



土 木 研 究 所 資 料

第 686 号

ビット試験機によるロータリビットの削孔試験

昭和 46 年 5 月

建設省土木研究所

土木研究所資料 第六八六号

ビット試験機によるロータリビットの削孔試験

昭和四十六年五月

建設省土木研究所

ビット試験機によるロータリビットの削孔試験

機械研究室 田 中 康 之

千 田 昌 平

笠 井 哲 夫

目 次

要 旨

1. ま え が き	1
2. 試 験 条 件	2
3. 計 測 項 目	4
(1) ビット推力	4
(2) ビット回転速度	5
(3) 掘進速度	5
(4) 掘削トルク	5
(5) 掘削馬力	5
(6) 揚砂量	5
(7) 揚水量	5
(8) 含砂率	6
(9) 試 料	6
4. 試験の実施と結果	7
4.1 試験の工程	7
4.2 試験の実施	7
4.3 試験の結果	7
5. 考 察	2 3
5.1 ローラ型ビットの傾向	2 3
(1) ビット推力と掘削トルク	2 3
(2) ビット推力と掘進速度	2 4

(3) 掘削能率	2 7
(4) ビット推力と掘削能率	3 1
5.2 バイト型ドラグビットの傾向	3 1
(1) ビット推力と掘削トルク	3 1
(2) ビット推力と掘進速度	3 2
(3) 掘削能率	3 4
(4) ビット推力と掘削能率	3 5
6. ま と め	3 6
あ と が き	3 7

要 旨

基礎掘削に当って、ロータリ方式（リバース工法）による各種ビット，ここではローラ型ビット，及びバイト型ドラグビットの削孔の適応性について調査，検討した結果，掘削口径が，760～840 mm ϕ で軟岩（ここでは被掘削材強度 σ_c ：200 Kg/cm² 前後の一軸圧縮強度まで）を掘削する場合には，ローラ型ビットに比して，バイト型ドラグビットの方がはるかに掘削能率がよい結果が得られることが判明した。

1. ま え が き

最近の長大橋や超高層ビルなど大型の構造物が激増しているおり、これに伴う基礎の施工においても大型化、高深度と大口径化（例えば、本州四国連絡架橋において7 m ϕ ～10 m ϕ というように）を要求するようになってきている。そしてこの大口径化はさらに硬い地層の掘削が望まれてきている。

これらの施工条件を考慮してロータリ方式による岩掘削の削孔性に関し、現用機の有効適切な作業条件を見出すための試験調査と、ビット施工条件との掘進能率を得るために、これまで当機械研究室においてはビット試験機で、人工岩を使用して、掘削実験を実施してきた。ここでビット試験機によるこれまでの掘削実験経過を示すと次のように要約できる。

41年度

大口径削孔機械用ビットとして、レーキツース型ビット（3翼ビット）、ドラッグビット、ローラ型ビットがあげられる。これらの適用性は明らかでなく各種ビットのドリラビリティを調べるため擬似岩をテストピースとするビット試験機⁽¹⁾を試作した。又基礎掘削機械として削孔試験機（名称：RCドリル試験機）を試作した。本機は大口径化ビット型式による適用性、削孔工法などをしらべるためのものである。

42年度

41年度試作の基礎掘削機用湿式ビット試験機を用いローラ型ビット（軟岩用）についてモルタルを被削材として削孔試験を行った。

掘削口径：760 mm ϕ モルタル一軸圧縮強度：60 Kg/cm²

パイロット型ドラッグビットの試作を行った。

大口径ビットとして最大口径3 mの段状レーキツース型ビットの設計、試作及び千葉支所構内において大口径削孔試験を行った。

ビットとして

段状ビット口径：1000 ϕ ，3000 ϕ （集土板付）

三翼ビット口径：1200 ϕ 加藤製作所

ローラ型ビット口径：1100 ϕ ゼーディング

43年度

各種ビットについて削孔試験のできるビット試験機を完成した。

4 2 年度の実験結果⁽²⁾の検討

ロータリ方式による大口径削孔機械の適応性について調査：4 1 年度に試作した R C ドリル試験機を用いて現地掘削試験実施（岡山県倉敷市児島 6 - 5 建設省実験場）

4 4 年度

4 3 年度実施の現地掘削実験結果⁽³⁾の検討。

現地掘削実験とビット試験機の掘削実験結果⁽⁴⁾の比較検討

ビット試験機により被掘削材（モルタル）の強度（主に一軸圧縮強度）を変え、又大谷石について、ローラ型ビットとバイト型ドラッグビットについて掘削実験を実施した。

4 5 年度

多軸式のビットをもつ掘削機である無拘束ボーリング機械⁽⁵⁾（受託試験）の実験及び結果の検討（3 カッタビットとバイト型カッタについて掘削実験を行った）

掘削口径 1 0 m ϕ にアプローチするワン・ステップとして、2.5 m ϕ の大口径掘削機⁽⁶⁾を開発した。

ビット試験機による削孔試験で被掘削材（2 種類のモルタル）の強度がほぼ同一の条件になるよう試料を製作し、ローラ型ビット・バイト型ドラッグビットについて掘削実験を実施して、主に掘削能率に関して検討を行ってきた。

この報告書はローラ型ビットについては高い強度（一軸圧縮強度約 2 0 0 Kg/cm²）をもつ岩に対する実験と、軟い岩に優れた掘進能率を示す（過去の実験結果から）バイト型ドラッグビットについて、ほぼ同じ条件で掘削の適応性をしらべるため、これまでの調査と合せ各作業条件のうち主として被掘削材の圧縮強度と馬力時間当掘削量、ビット推力と掘削トルク、掘進速度とビット回転速度、及びビット推力の関係について比較及び検討してきたものをまとめたものである。

2. 試 験 条 件

試験は土木研究所千葉支所機械研究室の所有するビット試験機を用い、二種類のビットで人工岩（モルタル）について削孔試験を行った。表 - 1 にビット試験機仕様を示す。

試験に使用したビットの仕様は次の通りである。

表-1 ビット試験機仕様一覧表

高圧掘削用削孔試験機	
型 式	屋式系高圧掘削機用土研型
最大ビット径	1,500 mmφ
削孔深度	2,000 mm
ビット推力	20,000 kg(油圧式)
クレーン内径	100 mmφ
ビット回転トルク	2,000 kg-m
ビット回転数範囲	0-50 rpm
回転駆動機	油圧モータ型式 川崎重工 B X 732
試 料	原石、ソイルメント、コンクリート等
掘削土砂の排出	ポンプチャレオン方式
チャレオンポンプ	80φ 100mm ソラッドポンプ 排水量 12m ³ /min/800rpm/12m
給水ポンプ	160φ S Z 型斜流渦巻ポンプ
	排水量 3 m ³ /min/1750rpm/9m

油圧ポンプパワーユニット	
寸 法	全長×全高×全幅 3m×1.5m×1.5m
原 動 機	型式 イスズ DA640-ITPディーゼルエンジン
運転定格	103PS/1700rpm
油圧ポンプ(レタリング用)型式	内田油圧 GH ₂ -25-25
	二連型ダイヤポンプ最高吐出圧 140kg/cm ²

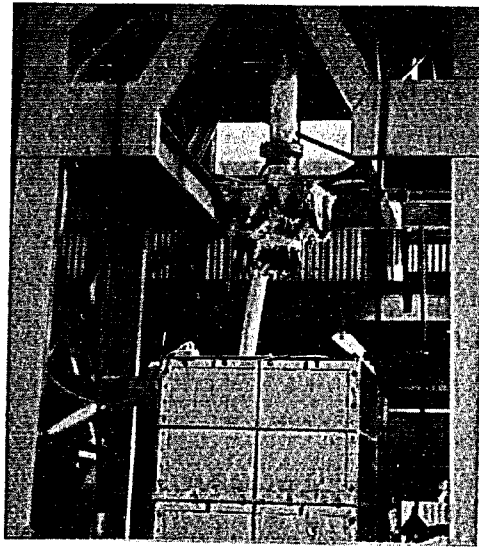


写真-1 ローラ型ビット

(A) ローラ型ビット(軟岩用)掘削口径:760mmφ; 本試験に用いたローラビットは歯形カッター(Tooth type cutter)を有している軟岩用ビットである。このカッターは硬岩用に比べ歯が荒く歯の高さも高くなっている。ローラ型ビットを写真-1に示す。

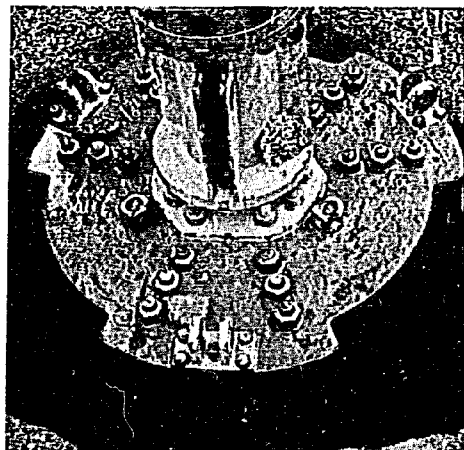


写真-2 バイト型ドラグビット

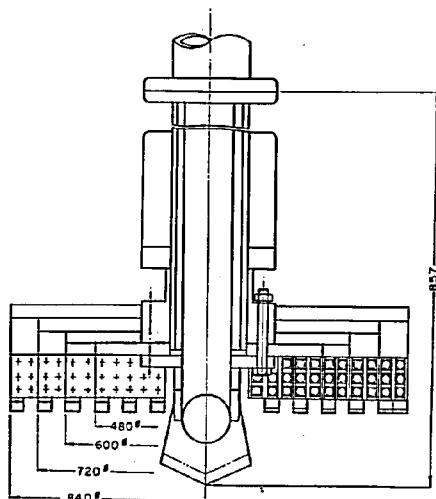


図-1 バイト型ドラグビット

(B) バイト型ドラグビット

(タングステンカーバイト

鋼チップ付), 掘削口径:

840mmφ; このバイト

型ドラグビットは当所にお

いて試験用として口径可変

型に製作したものである。

バイト型ドラグビットを写

真-2, 図-1に示す。

表-2 試験条件一覧表

NO.	施工年月	ビット種類	ビット口径	施工機種	試験場所	岩 質	平均一軸圧縮強度
42-1	42	ローラビット	760mm	ビット試験機	県内実験室	人工モルタル	60 Kg/cm ²
43-1	43. 9	"	1000	RCF型試験機	足 島 市	風化花崗岩	100
43-2	43. 9	バイトビット	840	"	"	"	"
44-1	44. 7	ローラビット (840mm口径)	760 (840)	ビット試験機	県内実験室	人工モルタル	125
44-2	44.12	"	"	"	"	"	190
44-3	45. 1	"	"	"	"	大 谷 石	40
44-4	45. 2	バイトビット	840	"	"	"	30
T45-1	45. 4	3ローラビット ³	712	"	"	人工モルタル	85
T45-2	45. 6	"	"	"	"	"	130
T45-3	45. 7	"	"	"	"	"	145
45-4	45. 8	ローラビット	760	"	"	"	216
45-5	46. 1	バイトビット	840	"	"	"	213

尚, これまでに実施してきた試験条件一覧表を表-2に示す。

3. 計 測 項 目

試験に当って計測した項目ならびに測定方法は次の通りである。

(1) ビット推力 (W Kg)

ワイヤストレーンゲージ式の荷重変換器 (10t×2) が架台と掘進シリンダーの

間に取り付けられている。計測値は測定室の記録計（ペン書きオシログラフ）に記録される。ここで全吊荷重 W_x 、 W_y は次のように示される。

$$W_x = 2333 \text{ Kg} \quad (\text{ローラ型}) \quad (\text{バイト型}) \quad W_y = 2333 \text{ Kg}$$

(2) ビット回転速度 (n r.p.m.)

ロータリ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テーブル1回転毎に発信するパルスを記録計に自記させて計測する。

(3) 掘進速度 (R m/hr)

掘進シリンダーガイドにスチール製巻尺を貼付して、シリンダーにとりつけた指針により掘進量をよむ。指針が 0.5 cm, 1 cm 又は 2 cm 目盛を通過するごとに測定員がマイクロスイッチを押してパルスをだし記録計に記録する。単位時間当りのパルスの数から掘進速度を計算する。

(4) 掘削トルク (T Kg-m)

油圧モータとロータリ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 (T_b) とロータリテーブルの減速比 (r) の積、次式で求められる。

$$\text{掘削トルク, } T = T_b \times r \quad (1)$$

$$\text{ここに } r = 28.28$$

(5) 掘削馬力 (NPS)

掘削トルク (T Kg-m) とビット回転速度 (n r.p.m.) より次式で求められる。

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

(6) 揚砂量 ($S \text{ m}^3/\text{min}$)

揚砂量は直接計測は困難であり、平均的な値として、掘進速度から計算する。即ち

$$S = \frac{A \times R}{60} \quad (3)$$

$$\text{ここに, } A: \text{掘削断面積 (ローラ型ビットの場合 } 0.4534 \text{ m}^2, \text{ バイト型ドラッグビットの場合 } 0.5539 \text{ m}^2)$$

$$R: \text{掘進速度 (m/hr)}$$

(7) 揚水量 ($L \text{ m}^3/\text{min}$)

ポンプで吸引されたズリを含む泥水は主沈殿池で沈砂され鋼製の計量水槽に流入す

る。この水情の流出部に設けられた全幅セキ（幅 60 cm × 高さ 20 cm）で流水量が計測される。セキの水位差はワイヤストレーンゲージ式微圧計で計測し、ペン書きオシログラフに記録される。その読みから換算表を用いて揚水量（ $L_w \text{ m}^3/\text{min}$ ）が求められる。この L_w は沈砂後の値であるから全揚水量（ $L \text{ m}^3/\text{min}$ ）は、

$$L = L_w + S \quad (4)$$

で求められる。ここに

S : 揚砂量（ m^3/min ） (3)式参照

(8) 含砂率（ i %）

含砂率は重量比で求められるので

$$i = \frac{Sr}{L_w r_0 + Sr} \times 100 \quad (\%) \quad (5)$$

で求められる。ここに

r : 試料の単位体積重量（ここでは $2700 \text{ Kg}/\text{m}^3$ と仮定した）

r_0 : 水の単位体積重量（ここでは $1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$ とした）

(9) 試料

試料には次の条件の人工岩（モルタル）を用いた。

試料番号 45-4 45-5

打設日時 45年7月30日 45年10月8日

配合比 1 : 1 1 : 1

（セメント 1800Kg : 砂 1956Kg : 水 564Kg : 含水比 40%）

養生 水中 水中

セメント 普通ポルトランドセメント 早強セメント

これらの試料については

表-3のような強度試験を実施した。

表-3 試料の物理試験結果一覧表

モルタル	試験法	測定数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	弾性係数	じん性	比重	備考
NO. 45-4	一軸圧縮強さ	15	350Kg/cm ²	143	216.4	4772	10.9	紙	(27)	実数係数 25.9%
	引張強さ	15	34Kg/cm ²	8	19.6	—				
	ショア硬度	10	33.4	11.9	18.4	—				
	スーパース試験	15	4	3	3.3	—				
NO. 45-5	一軸圧縮強さ	14	295.9	114.7	213	54.67	5.9	紙	(27)	実数係数 22.4%
	引張強さ	12	46.8	22.6	35.75	—				
	ショア硬度	8	39.9	30.9	34.7	—				
	スーパース試験	2	3	3	3	—				

注（ ）内数値 kg/cm^2 は仮定値である

4. 試験の実施と結果

4.1 試験の工程

表-4の工程でローラ型ビット、
バイト型ドラッグビットの掘削実験
を実施した。

表-4 ローラ型ビット及びバイト型
ドラッグビット試験工程表

4.2 試験の実施

試験は主にビット回転速度を一
定にし、ビット推力を変えて所要
トルク、掘進速度等を計測した。
ローラ型ビットのビット推力の範
囲は2,500Kg~20,000Kgで
約2,000Kg~2,500Kgおきに
推力を変化させた。低回転(3~
5 r.p.m.)から高回転(35 r.p.m.)
まで試験機の最大推力(20 t)
をかけることができた。

ローラ型ビット					バイト型ドラッグビット				
年月日	曜日	天候	内 容		年月日	曜日	天候	内 容	
4.5. 7.30	土	晴	試験機人工研(モデル) 製作						
8.25	大	晴	ビット試験準備 ローラ型ビットの取付 サクションホースの取付 ビット試験準備完了 その他						
8.26	水	晴	同上(水曜日)を行う						
8.27	木	晴	同上(水曜日)を行う						
9. 1	大	晴	同上(水曜日)を行う 10周年記念 大会開催 午後 所内公開実験						
9. 2	水	晴	掘削実験 (速度約30m/min)						
9.14	月	晴	掘削実験 (速度約110m/min)						
9.17	木	晴	試料(モデル)の 掘削試験 (コア採取機使用)						
10. 6	大	晴	コア採取						
10. 7	水	晴	コア採取						
10.23	金	晴	試料(モデル)の 掘削試験	8.10. 8	水	晴	試験機人工研(モデル) 製作		
10.26	月	晴	掘削試験-物理試 験	10.27	火	晴	ビット試験準備 ローラ型ビットとバイト 型ドラッグビットの取付		
				4.6. 2. 2	大	晴	掘削実験 (速度約70m/min)		
				2.18	木	晴	掘削実験 (速度約110m/min)		
				4.24	土	晴	コア採取		
				4.26	月	晴	試料(モデル)の掘 削試験		
				5. 4	火	晴			

バイト型ドラッグビットのビット推力の範囲は被掘削材の圧縮強度により異なってくるが試料番号45-5で、ビット推力の範囲は1,000Kg~8,500Kgで約1,000Kg~1,500Kgおきに推力を変化させた。バイト型ドラッグビットの場合はローラ型ビットに比較して試料の強度により最大推力が左右され硬岩になるにつれ、喰込深さが小さくなってくるため推力の増加が期待できる。NO45-5 実験では推力をこれまでの実験に比べ少し大きめの8,000Kg迄かけることができた。

4.3 試験の結果

試験結果を表-5に示す。

表 - 5 試験結果一覧表

試験項目	NO 試験番号 単位	6	7	8	9	10	11	12
		459-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	2,333	10,000	12,666	15,333	17,666	20,533	2,333
テーブル回転速度 n	rpm	12.7	11.9	11.8	12.6	12.2	12.0	20.4
掘削トルク T	Kg-m	75.8	303.4	445.6	549.8	654.1	824.8	132.7
掘進速度 R	m/hr	0.26	0.71	0.71	0.71	0.76	1.00	1.23
掘削馬力 N	PS	1.3	5.1	7.3	9.7	11.1	13.8	3.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	30.7	131.5	166.6	201.7	232.4	70.2	30.7
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0337	0.0993	0.1000	0.1006	0.1364	0.1708	0.0053
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	3.83	33.93	48.38	64.45	79.71	13.23	3.83
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0907	0.0638	0.0438	0.0357	0.0406	0.0405	0.0078
揚水量 L	m ³ /min							
揚砂量 S	m ³ /min							
含砂率 i	%							
掘削岩	人工モルタル							
摘要								

試験項目	NO 試験 番号 単位	13	14	15	16	17	18	19
		459-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19
ビットの種類		ローラ型 ビット	〃	〃	〃	〃	〃	〃
口 径 D	mm	760	〃	〃	〃	〃	〃	〃
ビット推力 W	Kg	5,533	8,933	12,734	15,800	19,733	22,866	2,666
テーブル回転速度 n	rpm	20.0	19.4	20.0	19.4	19.3	19.0	4.6
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	199.1	322.3	416.6	521.4	730.0	929.1	47.4
掘 進 速 度 R	m/hr	0.39	0.65	1.20	1.06	1.93	2.25	0.005
掘 削 馬 力 N	PS	5.5	8.7	11.9	14.1	19.7	24.6	0.3
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	72.8	117.5	167.5	207.8	257.6	300.8	35.1
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0326	0.0560	0.1000	0.0909	0.1667	0.1973	0.0018
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	13.97	28.66	48.77	67.39	93.03	117.39	4.68
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0319	0.0339	0.0457	0.0339	0.0445	0.0041	0.0078
揚 水 量 L	m ³ /min							
揚 砂 量 S	m ³ /min							
含 砂 率 i	%							
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	20	21	22	23	24	25	26
		459-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	5,266	7,133	9,000	11,000	12,733	14,400	15,466
テーブル回転速度 n	rpm	5.7	5.6	5.5	5.4	5.2	5.0	5.0
掘削トルク T	Kg-m	151.7	199.1	246.5	341.3	388.7	492.9	540.4
掘進速度 R	m/hr	0.086	0.12	0.16	0.21	0.31	0.31	0.30
掘削馬力 N	PS	1.2	1.6	1.9	2.6	2.8	3.4	3.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	69.3	93.8	118.4	144.7	167.5	189.5	203.5
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0250	0.0363	0.0493	0.0667	0.1001	0.1025	0.1000
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	12.98	20.44	28.98	39.16	48.66	58.69	65.32
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0328	0.0357	0.0390	0.0381	0.0503	0.0405	0.0361
揚水量 L	m ³ /min							
揚砂量 S	m ³ /min							
含砂率 i	%							
掘削岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	27	28	29	30	31	32	33
		459-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	20,266	2,666	3,939	5,666	7,000	8,600	10,066
テーブル回転速度 n	rpm	4.5	14.7	14.4	14.0	14.8	14.7	15.0
掘削トルク T	Kg-m	828.4	85.3	123.2	151.7	199.1	255.9	293.9
掘進速度 R	m/hr	0.53	0.05	0.11	0.24	0.33	0.49	0.60
掘削馬力 N	PS	5.2	1.7	2.5	2.9	4.1	5.2	6.1
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	266.6	35.1	51.7	74.5	92.1	113.2	132.5
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.1938	0.0058	0.0125	0.0285	0.0377	0.0563	0.0666
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	97.94	4.68	8.36	14.46	19.89	27.09	34.32
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0456	0.0134	0.0198	0.0198	0.0369	0.0429	0.0440
揚水量 L	m ³ /min							
揚砂量 S	m ³ /min							
含砂率 i	%							
掘削岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	34	35	36	37	38	39	40
		459-34	-35	-36	-37	-38	-39	-40
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	11,933	14,133	15,333	17,266	19,400	2,666	3,600
テーブル回転速度 n	rpm	14.0	15.4	15.0	15.0	15.0	24.0	24.4
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	398.2	474.0	492.9	587.8	730.0	1043	123.4
掘 進 速 度 R	m/hr	0.67	1.03	1.20	1.44	1.80	0.13	0.19
掘 削 馬 力 N	PS	7.8	10.2	10.3	12.3	5.3	3.5	4.2
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	157.0	185.9	201.7	227.1	255.3	35.1	47.4
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0714	0.1111	0.1333	0.1600	0.2000	0.0089	0.0129
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	44.26	57.03	64.45	77.00	91.78	4.68	7.34
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0349	0.0457	0.0527	0.0530	0.0516	0.0167	0.0204
揚 水 量 L	m ³ /min							
揚 砂 量 S	m ³ /min							
含 砂 率 i	%							
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験 番号 単位	41	42	43	44	45	46	47
		459-41	-42	-43	-44	-45	-46	-47
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	4,666	6,000	7,666	9,266	11,133	13,533	15,533
テーブル回転速度 n	rpm	24.0	24.8	24.5	24.6	24.4	24.8	24.5
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	161.2	208.6	255.9	303.4	360.3	436.1	549.9
掘 進 速 度 R	m/hr	0.30	0.46	0.88	1.11	1.39	1.92	2.88
掘 削 馬 力 N	PS	5.4	7.2	8.7	10.4	12.3	15.1	18.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	61.4	78.9	100.8	121.9	146.5	178.1	234.4
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0210	0.0312	0.0600	0.0750	0.0952	0.1290	0.1961
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	10.83	15.77	22.77	30.28	39.89	53.48	80.74
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0254	0.0292	0.0457	0.0482	0.0515	0.0576	0.0695
揚 水 量 L	m ³ /min							
揚 砂 量 S	m ³ /min							
含 砂 率 i	%							
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	48	49	50	51	52	53	54
		459-48	-49	-50	-51	-52	-53	-54
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	17,933	20,000	2,666	3,866	5,600	7,000	8,733
テーブル回転速度 n	rpm	24.0	24.0	29.4	29.1	28.7	29.8	29.8
掘削トルク T	Kg-m	692.1	786.9	113.8	132.3	161.2	218.1	265.5
掘進速度 R	m/hr	230	2.88	0.15	0.30	0.58	0.96	1.32
掘削馬力 N	PS	23.2	26.4	4.7	5.4	6.5	9.1	11.0
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	235.9	263.2	35.1	50.9	73.7	92.1	114.9
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.1600	0.2000	0.0087	0.0173	0.0335	0.0539	0.0736
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	815.2	96.07	4.67	8.17	14.23	19.89	27.71
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0450	0.0495	0.0092	0.0256	0.0405	0.0482	0.0541
揚水量 L	m ³ /min							
揚砂量 S	m ³ /min							
含砂率 i	%							
掘削岩	人工モルタル							
摘要								

試験項目	NO 試験 番号 単位	55	56	57	58	59	60	61
		459-55	-56	-57	-58	-59	-60	-61
ビットの種類		ローラ型 ビット	〃	〃	〃	〃	〃	〃
口 径 D	mm	760	〃	〃	〃	〃	〃	〃
ビット推力 W	Kg	10,466	12,533	14,133	15,666	18,133	2,466	4,866
テーブル回転速度 n	rpm	30.0	29.4	29.2	28.8	29.4	33.9	34.2
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	360.3	455.1	502.5	549.9	654.2	94.8	142.2
掘 進 速 度 R	m/hr	1.80	2.12	1.97	2.77	3.39	0.17	0.61
掘 削 馬 力 N	PS	15.9	18.7	20.5	22.1	26.9	4.5	6.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	137.7	164.9	186.9	206.1	238.6	32.4	64.0
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.1000	0.1600	0.1140	0.1600	0.1923	0.0326	0.0297
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	36.36	47.64	57.49	66.57	82.93	4.15	11.52
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0513	0.0514	0.0437	0.0567	0.0573	0.0168	0.0406
揚 水 量 L	m ³ /min							
揚 砂 量 S	m ³ /min							
含 砂 率 i	%							
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験 番号 単位	62	63	64	65	66	67	68
		459-62	-63	-64	-65	-66	-67	-68
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	7,333	9,800	12,266	14,333	16,800	18,266	2,400
テーブル回転速度 n	rpm	34.1	34.1	34.0	33.9	34.1	34.4	9.0
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	227.5	322.3	417.1	521.4	616.2	692.1	47.4
掘 進 速 度 R	m/hr	1.16	1.64	2.40	2.81	3.60	4.00	0.04
掘 削 馬 力 N	PS	10.8	15.3	19.8	24.7	29.4	33.3	0.6
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	96.4	128.9	161.4	188.6	221.1	240.4	31.6
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0567	0.0800	0.1176	0.1379	0.1759	0.1936	0.0076
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	21.30	32.93	46.14	58.28	73.97	83.86	3.99
馬力時間当掘削量	m/PS.h	0.0486	0.0484	0.0549	0.0516	0.0555	0.0545	0.0315
揚 水 量 L	m ³ /min							1.0003
揚 砂 量 S	m ³ /min							0.0003
含 砂 率 i	%							0.081
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験 番号 単位	69	70	71	72	73	74	75
		459-69	-70	-71	-72	-73	-74	-75
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	760	"	"	"	"	"	"
ビット推力 W	Kg	3,866	5,800	7,733	9,866	12,333	14,533	16,266
テーブル回転速度 n	rpm	8.7	8.6	8.3	7.9	7.7	8.2	7.8
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	85.3	180.1	237.0	331.8	436.1	383.5	625.7
掘 進 速 度 R	m/hr	0.069	0.13	0.17	0.25	0.39	0.49	0.53
掘 削 馬 力 N	PS	1.0	2.2	2.7	3.7	4.7	4.4	6.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	50.8	76.3	101.7	129.8	162.3	191.2	214.0
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.0133	0.0249	0.0350	0.0540	0.0845	0.1000	0.1144
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	8.15	14.99	23.08	33.27	46.52	59.48	70.43
馬力時間当掘削量	m ³ /PSh	0.0305	0.0270	0.0289	0.0317	0.0378	0.0508	0.0356
揚 水 量 L	m ³ /min	1.0005	1.0010	1.0013	1.0019	1.0030	1.0037	1.0040
揚 砂 量 S	m ³ /min	0.0005	0.001	0.0013	0.0019	0.003	0.0037	0.0040
含 砂 率 i	%	0.13	0.26	0.35	0.51	0.78	0.99	1.10
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	76	77	78	79	80		
		459-76	-77	-78	-79	-80		
ビットの種類		ローラ型 ビット	"	"	"	"		
口 径 D	mm	760	"	"	"	"		
ビット推力 W	Kg	17,666	20,200	11,600	13,866	17,333		
テーブル回転速度 n	rpm	7.7	8.0	2.9	2.8	2.8		
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	682.6	777.4	436.1	483.5	635.2		
掘 進 速 度 R	m/hr	0.63	0.80	0.14	0.17	0.20		
掘 削 馬 力 N	PS	7.3	8.7	1.7	1.9	2.5		
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	232.4	265.8	152.6	182.5	228.1		
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.1357	0.1667	0.0786	0.1001	0.1179		
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	79.71	97.50	42.41	55.47	77.51		
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0387	0.0419	0.0351	0.0403	0.0368		
揚 水 量 L	m ³ /min	1.0047	1.0060	1.0010	1.0012	1.0015		
揚 砂 量 S	m ³ /min	0.0047	0.0060	0.0010	0.0012	0.0015		
含 砂 率 i	%	1.25	1.59	0.27	0.32	0.40		
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	81	82	83	84	85	86	87
		461-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
ビットの種類		バイト型ドラッグビット	〃	〃	〃	〃	〃	〃
口径 D	mm	840	〃	〃	〃	〃	〃	〃
ビット推力 W	Kg	1,364	2,200	3,667	4,101	2,599	5,175	6,167
テーブル回転速度 n	rpm	9.1	9.6	9.0	6.8	7.0	5.8	6.0
掘削トルク T	Kg-m	288	482	677.6	687	533.4	839.3	982.4
掘進速度 R	m/hr	0.11	0.45	1.10	0.81	0.37	1.35	2.32
掘削馬力 N	PS	3.7	6.5	8.5	6.5	5.3	6.8	8.3
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	16.2	26.2	43.6	48.8	30.9	61.6	73.4
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.020	0.080	0.198	0.200	0.089	0.390	0.640
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	21.1	34.1	56.7	63.4	40.2	80.1	95.4
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0165	0.0384	0.0717	0.0693	0.0400	0.1099	0.1548
揚水量 L	m ³ /min							
揚砂量 S	m ³ /min							
含砂率 i	%							
掘削岩	人工モルタル							
摘要								

試験項目	NO 試験番号 単位	88	89	90	91	92	93	94
		462-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14
ビ ッ ト の 種 類		バイト型ドラグビット	"	"	"	"	"	"
口 径 D	mm	840	"	"	"	"	"	"
ビ ッ ト 推 力 W	Kg	2310	2271	3984	4334	5534	2686	3585
テ ー ブ ル 回 転 速 度 n	rpm	4.7	4.7	5.8	5.6	4.9	9.9	9.9
掘 削 ト ル ク T	Kg-m	500.0	514.1	601.7	773.0	1030.9	484.0	636.1
掘 進 速 度 R	m/hr	0.28	0.28	0.69	1.17	1.80	0.60	1.38
掘 削 馬 力 N	PS	3.3	3.3	4.8	6.0	7.0	6.7	8.8
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	27.5	27.5	47.4	51.6	65.88	32.0	42.7
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.100	0.100	0.198	0.250	0.610	0.100	0.190
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	35.8	35.8	61.6	67.1	85.6	41.6	55.5
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.0474	0.0468	0.0796	0.1080	0.1420	0.0494	0.0870
揚 水 量 L	m ³ /min							
揚 砂 量 S	m ³ /min							
含 砂 率 i	%							
掘 削 岩	人 工 モ ル タ ル							
摘 要								

試験項目	NO 試験番号 単位	95	96	97	98	99	100	101
		462-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
ビットの種類		バイト型 ラグビット	〃	〃	〃	〃	〃	〃
口径 D	mm	840	〃	〃	〃	〃	〃	〃
ビット推力 W	Kg	4,857	6,429	2522	3,570	6,357	7,714	8,378
テーブル回転速度 n	rpm	9.6	9.5	15.1	150	14.8	14.4	12.9
掘削トルク T	Kg-m	820.3	1052.6	536.2	663.2	863.2	1103.2	1503.5
掘進速度 R	m/hr	2.38	3.79	0.85	1.56	5.02	7.20	5.90
掘削馬力 N	PS	11.0	14.0	11.3	13.9	17.8	22.3	27.0
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	58.1	76.5	30.0	42.5	75.7	91.8	99.7
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.410	0.660	0.090	0.173	0.570	0.833	0.760
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	75.5	99.4	39	55.3	98.4	119.3	129.6
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.120	0.081	0.042	0.062	0.156	0.179	0.121
揚水量 L	m ³ /min			1.0078	1.0140	1.0460	1.0660	1.0540
揚砂量 S	m ³ /min			0.0078	0.0140	0.0460	0.0660	0.0540
含砂率 i	%			2.06	3.64	11.1	15.1	12.7
掘削岩	人工モルタル							
摘要								

試験項目	NO 試験番号 単位	102	103	104	105	106		
		462-22	-23	-24	-25	-26		
ビットの種類		バイトドリフトビット	"	"	"	"		
口径 D	mm	840	"	"	"	"		
ビット推力 W	Kg	2,400	3,734	5,400	6,934	8,467		
テーブル回転速度 n	rpm	19.0	20.3	19.6	19.6	18.9		
掘削トルク T	Kg-m	465.5	631.5	854.8	1110.0	1361.0		
掘進速度 R	m/hr	0.92	2.37	4.80	8.00	11.25		
掘削馬力 N	PS	12.3	17.9	23.4	30.3	35.8		
単位口径当推力 Wd	Kg/cm	28.5	44.4	64.3	82.5	100.8		
1回転当掘進量 Rr	cm/rev	0.080	0.195	0.409	0.682	0.994		
単位口径当水平分力 Fc	Kg/cm	37.1	57.7	83.6	107.3	131.0		
馬力時間当掘削量	m ³ /PS.h	0.041	0.073	0.114	0.146	0.174		
揚水量 L	m ³ /min	1.0085	1.0220	1.0440	1.0740	1.1038		
揚砂量 S	m ³ /min	0.0085	0.0220	0.0440	0.0740	0.1038		
含砂率 i	%	2.24	5.6	10.6	16.6	21.9		
掘削岩	人工モルタル							
摘要								

5. 考 察

5.1 ローラ型ビットの傾向

(1) ビット推力 (W) と掘削トルク (T)

大口径ローラ型ビットの所要トルクは岩石の掘削性とビット荷重より次の関係式
(米国 Hughes Tool co. により与えられている式)を用いて求められる。

$$T = 2.960 \times 10^{-2} K \cdot Wd^{1.5} \cdot D^{2.5} \quad (\text{Kg-m}) \quad (6)$$

ここに、K : 被掘削材によって変わる係数 $K = 14 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-5}$
Berea Sandstoneは $K = 10 \times 10^{-5}$
Grey Graniteは $K = 6 \times 10^{-5}$

Wd : 単位口径当推力 (Kg/cm)

D : ビット口径 (cm)

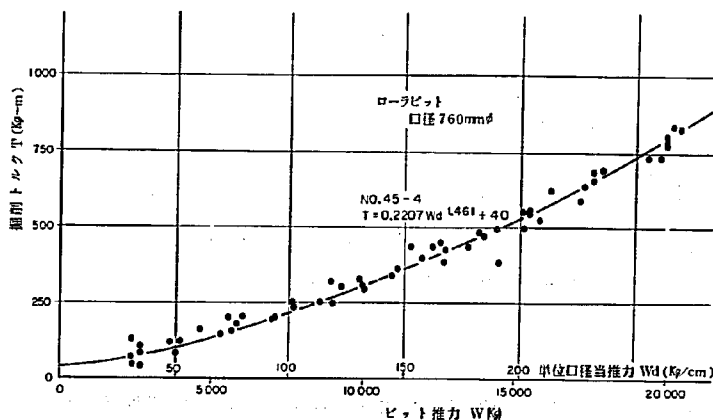


図-2 ビット推力と掘削トルク

今、実験から求めた単位口径当推力 Wd と掘削トルク T との関係を示すと図-2
のようになる。これより回帰方程式を求めると、

$$T = 0.2207 Wd^{1.461} + 40 \quad (\text{Kg-m}) \quad (7)$$

ここで定数項 40 は空転トルクを示す。

となりほぼ(6)式の関係式を満足させる値を得る。さらに(7)式のべき指数を 1.5 とす
るとほぼ次のようになる。

$$T = 0.1629 Wd^{1.5} + 55 \quad (\text{Kg-m}) \quad (8)$$

ここで定数項 55 は空転トルクを示す。

式(6), (8)より係数Kを求めると, $K = 1.093 \times 10^{-5}$ となる。

図-3に No. 44-1~3及び No. 45-4のビット推力(W)と掘削トルク(T)の関係を今回実験したものまでまとめたものである。これらは(6)式の関係 $Wd^{1.5}$ のべき指数をほぼ満足した値となっており, 又被掘削材により変わる係数K (ここでは岩石の一軸圧縮強度の変化による)の変化により, 掘削トルクTは同

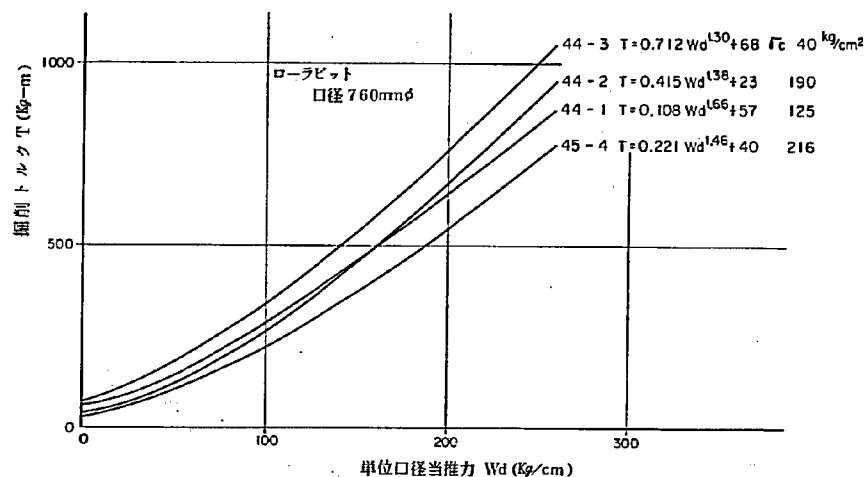


図-3 ビット推力と掘削トルク

推力において, 一軸圧縮強度 σ_c が大きくなる程, わずかではあるが小さくなっていく傾向を示している。これは被掘削材強度が大きくなると, カック刃先の喰込量がへり, ころがり滑らかになるためで, 掘進能率は低下する。

(2) ビット推力(W)と掘進速度(R)

回転削孔の場合の推力は岩石の破碎に大きな関係をもっており, 推力が大きくなる程, 破碎効果も大きくなる。推力の変化で掘進速度は変化する。特に硬岩になるに従い推力が低いと掘削が不可能になるのは周知のとおりである。

ビット推力(W)と掘進速度(R)の関係は図-4に示すように指数関数の関係にあるが, ビットの回転速度(n)と掘進速度(Rm/hr)は図-5に示すようにほぼ直線と見なすことができる(又はむしろ下に凸の傾向にあると考えられる)。

今, 掘進速度を回転速度で, 又, ビット推力を, 直径でそれぞれに除して, 1回転

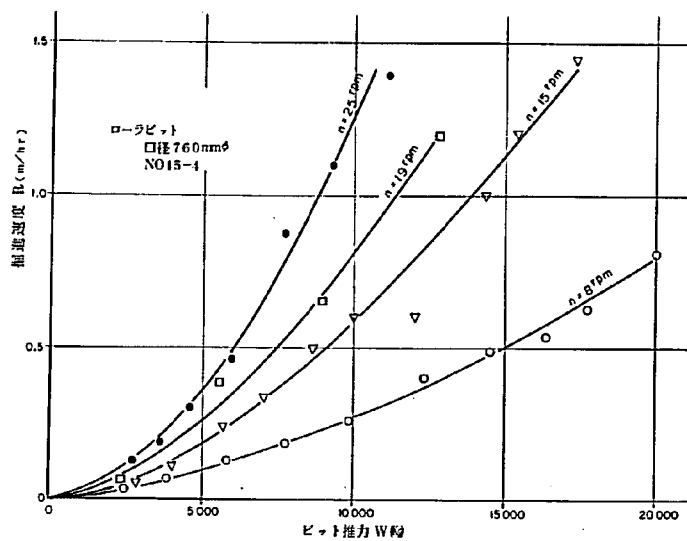


図-4 ビット推力と推進速度

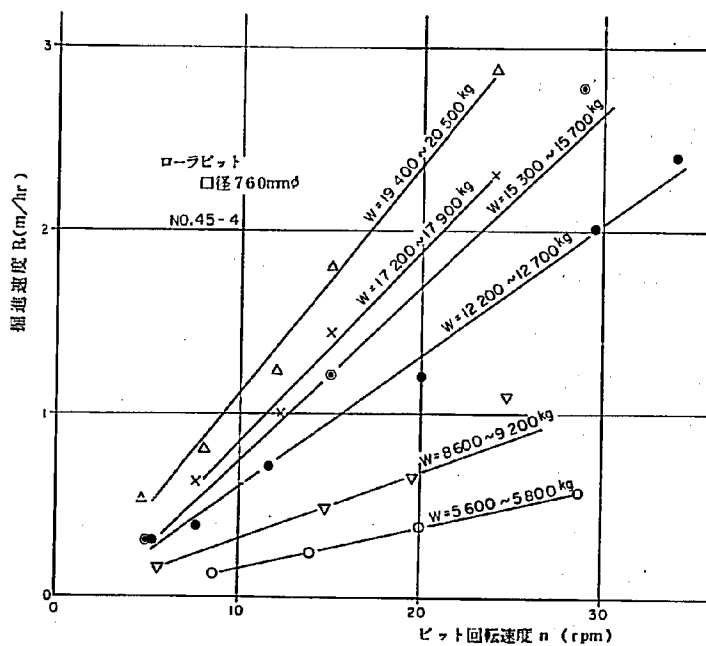


図-5 ビット回転速度と掘進速度

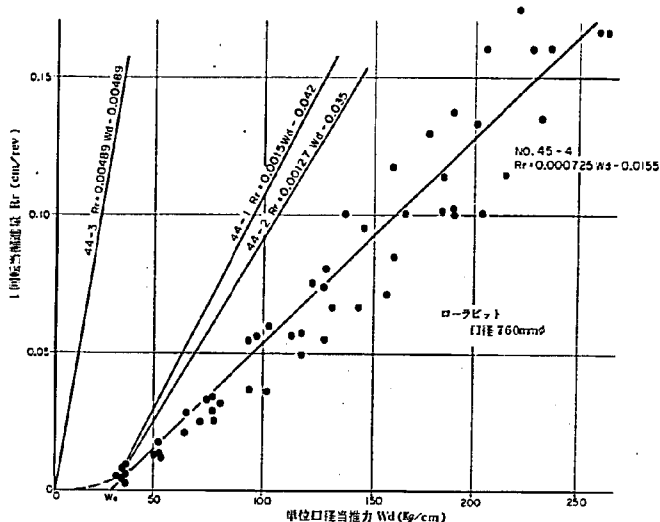


図-6 ビット推力と1回転当掘進量

当り掘進量 R_r (cm/rev),
単位口径当推力 W_d (kg/cm)
としての関係を図示したものが図-6である。これによると W_d と R_r の関係は図中の原点から W_0 (スレシヨルド荷重と呼ぶ) の範囲を除いて考えるとほぼ直線であると思なされる。ここで(6)式の岩石係数 K とここでの比例定数 R_r/W_d はほぼ同一の意味あいをもつと

考えられる。そこで No. 44-1, 44-2, 44-3, 45-4 の一軸圧縮強度に比例定数 $R_r/W_d = 1.5 \times 10^{-3}$, 1.27×10^{-3} , 4.89×10^{-3} , 7.25×10^{-4} を対応させ図示したものが、図-7である。

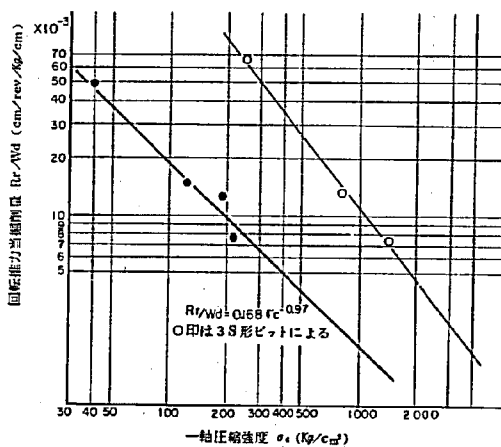


図-7 被掘削材強度と回転推力当掘進量

ここには建設機械化研究所で実施した3Sビット⁽⁷⁾(軟岩用: 3 Cutter Bit)の結果についても図示してある。測定数が少なく、これまでのものにさらに今後の実験から測定数を追加することにより明確な関係を得るべきであるが、今までの実験結果をまとめると次の関係式がえられる。

$$Rr = 0.168 \sigma_c^{-0.97} \cdot Wd \text{ (cm/rev)} \quad (9)$$

ここに σ_c : 一軸圧縮強度 (Kg/cm²)

$$Wd = \frac{W \text{ (ビット推力 Kg)}}{D \text{ (ビット口径 cm)}}$$

ここで、 σ_c の項を $(\frac{1}{\sigma_c})$ として考えてみると、次のように与えられる。

$$Rr = 0.1928 \frac{Wd}{\sigma_c} = 0.1928 \frac{W}{D \cdot \sigma_c} \text{ (cm/rev)} \quad (10)$$

掘進速度(R)は次の式で求められる。

$$R = \frac{n \cdot Rr \times 60}{100} \text{ (m/h)} \quad (11)$$

ここに、n : ビット回転速度(r.p.m.)

(11)式のRrに(10)式を代入して、Rを求めると次のように示される。

$$\begin{aligned} R &= 60 \times 0.1928 \times \frac{n \cdot W}{100 \cdot D \cdot \sigma_c} \\ &= 0.11568 \frac{n \cdot W}{D \cdot \sigma_c} \text{ (m/h)} \quad (12) \end{aligned}$$

掘進速度(R)は(ビットの種類、口径、地質を一定としたとき)ビット推力(WKg)及びビット回転速度(n r.p.m.)の関数で表わされる。

$$R = f(W \cdot n^{(8)}) \quad (13)$$

(12)式に示された掘進速度 R は、(13)式の削孔公式の1つのパターンとして示されるのではないと思われる。この(12)式の関数のみで全て掘進速度 R (m/hr)の要素を含んでいるとは思えないが、すくなくとも R は n, W, σ_c , D, の関数として示されることを表わしている1例であると言える。

(3) 掘削能率

掘削性の1つの表示として、掘削能率(m³/PSH: 馬力時間当掘削量)という値

を考へる。この値に対して岩石を対応して考へた場合、(岩石の削孔性を定義することはむづかしいが)何が一番大きな影響を与えるのか、種々の岩石の物理的要因とその組合せ等について厳密に考へていかなければならない点であるが、1つの目安と考えられる一軸圧縮強度(σ_c Kg/cm²)との関係について考へてみる。

図-8に被掘削強度と掘削能率の関係を過去のデータも含めて図示した。この図より被掘削強度と掘進速度との間の破壊による低減傾向をすることができる。これらの曲線より方程式を求めてみると、それぞれ次のように示すことができる。

$$\frac{A_1 \cdot R}{N} = 7.95 \sigma_c^{-0.953} (\text{Roller type Bit}) \quad (14)$$

$$\frac{A_2 \cdot R}{N} = 20.35 \sigma_c^{-1.125} (\text{Bite type Bit}) \quad (15)$$

$$\frac{A_3 \cdot R}{N} = 92.4 \sigma_c^{-1.166} (3 \text{ Cutter Bit}) \quad (16)$$

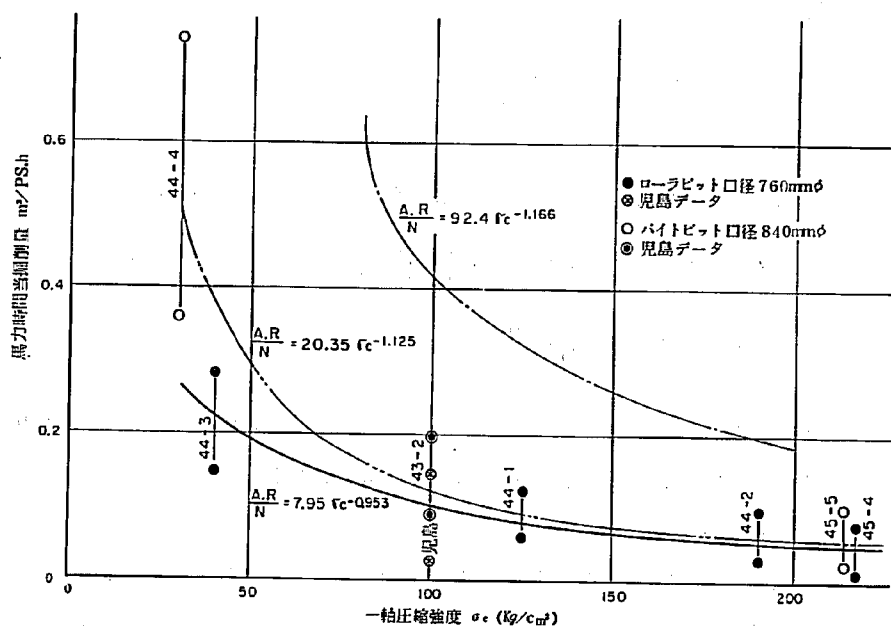


図-8 被掘削強度と掘削能率

(15)式はバイト型ドラッグビットについて仮想曲線を仮定して求めたもので、図-8での一軸圧縮強度 σ_c : 30 Kg/cm², 216 Kg/cm²は実際に測定した値であり、又 σ_c : 100 Kg/cm²は兎島の実験条件であるが実測値ではない。

ここで、 A_1, A_2, A_3 : 各種ビット孔径断面積

N : 掘削馬力 (PS)

R : 掘進速度 (m/hr)

これらを両対数目盛上にプロットしたものが図-9に示してある。ここで能率に影響を与える要素である2~3の点について次のようにいえる。図-6における1回転当掘進量はビット推力で決められる。又ローラ型ビットの場合大きなトルクを必要とせず、また被掘削材によるトルクの差がない。

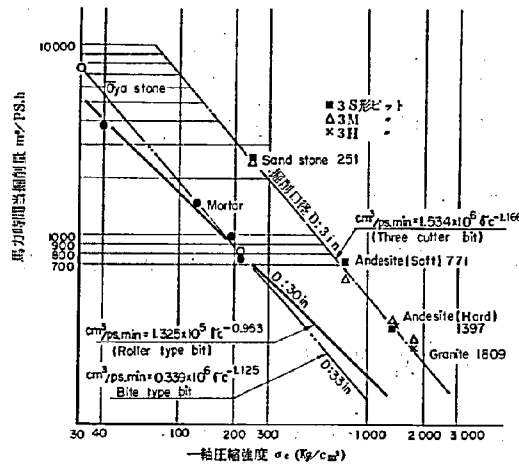


図-9 被掘削材強度と掘削能率

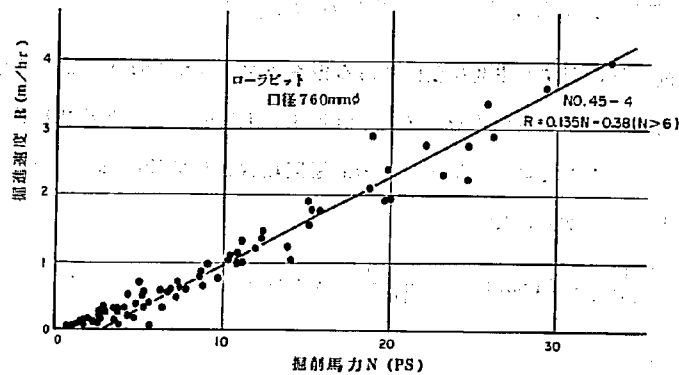


図-10 掘削馬力と掘進速度

図-10に掘削馬力(N)と掘進速度(R)の関係を示す。これらは次の直線で示される。

$$R = 0.135N - 0.38 \text{ (m/h)} \quad (N > 6 \text{ PS}) \quad (17)$$

図-11はこれまでの実験結果を1つにまとめたものである。式(14)より掘進速度の式を算出してみると次のようになる。

$$R = 7.95 \times \frac{\sigma_c^{-0.953} \cdot N}{A_1} \text{ (m/h)}$$

ここで σ_c の項を $(\frac{1}{\sigma_c})$ として考えてみると、次のように与えられる。

$$R = 9.869 \times \frac{N}{\sigma_c \cdot A_1} \text{ (m/h)} \quad (18)$$

ここに、孔径断面積 $A_1 = \frac{\pi}{4} D^2$ (D:ビット口径)

(18)式に孔径断面積 A_1 を代入すると次のように示される。

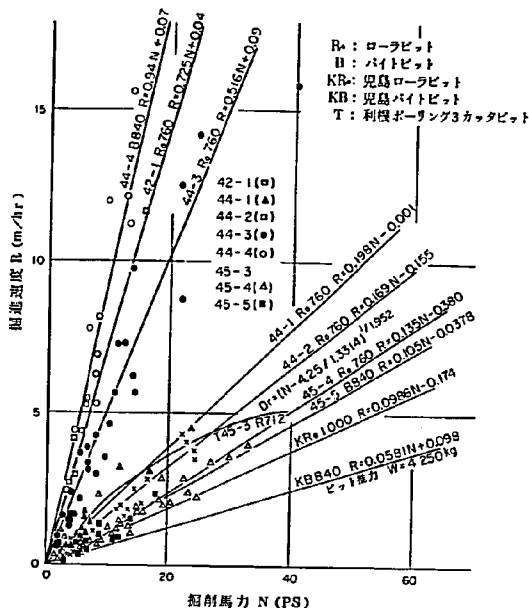
$$R = \frac{4 \times 9.869 \times N}{\pi \cdot D^2 \cdot \sigma_c} = 12.57 \frac{N}{D^2 \cdot \sigma_c} \text{ (m/h)} \quad (19)$$

(19)式は削孔性に関する主要な要因である掘進速度(R m/hr)と二次的要因である掘削馬力(N PS)の関係を示す。これは図-11のチェック及び(2)式との対比が考えられる。ここでローラ型ビットの最適回転数としてHugbus tool Co.により与えられている次式、(20)

$$n = \frac{1440}{D(\text{in})} \text{ (rpm)} = \frac{3660}{D(\text{m})} \text{ (rpm)} \quad (20)$$

を(2)式に代入する。

$$N = \frac{T n}{716.2} = \frac{3660 T}{716.2 D} \text{ (PS)} \quad (21)$$



さらに(2)式を(4)式に代入して掘削トルク (T Kg-m) に整理すると次のように示される。

$$T = \frac{716.2 \times D^3 \cdot R \cdot \sigma_c}{1257 \times 36.60} = 1.556 \times D^3 \cdot R \cdot \sigma_c \text{ (Kg-m)} \quad (22)$$

(4) ビット推力と掘削能率

ビット推力と掘削能率の関係を図示したものが図-12である。これから次のことがいえる。

ローラ型ビットで一般的にいわれているように推力及び回転速度をあげることにより能率をあげ得ることができる。しかし、推力については推力の上昇に伴ない掘削能率は飽和する傾向にあり、むやみに大きくすることは意味がない。回転速度については上昇傾向を示すもののその影響する度合いは少ない。

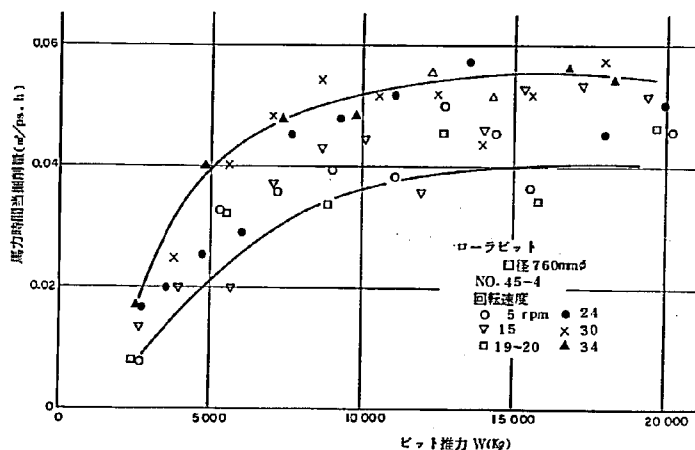


図-12 ビット推力と掘削能率

5.2 バイト型ドラッグビットの傾向

(1) ビット推力と掘削トルク

バイト型ドラッグビットを使用した試験について、ビット推力 (W Kg) と掘削トルク (T Kg-m) の関係を示したものが図-13である。推力とトルクの関係は前に試験した NO. 43-2, NO. 44-4 と同様ほぼ直線となるが前回の値にくらべ直線

がややねている。これらはローラ型ビットの場合と異なり、それぞれ試験に使った岩質が異なっているため、これだけのデータからは結論づけできない。

唯一的傾向としてローラ型ビットと同様に同一推力において被掘削材強度の低下が掘削トルクを増加させていることがうかがわれる。

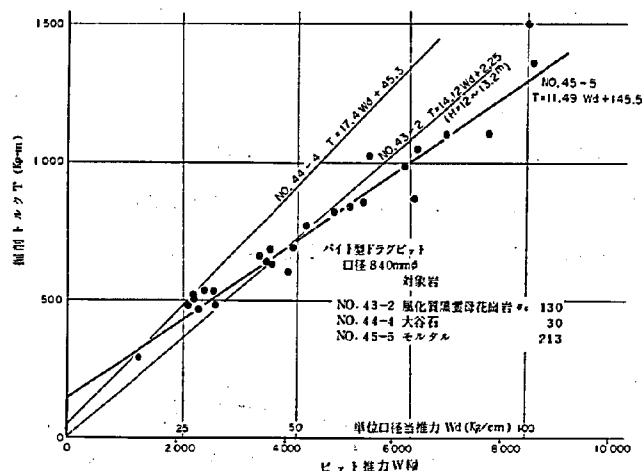


図-13 ビット推力と掘削トルク

(2) ビット推力 (W) と掘進速度 (R)

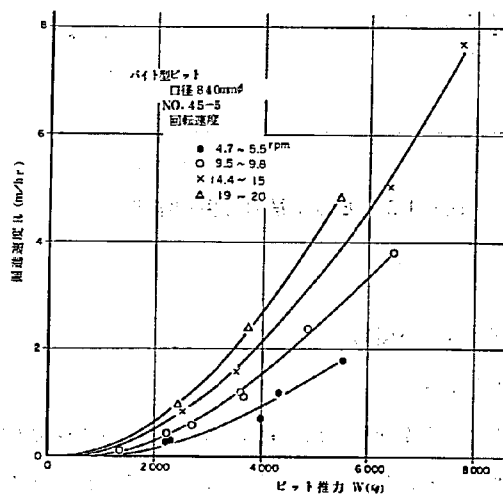


図-14 ビット推力と掘進速度

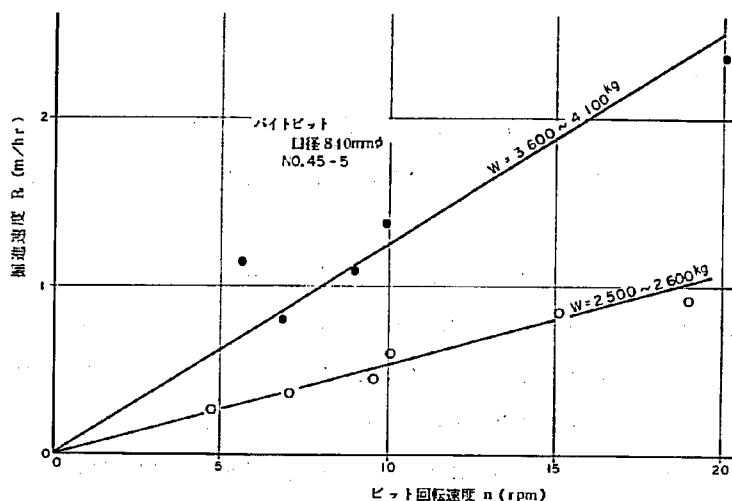


図-15 ビット回転速度と掘進速度

バイト型ドラグビットで

実施したものをプロットし

たのが図-14, ビット推

力と掘進速度及び図-15,

ビット回転速度と掘進速度

である。この図-14, 図

-15における関係はパラ

メータをビット回転速度,

ビット推力でとったもので

この関係はローラ型ビット

で示された傾向すなわち指

数関数と直線で示される同じ傾向がある。ローラ型ビットの場合と同様, 単位口径

当推力 (W_d) と1回転当掘進量 (R_r) との関係を示したものが図-16である。

W_d と R_r との関係式はほぼ次のように示される。

$$R_r = 0.000623 W_d^{2.11}$$

(2)

(2)式において全吊荷重(ビット自重:ここで, $W_b = 2333 \text{ Kg}$)の2倍を最大

ビット推力として計算してみたのが(2)式である, がここで最大ビット推力=自重×

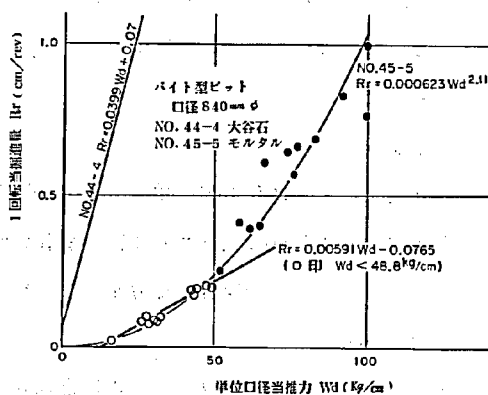


図-16 ビット推力と1回転当掘進量

2倍として考えたのは、No. 43-2, No. 44-4においてほぼビット推力4500 Kg前後でオーバ・ターニング現象(テーブル回転停止)がみられているためである

$$Rr = 0.00404Wd - 0.0198 \quad (W < 4100 \text{ Kg}) \quad (24)$$

ビット推力Wをほぼ4500 Kg以上の推力を被掘削材に与えると急上昇の掘進量を与える。

バイト型ドラッグビットの場合、適切な値の推力を掘削材に与えることが一番良いが、現在のところ、最適推力と被掘削材との関係は明らかにされていない。ローラ型ビットの場合にいえる掘進速度を得るためビット推力を大きくすることは(ローラ型ビットの場合も最適推力はあるが)バイト型ドラッグビットの場合大きな掘進量を得る、かわりにカッターの摩耗による寿命が大きく推進速度に影響してくることは明白である。

つまり、推力(接触圧力)が材料のブリネル硬度の $1/3$ 以下の間は推力と摩耗の比例関係が成立するが、 $1/3$ 以上の高圧力範囲になると、摩耗が異常に増加する、といわれている。これらの点も考慮して最適推力を早急に把握しなければならない。

(3) 掘削能率

掘削能力の考えは5.1(3)に示してある。(25)式に示した掘削性の考えは5.2(2)の通り最大推力を4500 Kg前後までの掘削能率($m^3/PS \cdot h$)の値から算出している。バイト型ドラッグビットの場合、推力を増加させていくと能率は一直線的に上昇していくだけである。

つまり、バイト型ドラッグビットの場合はローラ型ビットの場合程掘削能率は圧縮強度のみだけに左右されないためであろうと思われる。ローラ型ビットの場合の $m^3/PS \cdot h$ は、一軸圧縮強度に対し、楕円的なひろがりの傾向を示し、圧縮強度の影響が大きい現われであるといえる。

図-6、と図-16で推力当喰込量は後者の方(バイト型)がはるかに大きくえられる。(一軸圧縮強度はほぼ同じである)バイト型ビットの場合大きなトルクを必要とし、かつ被掘削材強度によるトルク差が大である。

図-17に掘削馬力(N)と掘進速度(R)の関係を示す。これらは直線で示される。

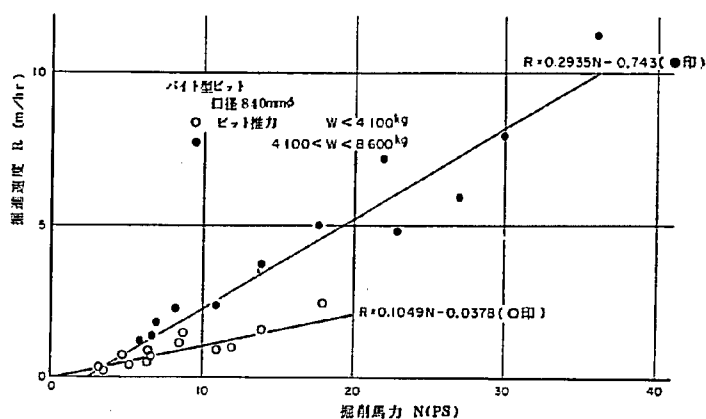


図-17 掘削馬力と掘進速度

$$R = 0.105N - 0.0378 \text{ (m/h)} \quad (W < 4100 \text{ Kg}) \quad (25)$$

$$R = 0.294N - 0.0743 \text{ (m/h)} \quad (4100 \text{ Kg} < W < 8400 \text{ Kg}) \quad (26)$$

早い掘削速度を保つためには大きな馬力が必要となり、この馬力と速度の関係も(23)。

(24)式と同様にビット推力の大きさに2つの直線方程式を形成している。

(4) ビット推力(W)と掘削能率

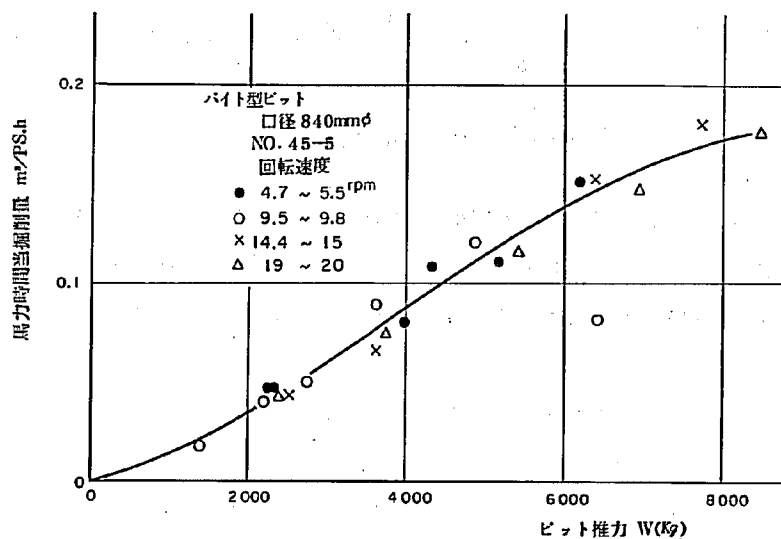


図-18 ビット推力と掘削能率

ビット推力と掘削能率の関係を図示したものが図-18である。これから次のことがいえる。バイト型ビットもローラ型ビットと同じようにビット推力、回転速度をあげることにより能率をあげることができる。今回加えた最大推力が限定されたためローラ型の場合のような飽和現象傾向があるかどうかの判断はできないが、直線的能率増加の傾向にあることがわかる。図-18によれば掘削能率は、回転数に影響されない。もしくはローラ型の場合の逆現象つまり回転数をあげると掘削能率が低下するのではないかと考えられる傾向にあるようである。

6. ま と め

- i) 削孔性(掘進速度)の1つの尺度として、次のような式にまとめることができた。ここには参考のため、掘削トルクについても附加した。

掘進速度 R (m/h) 掘削トルク T (kg-m)

ビット種類及び

基本口径

ローラ型ビット(760mmφ) (19式) $\frac{12.57N}{D^2 \cdot \sigma_c}$ (22式) $1.556R \cdot D^3 \cdot \sigma_c$

(12式) $\frac{0.11568nW}{D \cdot \sigma_c}$

バイト型ドラッグビット (15式) $\frac{25.92N}{D^2 \cdot \sigma_c^{1.125}}$ $0.755R \cdot D^3 \cdot \sigma_c^{1.125}$
(840mmφ)

3カッタビット(76mmφ) (16式) $\frac{117.7N}{D^2 \cdot \sigma_c^{1.166}}$ $0.166R \cdot D^3 \cdot \sigma_c^{1.166}$

- ii) ビット推力と掘削トルクの関係において、ローラ型ビットの場合は一軸圧縮強度が大きくなるにつれ、わずかにトルクは小さくなる傾向にあり、バイト型ビットの場合も同様に被掘削材強度の低下がトルクを減少させている傾向にある。

- iii) ローラ型ビットとバイト型ドラッグビットの掘進量を比較してみるとバイト型の場合、ローラ型に比べ低回転速度、低推力で能率のよい掘削が可能であり、低強度掘削材に対しての能率のよさはほとんど問題ないと思われる。

- iv) ビット推力と掘削能率の関係でローラ型ビットの場合は推力はもちろん回転

数をあげることである程度能率上昇を認められるが、バイト型ビットの場合はローラ型ビットに比べ回転数に影響されない能率上昇か、又はまったく逆の傾向（すなわち回転速度をあげると能率減少する）を示す、と考えられるようである。

V) バイト型ビットの場合はローラ型ビットに比して摩耗の点等で問題があり、今回迄の被掘削材強度からさらに高い強度に対し使用する場合に抵抗なく適用するかどうか、どの程度の被掘削材強度から能率低下、摩耗等の影響がでてくるか、今後これらの点について考えていく必要がある。又推力をあげていった場合いちぢるしくカッターの摩耗が増大していく、といわれることも最適推力を見いだしていく1つの要因としてあげられ、これらを含め今後、バイト型については岩石強度とカッター摩耗の限界を二次元あるいは三次元的に解明していく必要性を感じる。単純に1つの手段として、カッター形状、その他を改良して有効に使用していくことが考えられる。

あ と が き

これまで削孔性（削孔性として表わすことは出来ないかも知れない）として掘削能率について検討してきた結果、ローラ型ビットについては重要な因子である掘進速度について、ほぼ1つの掘削性能が究明されつつあると考えられる。今後、実験を引き続き継続していくことで、これまでの結果にさらにデータを附加えていくことにより有益な掘削性を究明していかなければならないし又究明されると確信している。

これからの大口径削孔は、これまでのミクロ的であると考えられる理論及び実験にもとづき、マクロ的計画、施工がますます多くなると考えられることから現場にマッチした今後の実験的研究が早急に確立されるべきである必要性を痛感する。

最後に本報告書の作成に当り、実験に協力をいただいた中野技官、そして機械研究室の方々に、深く感謝の意を表します。

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9巻12号，1967年12月
- (2) 千田昌平，伊藤豪誠：3M径削孔試験報告書，土木研究所資料第419号，43年12月
- (3) 千田昌平，伊藤豪誠：大口径削孔機械による現地掘削試験，土木研究所資料第432号
44年3月
- (4) 千田昌平：大口径削孔機械による軟岩の掘削，土木技術資料11巻4号，1969年4月
- (5) 田中康之，笠井哲夫：無拘束ボウリング機械の性能試験，土木研究所資料第617号
45年8月
- (6) 田中康之：大口径掘削機(2.5m ϕ)の開発，土木技術資料12巻11号，1970年11月
- (7) 加藤三重次：岩石トンネル掘進機施工における岩石の工学的性質とビットの掘削性
能に関する実験的研究，建設の機械化第253号，1971年3月，P32~41
- (8) 千田昌平：米国における大口径削孔，土木技術資料第12巻11号，1970年11月
- (9) 参考文献(3)参照
- (10) 田中康之，千田昌平：基礎工事用機械の作業性能に関する試験調査，建設省土木
研究所，道路事業調査費報告，45年8月，P222~230