフトドリル

本 体

形 式	加藤 20HRB
重 量	27000kg
機関出力	655PS/1500rpm
	765PS/1800rpm (油圧ポンプ駆動用)

空気圧縮機

圧 力	7kg/cm ²
空気量	7m ³ /min
削孔径	600mm
削孔深度	108m