

土木研究所資料

盛土に関する試験調査（第2報）
—自走式大型海底掘削機の開発—

昭和51年9月

建設省土木研究所
機械研究室

要 旨

水深の深い海底の軟弱層を出来るだけ汚濁を生じることなしに、浚渫出来る機械を開発することを目的として、オーガスクリー・水中ポンプ浚渫方式の試験用被けん引式海底掘削機を製作し、海上試験を実施した。この結果、含泥率26%と一般のポンプ浚渫に比して高い能率で浚渫出来ることが判明した。

この結果より、20m級グラブ浚渫船と同等の能力を持つことを設計条件として、大規模工事に適用し得る大型海底掘削機の試設計を行った。

さらに作業の能率化を図るため、自走式の可能性について検討した結果、スキッド式走行装置としてとりまとめ、縮尺約1/5の模型を製作し、その走行性能を試験により確認した。

試験の結果、オーガスクリー・の掘削抵抗に耐える走行反力をスキッド方式が発揮することが判明し、軟弱層を自走出来る海底掘削機の実用化の可能性を見出すに至った。

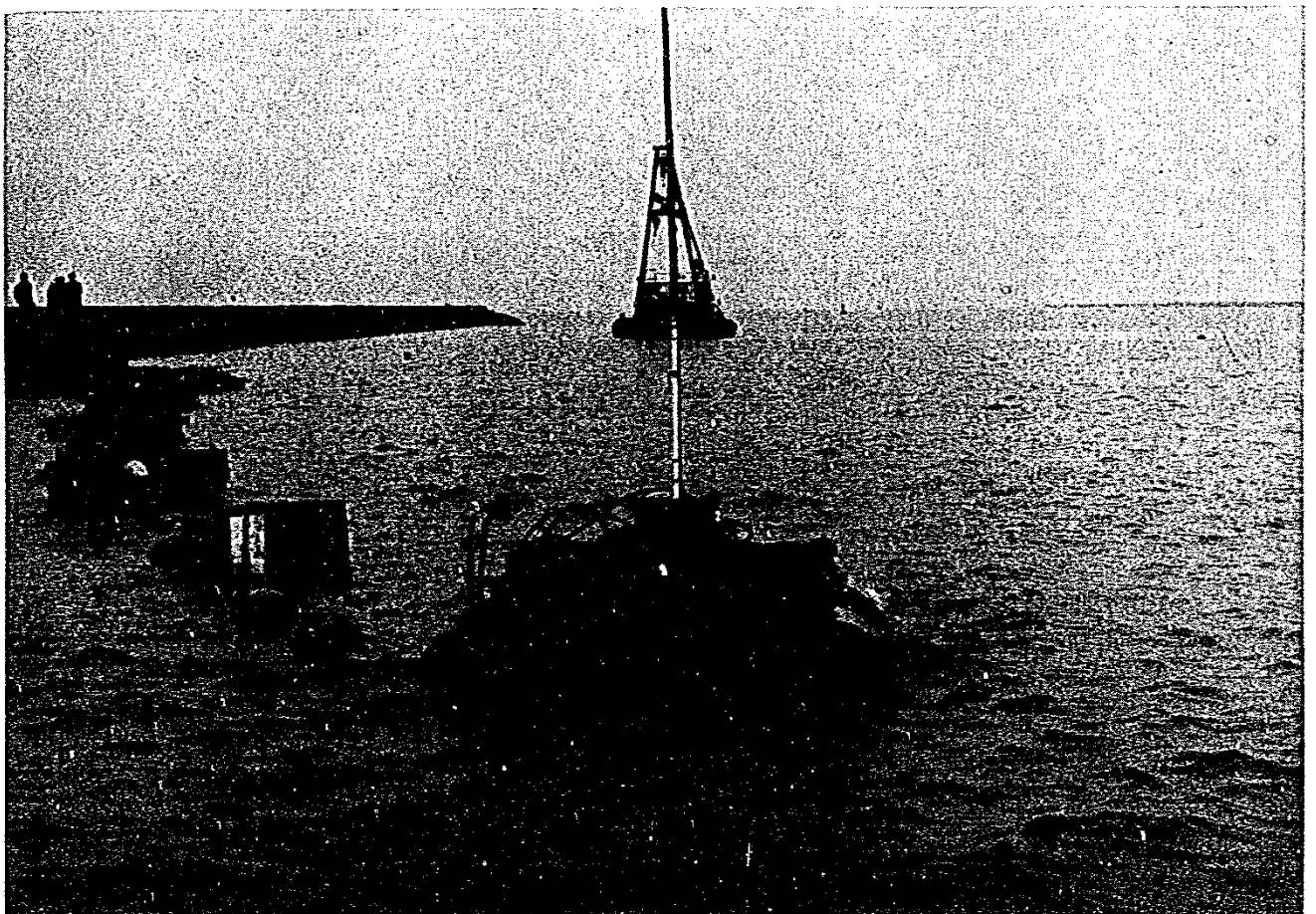


写真-1 海底掘削機海上試験状況

盛土に関する試験調査（第2報）

—自走式大型海底掘削機の開発—

機 械 研 究 室

本 田 宜 史

長 健 次

池 田 勇

原 誠

目 次

要 旨

1. ま え が き	1
2. 調 査 概 要	2
3. 海底掘削機の掘削試験	3
3.1 海底掘削機の概要	3
3.2 試 験 場 所	7
3.3 試 験 方 法	8
3.4 測 定 方 法	10
3.5 試 験 結 果	12
3.5.1 掘 削 能 力	12
3.5.2 含 泥 率	14
3.5.3 け ん 引 力	14
3.5.4 水中ポンプ動力およびオーガ駆動力	14
3.5.5 排泥管抵抗係数	14
3.5.6 海 中 の 汚 濁	15
3.6 ま と め	16
4. 大型海底掘削機試設計	17
4.1 海底掘削機の概略仕様と機構	17
4.1.1 掘削機の概略仕様	17
4.1.2 掘削機の概略機構	17

4.2 掘削機能力	17
4.2.1 浚・渫能力	17
4.2.2 泥水の比重	18
4.2.3 浚渫ポンプ動力	18
4.3 大型海底掘削機の試設計	20
4.3.1 けん引式大型海底掘削機	22
4.3.2 円筒型車輪駆動式大型海底掘削機	24
4.3.3 スキッド走行式大型海底掘削機	26
4.4 ま と め	31
5 スキッド式走行装置の走行試験	32
5.1 スキッド走行式の特長	32
5.2 スキッド式走行装置	32
5.3 試 験 方 法	36
5.3.1 試験用走行地盤	36
5.3.2 試 験 項 目	36
5.3.3 試 験 条 件	38
5.4 試 験 結 果	38
5.4.1 最大けん引力	38
5.4.2 けん引力、けん引出力	42
5.4.3 スキッド走行性能	42
5.4.4 掘削押土抵抗力	43
5.5 実機への適用性	43
5.6 ま と め	44
6 あ と が き	45
7 参 考 文 献	45
資 料	49

1. ま え が き

海中の浚渫工事は近年増加の傾向にあり、その水深も益々深い場所を作業する必要に迫られて来ている。水深30 m以内ではポンプ浚渫が一般的であり、汚濁に対しても影響は比較的小さいが、水深50～60 mに対してはグラブ浚渫以外に現状では変る工法がない。掘削作業の能率の面や、グラブによる海中汚濁の面で、これに代るべき新しい工法の出現が望まれている。

機械研究室では、こうした見地から新しい海底掘削機の開発を当面の課題として取り上げ、昭和46年度より研究に着手した。46年度には、非常に水深の深い軟弱層を高い含泥率で、しかも海中を汚濁することなしに掘削が可能な新しい型の海底掘削機を関東技術事務所と共同で試作した。47年度には、千葉港において海上掘削試験を行い、その結果シルトまたは細砂質の海底土に対する掘削能力は、平均で $41\text{ m}^3/\text{h}$ 、含泥率は、平均26%と一般の同馬力のポンプ船と比べて約3倍の能力を有することや、浚渫による汚濁は認められないこと等が判明した。この結果、位置の制御方法を別途考慮すれば、構造的な2、3の点を改良することによって、かなりの実用化の見通しが立った。これに続き48年度には、前年度の結果を基に試験機に改良を加え、大型海底掘削機の設計に必要な基礎資料を得るため軟弱ヘドロ地盤上で再度掘削試験を行った。さらに49年度には、実際の施工において必要な能力及び機構の検討を行い、今までに得た試験結果を基にして、3種類の走行形式に関して大型海底掘削機の試設計を行い、自走が可能とみられる走行形式を選出した。これに続き50年度には、軟弱層におけるスキッド走行式大型海底掘削機の可能性を検討するためスキッド式走行装置を製作し、各種走行性能を試験した。

本報告書は、昭和48年度から50年度までの各調査試験の結果をまとめたものである。なお、昭和46年度、47年度の試作並びに海上試験の経緯は、土木研究所資料（第853号）に述べてあるので参照されたい。

2. 調査概要

試作した海底掘削機は、試験用の仕様であり、これを大規模な工事に用いるには、掘削機を大型化する必要がある。大型機の設計を行うには、各項目についての基礎資料が必要である。海中軟弱層の浚渫に関する資料は乏しいため、機械研究室ではこうした目的で調査試験を行った。

昭和48年度に行った実施項目は、以下のとおりである。

- (1) 前年度の試験に基づいて、海底掘削機の機構や測定方法の問題点について検討を行う。
- (2) 上記の検討にもとずき海底掘削機の改造を行う。
- (3) 軟弱地盤上の掘削能力、含泥率、所要動力、送泥抵抗等の基礎的な掘削性能を知るため、上記改造した海底掘削機を使用して千葉港において海上掘削試験を行う。
- (4) 試験結果を基に大型化に必要な基礎資料のとりまとめを行う。

昭和49年度に行った実施項目は、以下のとおりである。

- (1) 前年度の試験結果を基にして、現場に適応した大型海底掘削機の試設計のための仕様と概略機構を決定する。
- (2) 掘削機の走行形式について、次の3方式について検討を行う。
 - (a) けん引式大型海底掘削機の可能性を検討する。
 - (b) 円筒型車輪駆動式大型海底掘削機の可能性を検討する。
 - (c) スキッド走行式大型海底掘削機の可能性を検討する。
- (3) 試設計段階の掘削機の走行形式とポンプ動力などの使用機器の大きさを決定する。

昭和50年度に行った実施項目は、以下のとおりである。

- (1) 前年度試設計した軟弱地盤におけるスキッド走行式大型海底掘削機の可能性を検討するため、スキッド歩行機能を有する走行装置を製作する。
- (2) 走行装置により各種走行地盤にて、装置の走行性能の試験を行う。
- (3) スキッド式走行の適用性の検討を行う。

3. 海底掘削機の掘削試験

昭和47年度の現場掘削試験で、主に N 値10～15の砂地盤に於ける各種掘削性能を確認できた。引続き48年度は、実作業上、主に問題となる N 値が低い軟弱地盤における、掘削時のポンプ類、オーガ類の所要動力、高濃度泥水の管路抵抗等の基礎資料を得ることを目的として掘削試験を行った。

3.1 海底掘削機の概要

掘削試験に使用した海底掘削機を写真-2に、概略図を図-1に、油圧・空圧系統図を図-2に、また概略仕様を表-1に示す。

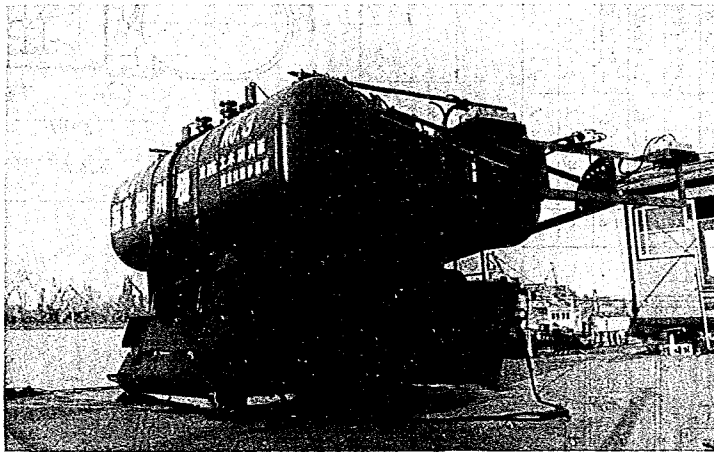


写真-2 海底掘削機外観

この掘削機は、以下の設計条件で製作したものである。

- (1) 掘削水深 60 m
- (2) 掘削地盤 N 値0～15
- (3) 海水汚濁 汚濁を生じないこと
- (4) 捨土 土運船による

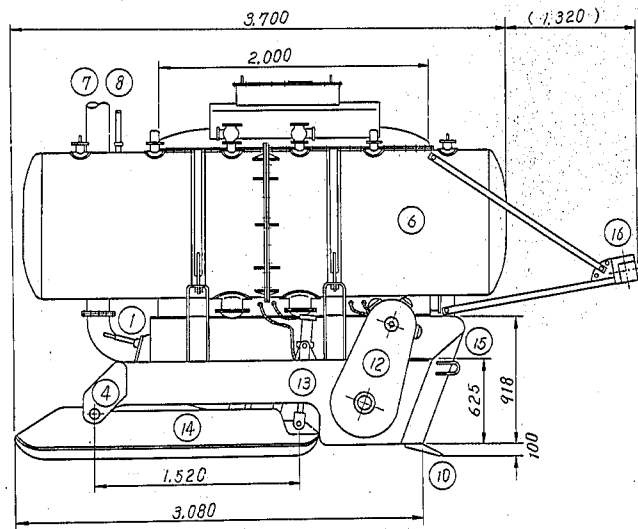
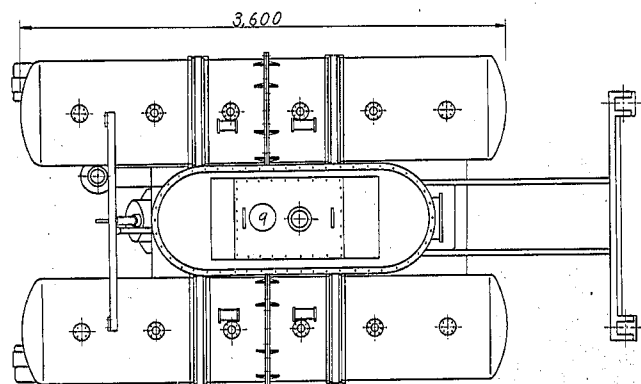
この掘削機の構成を以下に示す。

(1) 本体フレーム

水中機械室、フロートタンク、水中ポンプ、油圧シリンダ等を取り付ける。

(2) 水中機械室

室内は作業中、一定空気圧をたもち海水の侵入を防ぎ、操作用電磁弁類、姿勢制御用機器、作動用油圧機器およびオイルタンクを内蔵する。



N0	名 称	規 格	N0	名 称	規 格
1	水中サンドポンプ	DP-50.37 ^{KW} 6"	9	点検蓋	
2	スクレオガ形カッタ	600 ^φ ×300 ^P ×2,000 ^L	10	サイドカッタ	ケーシング内側
3	ホガ用ケーシング	325 ^R ×6×2,100 ^φ	11	油圧モータ	カッタ駆動用
4	本体フレーム	鋼製スチッド形鋼板溶接	12	ケーシングケース	RS 100
5	水中機械室	700 ^φ ×2,000 ^L ×1,390 ^H	13	油圧シリンダ	80 ^φ ×300 ^L 4st
6	フロートタンク	4室隔壁形	14	スキッド	250 ^φ ×2,400 ^L
7	排泥ホース	150 ^φ フレキシブルホース	15	けん引用金具	19 ^φ 丸鋼
8	エア供給ホース	1"ゴムホース	16	超音波測深器	孔壁用

※単位: mm

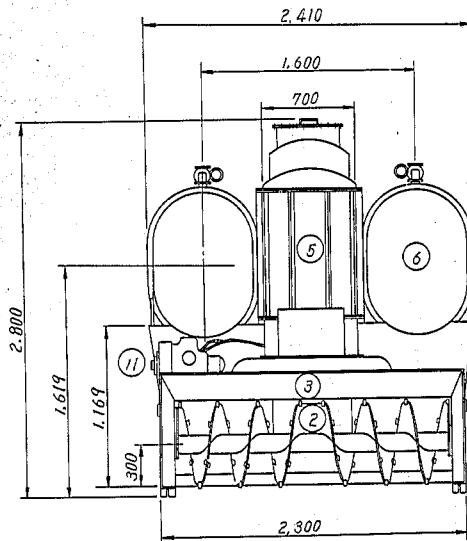
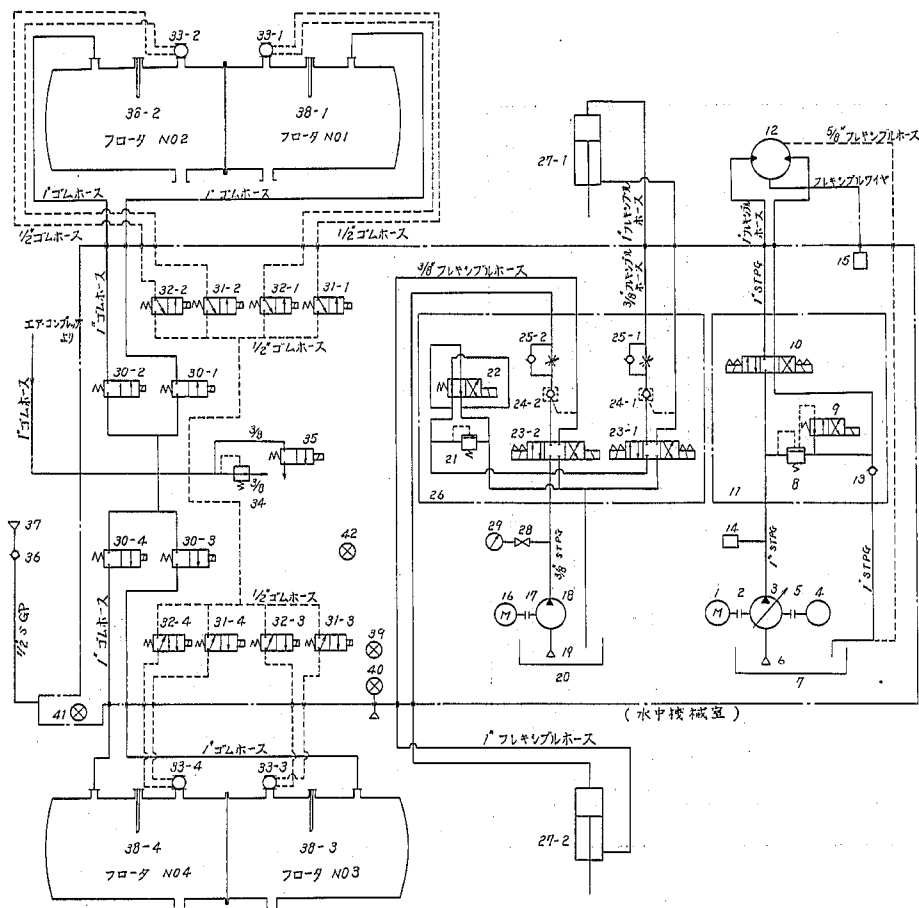


図 - 1 海底掘削機概略図



42	メーヤ傾斜計	1	・
41	室内レベルスイッチ	1	・
40	水深計	1	・
39	室内圧力計	1	・
38	レベル計	4	電気式フロゲ用
37	フィルタ	1	
36	チェックバルブ	1	1/2"
35	ソレノイドバルブ	1	3/8"
34	減圧弁	1	3/8"
33	アグネーションボールバルブ	4	50°
32	・	4	1/2"
31	・	4	1/2"
30	ソレノイドバルブ	4	1/2"
29	圧力計	1	
28	ストップバルブ	1	
27	油圧シリンダ	2	80° 300ST
26	マニホールド	1	
25	フローコントロールバルブ	2	3/8"
24	オペレートチェック弁	2	3/8"
23	・	2	3/8" グラブルソレノイド
22	ソレノイドバルブ	1	3/8"
21	リリーフバルブ	1	3/8"
20	オイルタンク	1	
19	サグンコンプライタ	1	
18	油圧ポンプ	1	ギヤポンプ 11.8 l/min
17	チェンカッパリング	1	
16	モータ	1	1.5 KW 4P
15	電気式圧力計	1	DC グロセレグ
14	圧力変換器	1	200 kg/cm²
13	チェックバルブ	1	1"
12	油圧モータ	1	
11	マニホールド	1	
10	・	1	1" グラブルソレノイド
9	ソレノイドバルブ	1	1"
8	リリーフバルブ	1	1"
7	オイルタンク	1	
6	サグンコンプライタ	1	
5	チェン	1	
4	パイロットモータ	1	40 KW
3	油圧ポンプ	1	可変型 50-0 l/min 210 kg/cm²
2	チェンカッパリング	1	
1	モータ	1	22 KW 6P
区分NO	品名	数量	備 考

図 - 2 海底掘削機油圧・空圧系統図

表 - 1 海底掘削機概略仕様

項 目		数 値	
性 能	揚 水 量	$3\text{ m}^3/\text{min}$ ($H=25\text{ m}$)	
	含 泥 率	60% (max)	
	掘 削 速 度	$0\sim3\text{ m}/\text{min}$	
	掘 削 深 度	$2\sim60\text{ m}$	
	有 効 掘 削 幅	2,300 mm	
主 要 諸 元	本 体 重 量	6,500 kg	
	本 体 寸 法	全 長	3,700 mm
		幅	2,410 mm
		全 高	2,800 mm
揚 泥 用 水 中 ポ ン プ 出 力	37 kW		
油 圧 駆 動 用 電 動 機 出 力	22 kW 6 P		
油 圧 シ リ ン ダ	油 圧 ポ ン プ	形 式	可変容量型
		作 動 圧	$150\sim250\text{ kg}/\text{cm}^2$
		油 量	$50\text{ l}/\text{min}$
	油 圧 モ ー タ ー	ト ル ク	$350\text{ kg}\cdot\text{m}$ (max)
		回 転 速 度	$0\sim400\text{ rpm}$
	油 圧 シ リ ン ダ	作 動 圧	$150\sim200\text{ kg}/\text{cm}^2$
		内 径 $\times$ 行 程	$80\text{ mm}\phi\times300\text{ mm}\ell$
オ ー ガ	径 $\times$ ピッチ $\times$ 全長	$600\text{ mm}\phi\times500\text{ mm p}\times2,000\text{ mm}\ell$	

(3) フロートタンク

4室からなるタンクへ充気、充水することにより、本機の昇降および水中重量を変化させ接地圧の調整を行う。

(4) オーガ

地盤を平坦に掘削し、吸込口に集土する。

(5) 水中ポンプ

掘削土砂の揚泥および送泥を行う。

(6) スキッド

水中本体支持および掘削方向規制を行う。

(7) 油圧シリンダ

オーガ食い込み量を調節する。

昭和48年度には、47年度の試験を基に掘削機に改造を行ったが、改造点とその理由を以下に示す。

(1) 重心位置の変更

47年度の試験中、掘削機本体が前傾し、オーガが掘削地盤中に食い込む傾向が認められた。そのため4個のフロートを後方に移動し、重心位置を変化させ、安定した姿勢で掘削を行えるようにした。

(2) スキッド幅の変更

軟弱地盤上で掘削を行う場合、スキッドが地盤中にめりこむことが考えられる。この対策として接地圧を低くする目的で、スキッド幅を250mmから400mmに変更した。

(3) オーガ位置の変更

47年度の試験中、ゴミがオーガとポンプ吸込口前方のスクリーンの間に入り込み目づまりを生じたので、スクリーンの位置をオーガとの間隙が無くなるような位置まで前方にずらして、ゴミの噛込みを防止するようにした。

(4) スイベルジョイントの追加

スイベルジョイントを設けて、本体の移動に伴う送泥管の追従を容易にした。

(5) 計器の変更

47年度の試験で問題のあった傾斜計、水深計の変更を行った。

3.2 試験場所

海底掘削機の試験場所としては、比較的多量の軟弱層が堆積している個所をさがし、千葉県千葉市生浜町1番地先、川崎製鉄所付近の海上を使用することにした。試験に先だって、その個所の水深、掘削地盤厚、土質の調査をおこなった。試験場所は水深5～6mで、護岸と平行方向に1:100の勾配がみられるが、全体的に平坦であり、部分的凹凸は無視できる。また、掘削地盤厚は1.3～2mであり、試験にさいし十分の層厚と考えられる。さらに掘削地盤の土質試験を行った。その結果を表-2に示す。地盤は非常に流動性が高く、自立しないヘドロ状地盤である。

表-2 掘削区域調査概要

項 目		数 値
調 査 場 所		千葉市生浜町埋立地先
調 査 期 間		昭和49年3月12～16日
掘 削 幅 (m)		3.0
掘 削 距 離 (m)		5.0
送 泥 距 離 (m)		約9.0
平 均 水 深 (m)		4.4～5.7
土 質 調 査	含水比 (%)	88.6
	湿潤重量 r_t	1.589
	乾燥重量 r_d	0.843
	比 重 G_s	2.750
	分 類	砂混りシルト粘土
N 値		0

3.3 試験方法

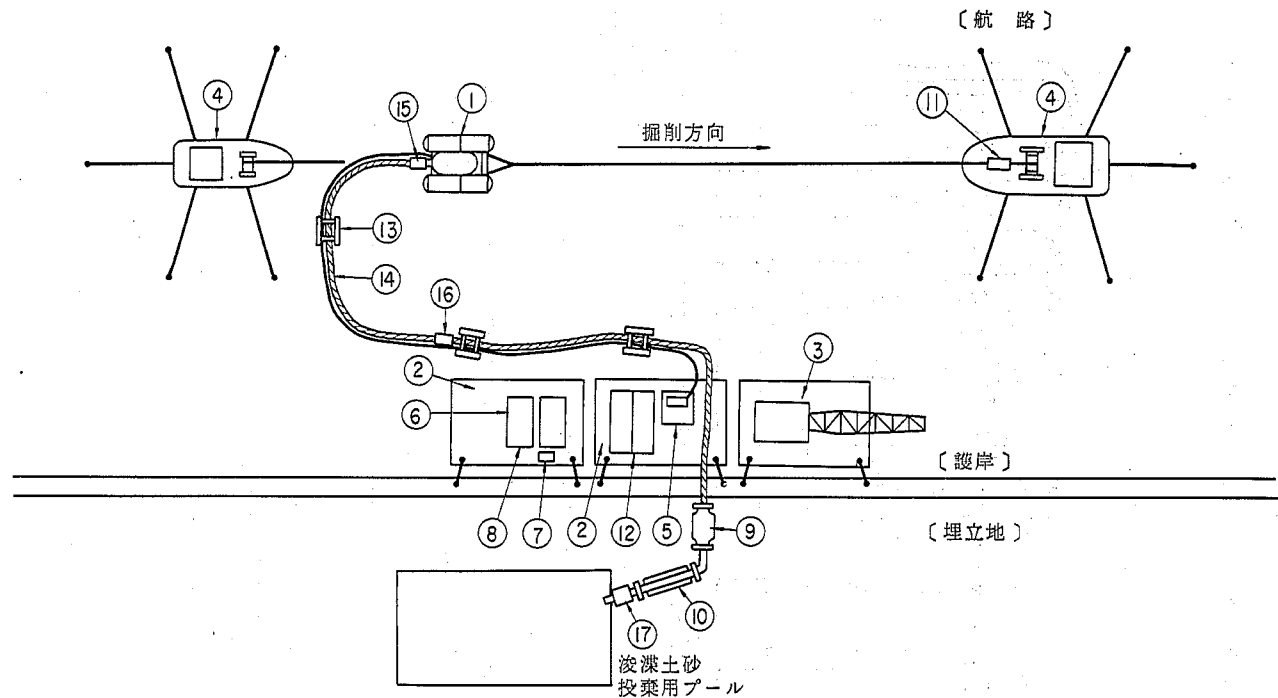
試験では、表-3に示す試験機器を、試験場所に図-3のように配置し行った。まず、掘削機を所定の位置までけん引し、位置決め完了後、掘削機を沈降させ、海底地盤に到達させた後、フロートの空気量の調整で作業姿勢をととのえる。つぎにオーガを駆動させ、けん引することにより作業を行う。所定の位置まで掘削させた後、掘削機を浮上させ、元の位置までけん引する。以上が1行程の作業である。次に掘削場所を揚錨船の固定位置を変えることにより側方へ移動する。けん引速度の変化は、ウインチ巻取りスピードを変えることにより行う。作業中には、けん引力、けん引速度、揚水量、含泥率、消費電力、排泥管内圧力、オーガ駆動用油圧モータの圧力、オーガ回転速度などを測定した。試験の工程は、表-4のとおりである。

表-3 掘削試験使用機器

名 称	規 格	数 量	備 考
海 底 掘 削 機		1 式	
掘削機用制御盤		1 式	
測定用機器類		1 式	けん引力、含泥率、速度等を測定
揚 錨 船	出 力 115 PS	1 隻	けん 引 用
揚 錨 船	出 力 45 PS	1 隻	復 帰 用
ク レ ーン 台 船	クレーン能力 15 t	1 隻	掘削機積みおろし用
台 船	能力100 t積、40 t積	2 隻	掘削機格納、測定ハウス、発電機、コンプレッサー搭載
発 電 機	出 力 100 kW	1 台	水中ポンプ、オーガ駆動用
コンプレッサー	圧 力 7 kg/cm ²	1 台	掘削機浮上用
小 型 発 電 機	出 力 1 kW	1 台	制御用、測定器用
吐 出 管	径 150 mmφ	約90 m	送 泥 用
その他(球形ブイ、錨、溶接機、エアホース、ケーブル、ワイヤー等)		1 式	

表-4 掘削試験工程表

年月日 項目	2 月												3 月											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
準 備																								
先 行 調 査																								
運 般 ・ 回 送																								
掘 削 試 験																								
後 測 ・ 跡 片 付																								



- | | | |
|----------------------|-----------------------------------|--|
| 1. 海底掘削機 | 8. コンプレッサー (7kg/cm ²) | 15. 圧力計の1 (内圧 P ₁ ポンプ出
口位置, 潮位から-200mm) |
| 2. 台船 (100t, 40t) | 9. 電磁流量計 | 16. 圧力計の2 (内圧 P ₂ ポンプ出
口位置から41m, 潮位から±0mm) |
| 3. クレーン台船 (15t) | 10. 含泥率計 | 17. 圧力計の3 (内圧 P ₃ ポンプ出
口位置から82m, 潮位から+400mm) |
| 4. 揚錨船 (115PS, 45PS) | 11. けん引力測定装置 | |
| 5. 掘削機制御盤 | 12. 計測用建屋 | |
| 6. 発電機 (100KW) | 13. フロータ | |
| 7. 小型発電機 (1KW) | 14. 排泥ホース | |

図-3 掘削試験配置図

3.4 測定方法

掘削試験における測定項目、測定機器および測定方法を以下に示す。また図-4に計測ブロック線図を示す。

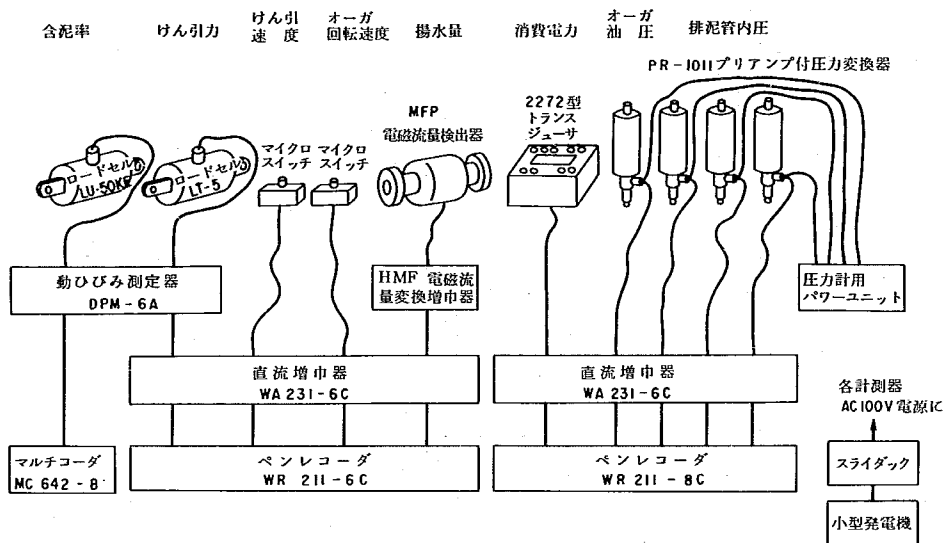


図-4 計測ブロック線図

(1) けん引力

L-T 5 ロードセル (新興通信) を使用。けん引力は、けん引用ワイヤーロープの張力を、けん引用揚錨船のウィンチ巻き取り装置付近に設置された、けん引力測定装置 (3 シブ法で計測) で測定した。けん引力は次式で示される。

$$T = A \cdot F \dots\dots\dots (3.1)$$

ただし、

T : けん引力 (kg)

A : けん引力測定装置の係数 ($A = 0.645$)

F : ロードセルの読み (kg)

(2) けん引速度

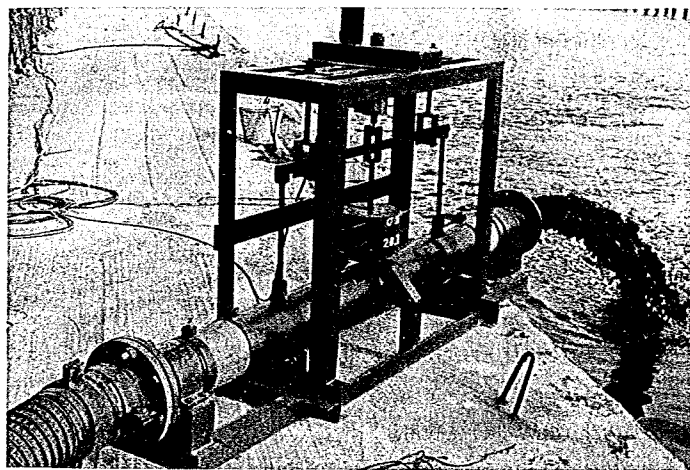
マイクロスイッチを使用。マイクロスイッチを取り付けた、けん引用ワイヤーロープ案内シブの回転速度より計算。

(3) 揚水量

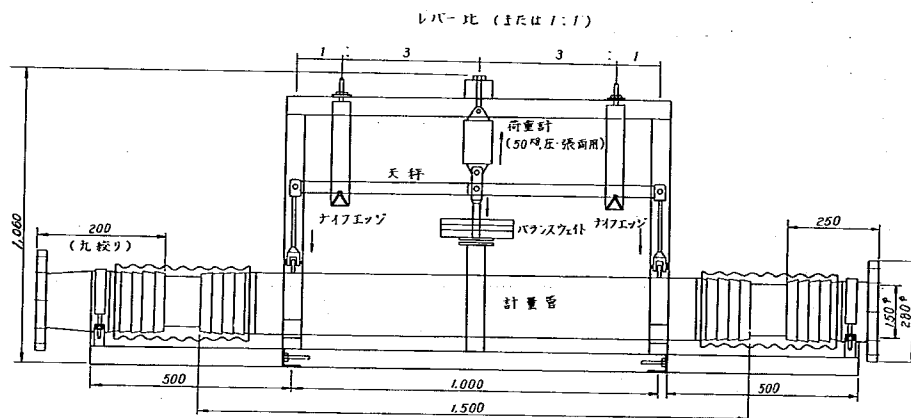
MFP 型電磁流量計 (横河電機) を使用。

(4) 含 泥 率

土木研究所開発の含泥率計（写真－３、図－５）を排泥管の出口付近に取り付け使用。含泥率の測定で、在来の含泥重量測定法では、泥水全体の重量を測定するためわずかな重量変化に対する精度が低い、これに対し土研式は、バランスウェイトを用いて水分の重量をキャンセルし、泥分の重量の変動のみを取り出すことができる機構になっている。測定時は、まず含泥率計に清水を流し、この時、ロードセル



写真－３ 含泥率測定装置



図－５ 含泥率測定装置

の指示が、ゼロになるようにバランスウェイトで調整する。その後、泥水を流し、ロードセルに現われた指示値から含泥率を計算する。含泥率は次式で示される。

$$\delta = \frac{r_m}{r_m - 1} \left(\frac{W_s - V_a}{W_s} \right) \times 100 \dots\dots\dots (3.2)$$

ただし、

δ : 含泥率 (%)

r_m : 泥の単位体積重量

W_s : 泥水重量 (g)

V_a : 計量管の有効容積の清水重量 (g)

(5) オーガ回転速度

マイクロスイッチを使用。マイクロスイッチを取り付けた、油圧モータの出力軸の回転速度より計算。

(6) オーガ駆動用油圧モータ圧力

PR-1011型プリアンプ付圧力変換器 (新興通信) を使用。

(7) 排泥管内圧

PR-1011型プリアンプ付圧力変換器を使用。圧力変換器の設置位置は、図-3の通りである。

(8) 水中ポンプ消費電力

2277型消費電力計 (横河電機) を使用。

これらの項目の測定値は、以下に示す記録計、増幅器を用いて記録した。

(a) DPM-6型ひずみ測定器 (共和電業)

(b) WR211-8C型8ch ペンレコーダ、WR211-6C型6ch ペンレコーダ (渡辺測器、以下同じ)

(c) WR231-6C型直流増幅器

(d) MC642-B型マルチコーダ

3.5 試験結果

3.5.1 掘削能力

掘削機の掘削能力は次式で示される。

$$Q = \frac{\delta \cdot W}{r_m} \times 60 \dots\dots\dots (3.3)$$

ただし、

Q : 掘削能力 (m^3/h)

δ : 含泥率 (%)

W : 揚水量 (m^3/min)

r_m : 泥の単位体積重量

掘削能力と掘削馬力の関係を図-6、図-7に示す。昭和48年度に掘削試験を行ったN値0のヘドロ

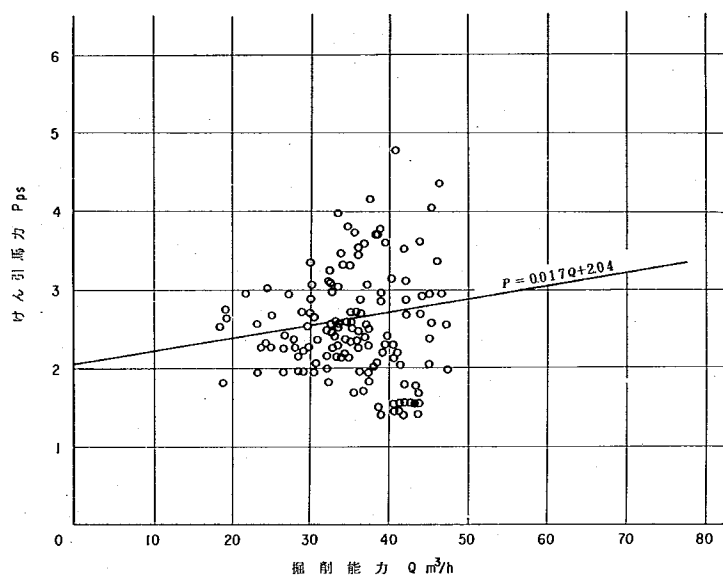


図-6 ヘドロ地盤での掘削能力とけん引馬力

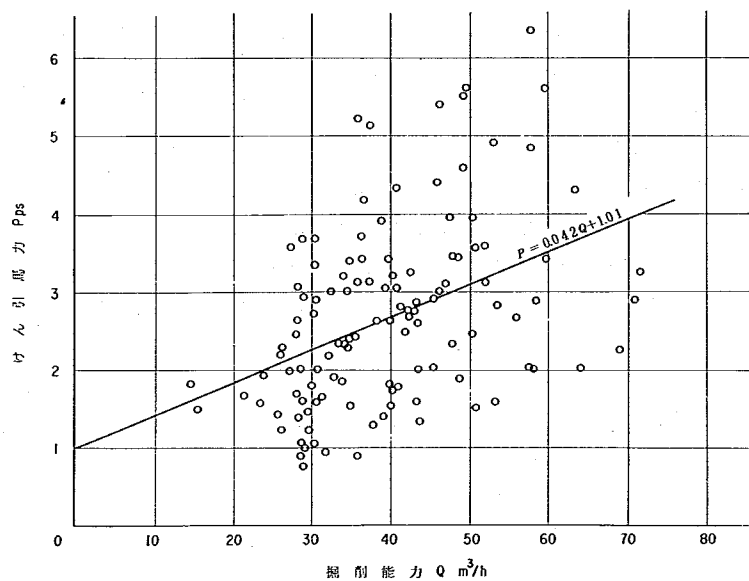


図-7 砂地盤での掘削能力とけん引馬力

地盤における掘削能力は、最大 $48 \text{ m}^3/\text{h}$ 、平均で $36 \text{ m}^3/\text{h}$ であった。この時のけん引速度は、平均 $9.2 \text{ m}/\text{min}$ である。一方、47年度の地盤は、 N 値 $10 \sim 15$ の砂質地盤であり、能力は最大 $72 \text{ m}^3/\text{h}$ 、平均で $40 \text{ m}^3/\text{h}$ であった。この時のけん引速度は、平均 $3 \text{ m}/\text{min}$ である。掘削機の掘削能力は、砂地盤での試験結果より、けん引速度を大きく取るより、深く掘削した方が能率がよいという結果から判断して、48年度の結果は、けん引速度の選定に難点があり、ヘドロ地盤上で十分な掘削能力を発揮出来なかったものと思われる。

3.5.2 含泥率

含泥率はけん引速度と掘削深さに対応して変化するが、けん引速度の変化より、むしろ掘削深さの影響が大きく、また、掘削深さは掘削機の前傾の程度によって影響を強く受ける。ヘドロ地盤での試験では、含泥率は最高26%、平均で17%の値を示した。一般のポンプ浚渫船の含泥率は、10%前後で、最大でも15%程度であるので、約2倍の値となっている。砂地盤での平均27%と比較すると低い値にとどまっているが、これは掘削能力と同じ理由と考えられる。含泥率とけん引力の関係は、ヘドロ地盤でバラツキが大きいが、含泥率の増加とともに漸増する傾向が認められる。一方、含泥率が最大の時、消費電力、排泥管内圧は最大となり、流量は最少となる。また、消費電力、内圧は含泥率に比例し、流量は反比例する値をしめした。

3.5.3 けん引力

けん引式海底掘削機で掘削を行う場合、必要なけん引力は、(i) 掘削機のスキッドと海底地盤との摩擦力、(ii) 掘削の為のオーガの食い込み力に分けられる。この内、(i) は地盤状況により、ほぼ一定と考えられるので、(ii) が掘削断面積や掘削地盤に対応して変化していると考えられる。図-8に掘削断面積とけん引力の関係を示す。図より、ヘドロ地盤の場合には、けん引力に対する掘削断面積の影響がほとんどみられないが、砂地盤では影響が大きく表われている。

3.5.4 水中ポンプ動力およびオーガ駆動力

水中ポンプ動力は、37kW水中サンドポンプの消費電力を測定した結果、最大33kW、平均で27kW、効率は平均で72%であり、流量はポンプ標準仕様より大きい値で運転を行っていた。また、オーガ駆動力は、オーガ用の油圧ポンプ駆動用電動機出力が22kWであるのに対し、油圧測定結果より計算するとオーガ駆動力は約0.7kWで極めて低い負荷率になっている。したがって動力的には余裕があるが、試験中ヘドロ層下部の砂地盤に食い込んだ場合、回転停止の状態もみられるので、油圧回路のリリーフ弁セット圧を上げるとともに、現状33rpmの回転速度をさらに減じ、トルクを上げる必要が認められる。

3.5.5 排泥管抵抗係数

海底掘削機を大型化し実用化するに際し、ポンプ浚渫の際の1つの問題点であり、馬力選定の基本的要因である高濃度泥水の管路抵抗を求めておくことが必要となってくる。そのため試験において図-3のように排泥管途中に圧力変換器を配置し、管内の圧力損失を求めた。それを基にし、管路の抵抗損失を求めるのに一般的に使用されているダルシー・ワイズバッハの式を用い、抵抗係数を求めた。排泥管抵抗係数は次式で示される。

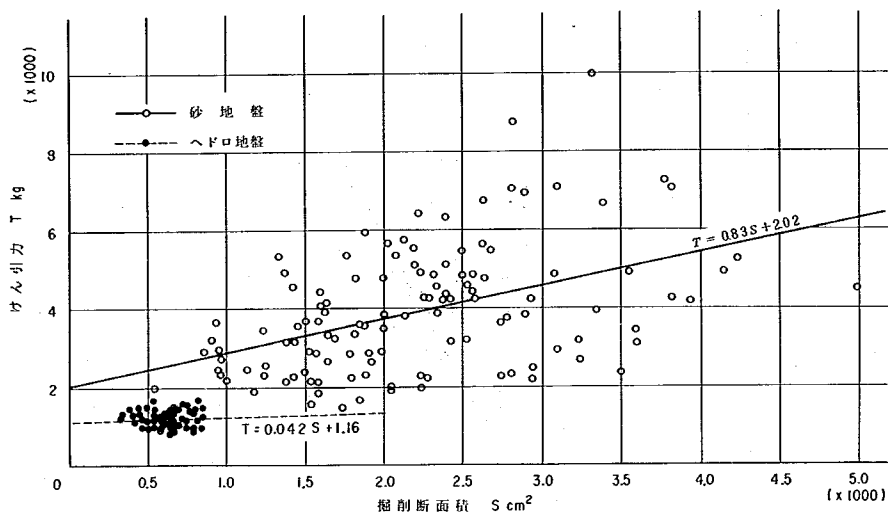


図-8 掘削断面積とけん引力

$$\lambda = H \frac{D \cdot 2g}{L \cdot v^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

ただし、

- λ : 排泥管抵抗係数
- H : 管路抵抗損失水頭 (m)
- D : 排泥管径 (m)
- g : 重力加速度 ($g = 9.8 \text{ m/sec}^2$)
- L : 排泥管長 (m)
- v : 管内流速 (m/sec)

含泥率と管内抵抗係数の関係を図-9に示す。 λ の値は海水で0.031、含泥率の上昇によって指数関数的な増加がみられた。なお本試験に用いた排泥管は、塩化ビニール系フレキシブルパイプ（東拓工業VSホースC型、径150mmφ）である。

3.5.6 海中の汚濁

最近、浚渫作業で問題とされている掘削中の海水の汚濁は、本機の試験の場合、目視ではあるが全く認められなかった。これは被けん引式で原地盤を乱さないこと、掘削がオーガを覆っているカバーの中で行われるためと考えられる。

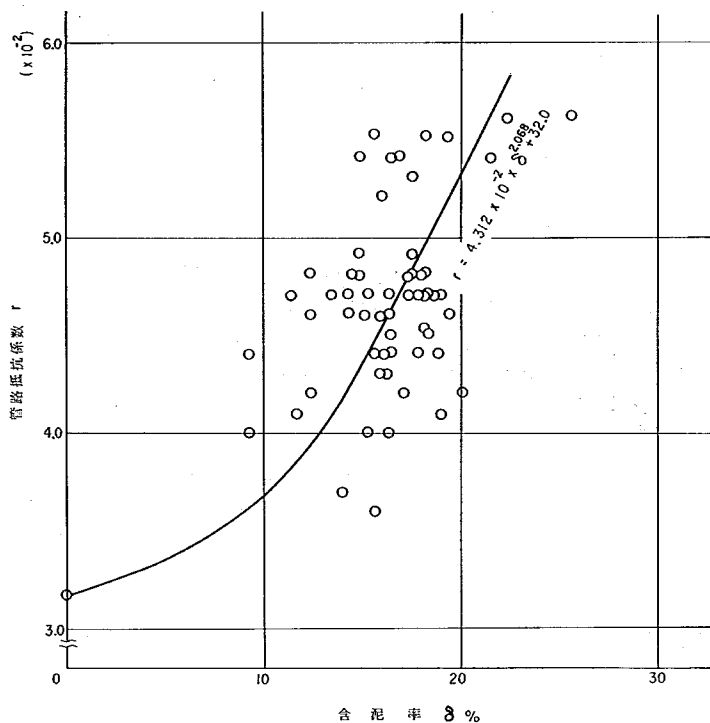


図-9 含泥率と管路抵抗係数

3.6 ま と め

海底掘削機による軟弱地盤での掘削試験の結果、次の事項が判明した。

- (1) 軟弱ヘドロ地盤を掘削する場合、掘削能力は平均で $3.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 、含泥率は平均で 17% の能力を示した。
- (2) 動力はポンプに比べてオーガに余裕があるが、オーガ回転速度はさらに下げてトルクを増す必要がある。
- (3) ヘドロ地盤では、けん引力に対する掘削断面積の影響はほとんどみられない。
- (4) 高濃度泥水の管路抵抗係数は、指数関数的な変化を示した。
- (5) 掘削中の海水の汚濁はみられなかった。
- (6) 実用化に際しては掘削位置の制御に関して検討が必要である。

4. 大型海底掘削機試設計

昭和49年度には、現在の海底掘削機を実際の施工に使用できるよう大型化するために、能力および機械の検討を行った。まず、掘削機の概略の仕様と機構を定め、それを基にして3種類の機種(けん引式大型海底掘削機、円筒型車輪駆動式大型海底掘削機、スキッド走行式大型海底掘削機)について試設計を行い、実用大型機の概要を明らかにした。

4.1 海底掘削機の概略仕様と機構

4.1.1 掘削機の概略仕様

試設計にあたり掘削機の基本仕様を下記のように定めた。

- (1) 掘削深度は海面下30mを標準とし、最大60mまで作業が可能なものとする。
- (2) 掘削能力は20m³級グラブバケット浚渫船に匹敵するものとする。
- (3) 掘削対象土質はN値が0～4の軟弱な粘土またはシルトとし、一部N値が15までの締った砂質土に対しても有効なものとする。
- (4) 浚渫物の輸送は掘削機より海面上の土運船までとし排泥管を用いた流体輸送とする。
- (5) 走行形式は作業区域周辺の海水汚濁を出来る限り少なくする方法とする。

4.1.2 掘削機の概略機構

昭和47、48年の試験の結果、試作機に機構的な問題がなかったので、掘削機の主な機構は試作機と同じものとし、その概略を下記に示す。

- (1) 機体は海底における作業を考慮し、主要動力部分を圧力容器内に納め海水の侵入を防ぐ。
- (2) 動力は本機作業区域の海面上に浮ぶ指令船より電力で供給する。
- (3) 海底における作業時の接地圧、姿勢制御並びに機体回収時の浮上は、浮力タンクにより行い、空気の供給は、指令船より行う。
- (4) 掘削機構は試作機と同じアースオーガ方式を用いる。
- (5) 掘削土は浚渫ポンプで海水と共に吸入、排送し、含泥率のできるだけ高い輸送を行う。

4.2 掘削機能力

4.2.1 浚渫能力

掘削機の浚渫能力は、一般の20m³グラブ浚渫船の水深30mでの浚渫能力に等しいものとし、まず、その能力を算出する。

グラブの浚渫サイクル $C_m(\min)$ は

$$C_m = t_1 \times 2 + t_2 \times 2 + t_3 = 0.67 \times 2 + 0.35 \times 2 + 0.46 = 2.5 \min \cdots \cdots (4.1)$$

ただし、

$$t_1 : \text{巻上、巻下時間 (巻上速度を } 45 \text{ m/min とする)} = 30 / 45 = 0.67 \text{ min}$$

$$t_2 : \text{旋回速度 (90度旋回で回転速度 } 1.4 \text{ rpm とする)} = 1.4 \times 90 / 360 = 0.35 \text{ min}$$

$$t_3 : \text{グラフ開閉時間など} = 0.46 \text{ min}$$

時間当りの浚渫土量 Q_m (m^3/h) は

$$Q_m = \frac{q \times 60}{C_m} = \frac{20 \times 60}{2.5} = 480 \text{ m}^3/h \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

ただし、

$$q = \text{グラフ容量} = 20 \text{ m}^3$$

浚渫ポンプ揚水量 Q_w (m^3/h) は

$$Q_w = \frac{Q_m}{C_c} = \frac{480}{0.25} = 1920 \text{ m}^3/h \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

ただし、

$$C_c : \text{含泥率 (試作機の試験実績より)} = 25\%$$

したがって、掘削機の浚渫土量は時間当り 480 m^3 、揚水量は時間当り 1920 m^3 とする。

4.2.2 泥水の比重

掘削機の浚渫ポンプより排送される泥水の比重 r_d (t/m^3) は

$$\begin{aligned} r_d &= r_m \cdot C_c + r_w (1 - C_c) = 1.47 \times 0.25 + 1.025 \times (1 - 0.25) \\ &= 1.14 \text{ t/m}^3 \quad \dots\dots\dots (4.4) \end{aligned}$$

ただし、

$$r_m = \text{浚渫物の比重}$$

$$r_w = \text{海水の比重} = 1.025 \text{ t/m}^3$$

ところが浚渫物がシルトの場合、その比重はシルト自身の含水率が問題となり、シルトの見かけ比重

r_m (t/m^3) は

$$\begin{aligned} r_m &= r'_m (1 - C_s) + r_w \cdot C_s = 2.5 \times (1 - 0.7) + 1.025 \times 0.7 \\ &= 1.47 \text{ t/m}^3 \quad \dots\dots\dots (4.5) \end{aligned}$$

ただし、

$$r'_m : \text{シルトの真比重} = 2.5 \text{ t/m}^3$$

$$C_s : \text{シルトの含水率} = 0.7$$

したがって排送泥水の比重は 1.14 t/m^3 となる。

4.2.3 浚渫ポンプ動力

まず、掘削機浚渫ポンプ所要水頭 H_T (m) は

$$H_T = \text{吸入管損失水頭 } H_s + \text{吐出管内損失水頭 } H_d \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

吸入管損失水頭 H_s (m) は

H_s = 吸入管内損失水頭 h_{s1} + 吸入口損失水頭 h_{s2} + 吸入直管内損失水頭 h_{s3} + 吸入曲管内損失

$$\text{水頭 } h_{s4} = 0.073 + 0.11 + 0.0161 + 0.12 = 0.319 \dots\dots\dots (4.7)$$

$$h_{s1} = \xi_1 \frac{V_g^2}{2g} = \frac{0.2 \times 2.67^2}{2 \times 9.8} = 0.073 m \dots\dots\dots (4.8)$$

ただし、

$$\xi_1 : \text{抵抗係数} = 0.2$$

$$V_g : \text{吸入口流速} = \frac{1920}{A_s + 3600} = \frac{1920}{0.2 + 3600} = 2.67 m/sec$$

(A_s : 吸入口断面積)

$$g : \text{重力加速度} = 9.8 m/sec^2$$

$$h_{s2} = \xi_2 \frac{V_s^2}{2g} = \frac{0.16 \times 3.67^2}{2 \times 9.8} = 0.11 m \dots\dots\dots (4.9)$$

ただし、

$$\xi_2 : \text{抵抗係数} = 0.16$$

$$h_{s3} = f \cdot \alpha \frac{L \cdot V_s^2}{d \cdot 2g} = \frac{0.0183 \times 0.122 \times 4.5 \times 3.67^2}{0.43 \times 19.6} = 0.0161 m \dots\dots\dots (4.10)$$

ただし、

$$f : \text{管径による係数} = 0.0183$$

$$\alpha : \text{土質含泥率による係数} = 0.122$$

$$L : \text{管の長さ} = 4.5 m$$

$$d : \text{管径} = 0.43 m$$

$$h_{s4} = \xi_4 \frac{V_s^2}{2g} = \frac{0.175 \times 3.67^2}{19.6} = 0.120 m \dots\dots\dots (4.11)$$

ただし、

$$\xi_4 : \text{曲線の抵抗係数 (180°曲管、管径 } 0.43 m \text{、曲率 } 0.65 m \text{ のとき)} = 0.175$$

$$V_s : \text{吸入管内流速} = \frac{4Q_w}{\pi \cdot D_s^2 \times 3600} = \frac{4 \times 1920}{\pi \times 0.43^2 \times 3600} = 3.67 m/sec$$

(D_s : 吸入管内径)

吐出管内損失水頭 H_d (m) は

$$H_d = \text{吐出損失水頭 } h_{d1} + \text{吐出直管内損失水頭 } h_{d2} + \text{吐出管端水面上高さ } h_{d3} = 0.283 + 14.7 + 5 = 20 m \dots\dots\dots (4.12)$$

$$h_{d1} = \xi'_4 \frac{V_d^2}{2g} = \frac{0.324 \times 4.14^2}{19.6} = 0.283 m \dots\dots\dots (4.13)$$

ただし、

ξ_4 : 曲管の抵抗係数 (90°曲管4箇所、管径0.405m、曲率0.65mのとき) = 0.324

$$V_d : \text{排水管内流速} = \frac{4Q_w}{\pi \cdot D_d^2 \times 3600} = \frac{4 \times 1290}{\pi \times 0.405^2 \times 3600} = 4.14 \text{ m/sec}$$

(D_d : 排水管内径)

$$h_{d2} = f' \cdot \alpha' \cdot \frac{L \cdot V_d^2}{d \cdot 2g} = \frac{0.0186 \times 1.22 \times 300 \times 4.14^2}{0.405 \times 19.6} = 14.7 \text{ m} \dots\dots\dots (4.14)$$

ただし、

f' : 管径による係数 = 0.0186

α' : 土質、含泥率、流速による係数 = 1.217

L : 管の長さ = 300m

d : 管径 = 0.405m

$h_{d3} = 5 \text{ m}$ (2000m³土運船とする)

浚渫ポンプ所要水頭 H_T (m) は

$$H_T = H_s + H_d = 0.319 + 20 = 20.3 \text{ m} \quad \text{約5\%増して21.5mとする。}$$

浚渫ポンプ駆動力 P_d (PS) は

$$P_d = \frac{\gamma_d \cdot Q_w \cdot H_T}{75 \times 3600 \times \eta_p} = \frac{1140 \times 1920 \times 21.5}{75 \times 3600 \times 0.65} = 268 \text{ PS} \dots\dots\dots (4.15)$$

ただし、

η_p : ポンプ全効率 = 0.65

したがって掘削機は約水頭22m、馬力270PSの浚渫ポンプを備えることが必要である。

4.3 大型海底掘削機の試設計

前述したことを基本事項として試設計の検討に入ったが、その内容は走行をどうするかを中心としたものになった。以下の項で3段階の検討の経過の順序に従い、けん引式、円筒型車輪駆動式、スキッド走行式の3種類の走行形式の掘削機について述べる。

まず3種類の計画とも走行方式を除き他の機構は、類似した部分が多いので以下に述べる。

(1) 掘削装置

掘削装置は試作機と同様のアースオーガ型スクリーコンベヤ方式を用いる。これは機体の前進によりスクリーブレードで地盤を掘削し、土砂はブレードにより中央の吸込口まで運ばれ、水中ポンプで送泥する方法である。コンベヤは油圧モータによりチェーンを介して駆動され、左右のコンベヤは独立した機構となっており、コンベヤ食い込み深さを油圧シリンダで調節できる。

(2) 浮力および姿勢制御

掘削機の接地圧の調整は、浮力タンク内の空気量を変えて行うものとし、浮力の増加をはかる場合は、

タンクの吹出し弁の遠隔開閉により空気を水中に放出する。なお、浮力タンクは機体回収時に浮上可能な容量のものを機体の左右に2本ずつ縦に並べ、左右の上側タンクに隔壁を設けて独立したタンクとし、機体の前後、左右の傾斜の調節を行い、残りの部分は浮力の調節だけを行う機構である。機体の傾斜の検出は、電気式傾度計により行い、その姿勢制御は、指令船からの圧縮空気の供給と各バルブの電磁開閉器を操作することにより行う。

(3) 運転制御および動力

掘削機は制御盤、発電機、空気圧縮機を持った海面上の支援船と電動機用の電力線、圧縮空気を送るパイプ、制御用通信線で連絡され、動力の供給と運転制御の指示を受ける。また、掘削機の機械室は圧力タンクとなっており海水の侵入を防ぐ。この中で2台の電動機が動力源となり、減速歯車箱を介して浚渫ポンプ、オーガ用油圧ポンプ、走行装置用油圧ポンプを駆動する。

(4) 施工状況

図-10に3種類の計画案の1つのスキッド式海底掘削機の施工状況を示す。図のように施工は掘削

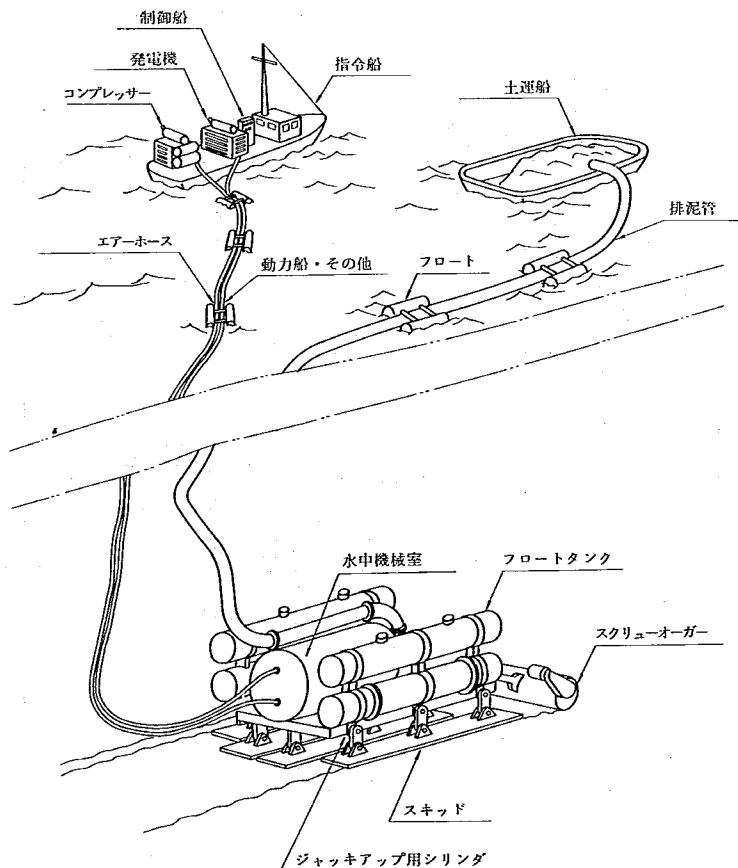


図-10 スキッド走行式海底掘削機施工状況図

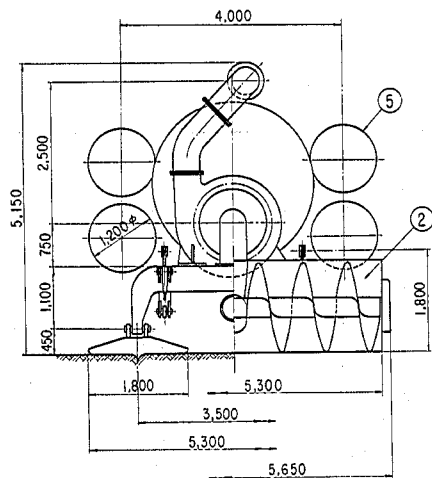
機、指令船、土運船の組み合わせで行われ、掘削機により掘削された土砂は排泥管により、海面上に配置された土運船に積み込まれ、土砂捨場へ運搬、処理される。

4.3.1 けん引式大型海底掘削機

第1次計画で検討されたけん引式大型海底掘削機は、試作機と同様に機体の移動を海面上の作業船に装備されたウィンチを用いて、けん引することにより行う。しかし、試作機では前方のみ掘削装置がないため、一方向に掘削移動した後、浮上させ元の位置に戻し、再び沈め掘削作業を繰り返す形式となっており、作業時間に占める純掘削時間の割合が低く効率が悪い。これを改善するため、第1次計画では前後に掘削装置を設け、着地したまま往復けん引させる形式をとって効率の増加をはかった。図-11にけん引式掘削機の概略図、表-5にその概略仕様を示す。その構造は2本のスキッドで本体を支え、本体の中央に浚渫ポンプを置き前後の掘削装置より吸入管で泥水を吸入する。また、吸入管の途中に仕切弁を設け掘削していない側からの流入を防いでいる。掘削装置はリンク機構で支持されており、油圧シリンダによって掘削面高さが調整できる。さらに、掘削装置はスクリーブレイド先端を土中に押し込み左右のスクリーを互に逆転させることにより、機体の横移動が可能である。他に接地圧調整、本体姿勢制御用の浮力タンク、各種電動機、ポンプなどをおさめた機械室が搭載されている。

表-5 けん引式大型海底掘削機概略仕様

項 目		数 値	
走 行 形 式		作業船のウィンチによるけん引	
性 能	揚 水 量	1 9 2 0 m^3/h (揚程 2 1.5 m)	
	含 泥 率	2 5 % (平均)	
	掘 削 速 度	2 ~ 3.5 m/min	
	掘 削 深 度	3 0 m (標準)、6 0 m (最大)	
	掘 削 幅	5,3 0 0 mm	
	掘 削 深 さ	5 5 0 mm	
主 要 諸 元	本 体 重 量		5 2,0 0 0 kg
	本 体 寸 法	全 長	1 2,1 0 0 mm (掘削装置含む)
		幅	5,6 5 0 mm
		全 高	5,1 5 0 mm
	水 中 ポンプ	形 式	横型片吸込単段うず巻ポンプ
		駆動馬力	2 6 8 PS
	掘 削 装 置	形 式	アースオーガ型スクリーコンベヤ
		回転速度	1 0 ~ 1 5 rpm
		駆動馬力	2 3 PS
	ス キ ッ ド	面 積	2 8 m^2
		大 き さ	7,8 0 0 mm ℓ $\times$ 1,8 0 0 mm b $\times$ 2 本
	フ ロ ー ト 容 量		8 m^3 のもの4本



8	曲圧シリンダ	ホーガ製へ込み油圧機用
7	ス・ヤッ	7600mm ^φ x 1200mm ^b
6	排泥管	径 0.4m
5	フロートタンク	9.5 m ³ のもの4本
4	水中機械室	2819mm ^φ x 4200mm ^h
3	本体架台	
2	スクリーンホーガ製カッタ	1600mm ^φ x 5300mm ^h
1	水中サンドポンプ	駆動馬力 268 PS
No.	名 称	規 格

単位：mm

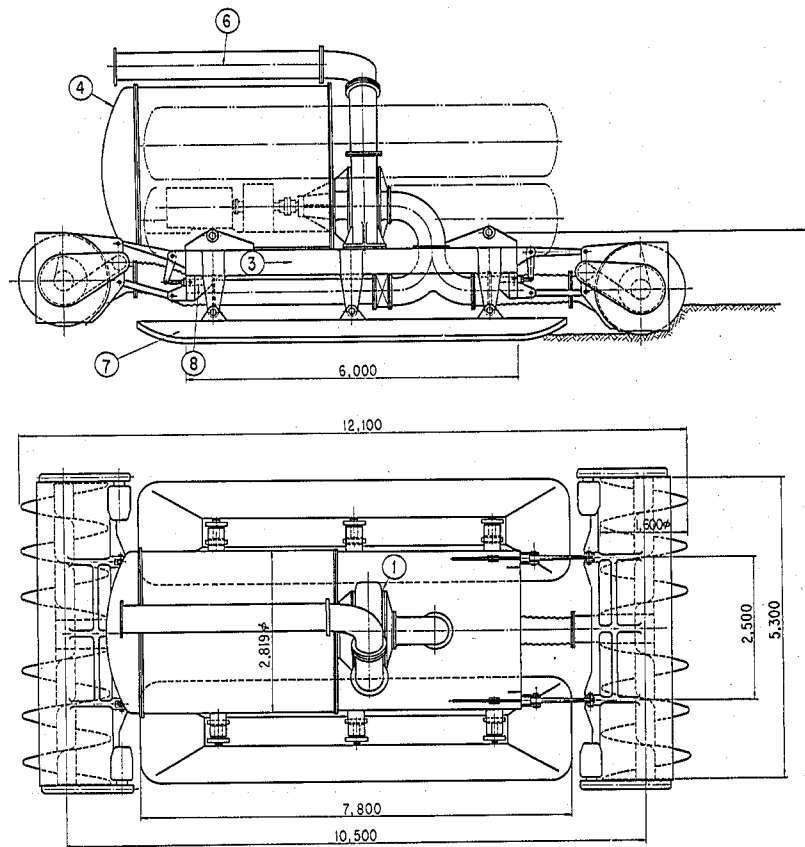


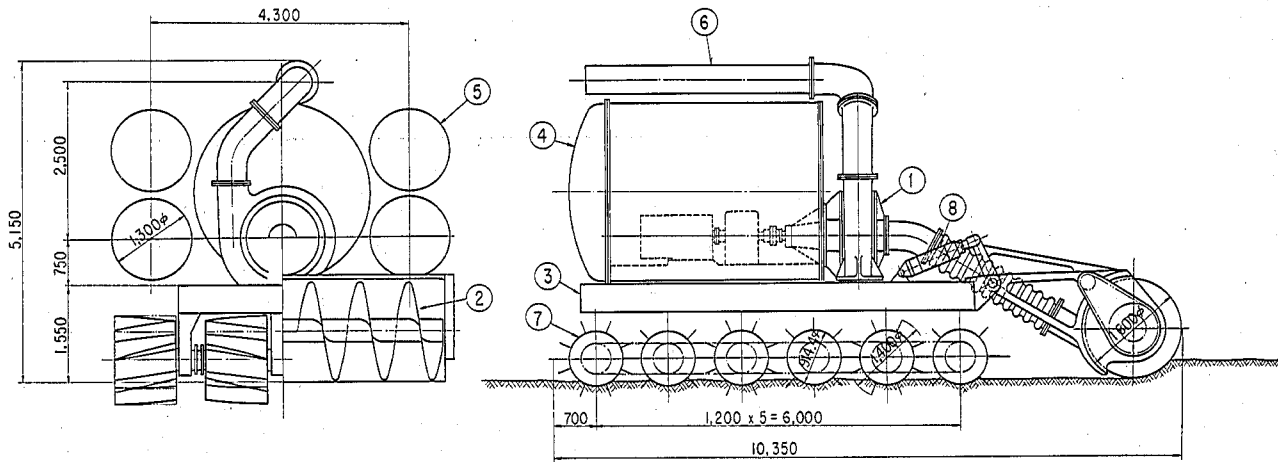
図-11 けん引式大型海底掘削機概略図

4.3.2 円筒型車輪駆動式大型海底掘削機

第1次計画のウインチによるけん引式では、掘削機と指令船自体のまとまりはよいが、けん引を行う作業船の配置と作業船のアンカーの点で非常に広い作業海域の設定が必要となり、船舶の運航の障害となる。このため第2次計画では、海底で自走かつ前進方向を自由に変更しうるものとし、作業海域の縮少と掘削機の稼働率および操作性の向上をはかるよう計画変更を行った。図-12に掘削機の概略図、表-6にその概略仕様を示す。掘削機の走行は機体の両側に6対づつ、計12対の直径約920mmの円筒型の車輪で行われ、各車輪は高さ約240mmの勝手反対のヒレを各8枚装備し、これを地盤に食い込ませながら各々片側6台、計12台の油圧モータで駆動する。車輪は正逆回転および回転速度が可変であり、掘削速度

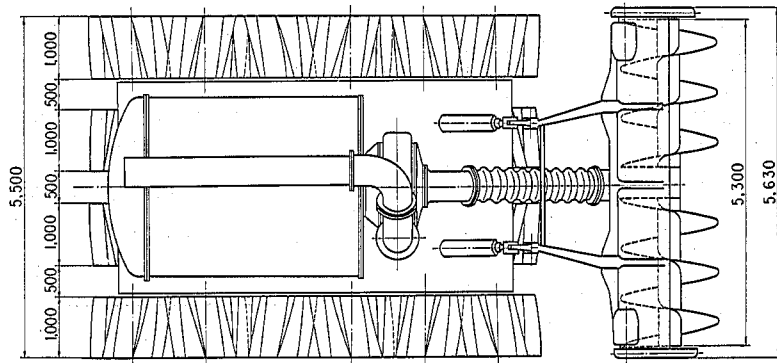
表-6 円筒型車輪駆動式大型海底掘削機概略仕様

項 目		数 値
走 行 形 式		円筒型車輪駆動方式
性 能	揚 水 量	1.920 m^3/h (揚程 2.15 m)
	含 泥 率	25% (平均)
	掘 削 速 度	4~6 m/min
	掘 削 深 度	30 m (標準) 60 m (最大)
	掘 削 幅	5,300 mm
	掘 削 深 さ	550 mm
主 要 諸 元	本 体 重 量	65,800 kg (掘削装置含む)
	本 体 寸 法	全 長 10,350 mm
		幅 5,650 mm
		全 高 5,150 mm
	水 中 ポンプ	形 式 横型吸込単段うず巻ポンプ
		駆動馬力 268 PS
	掘 削 装 置	形 式 アースオーガ型スクリュコンベヤ
		回転速度 15~20 rpm
		駆動馬力 16.6 PS
	車 輪	個 数 左右各々6対合計12対
		接地面積 13.2 m^2
		大 き さ 9,200 mm $\phi \times 1,000 mm$ の車輪 に 240 mm の勝手反対のヒレ
		回転速度 1.4~2.1 rpm
		駆動馬力 57.6 PS
		フ ロ ー ト 容 量 9.7 m^3 のもの4本



8	油 圧 シ リ ン ダ	オーガ及びミシンの駆動用
7	車 輪	9200mmφ×1000mm
6	排 泥 管	径 0.41m
5	フ ロ ー ト タ ン ク	9.7m ³ のもの4本
4	水 中 掘 削 室	2819mmφ×4200mm ^h
3	本 体 架 台	
2	スクリューオーガ駆動カッタ	1600mmφ×5300mm ^h
1	水平サンドポンプ	駆動馬力 268PS
No.	名 称	規 格

單位：元



圖一 1 2 圓筒型車輪驅動式大型海底掘削機概略圖

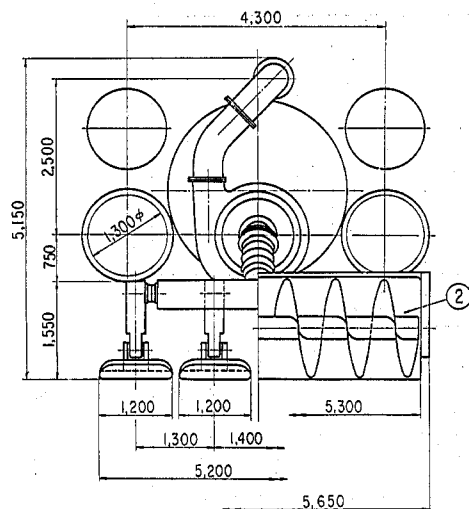
の変化、機体の前進方向制御、その場旋回などが可能である。なお、車輪は回転数の同調をとるため片側輪を互にローラチェーンで連結する構造とする。また、掘削装置は前方のみとし、掘削反力が大きくとれないため掘削深さを少なくし、走行速度を早く、オーガ回転速度を高くした。

4.3.3 スキッド走行式大型海底掘削機

第2次計画では地盤が非常に軟らかく、せん断抵抗力が小さい場合に、動輪のヒレで機体の支持地盤を掘りおとし、前進力を生じない状態になるおそれがあるので、地盤の状態に対応できるように、第3次計画ではスキッド走行式とした。図-13に掘削機の概略図、表-7にその概略仕様を示す。この走行方式は機体に外側と内側に2組のスキッドを装備し、外側のスキッドで機体を支えている間に、内側のスキッドを持ち上げて本体とともにスライドさせる。前進終了後、反対に内側スキッドで機体を支え、外側のスキッドを持ち上げて、本体の位置までスライドさせる。これを順次くり返し掘削を行うものである。各スキッドは単独に脚の伸縮が可能であり、また、内側のスキッドの支持台と本体は一体構造とし、外側のスキッドの支持台は油圧シリンダで本体とスライドできるようにする。

表-7 スキッド走行式大型海底掘削機概略仕様

項 目		数 値	
走 行 形 式		スキッド走行式	
性 能	揚 水 量	1 9 2 0 m^3/h (揚程 2 1.5 m)	
	含 泥 率	2 5 % (平均)	
	掘 削 速 度	5 m/min	
	掘 削 深 度	3 0 m (標準) 、 6 0 m (最大)	
	掘 削 幅	5,3 0 0 mm	
	掘 削 深 さ	3 0 0 mm	
主 要 諸 元	本 体 重 量		5 8,9 0 0 kg
	本 体 寸 法	全 長	1 0,2 0 0 mm (掘削装置含む)
		幅	5,6 5 0 mm
		全 高	5,1 5 0 mm
	水 中 ポ ン プ	形 式	横型片吸込単段うず巻ポンプ
		駆動馬力	2 6 8 PS
	掘 削 装 置	形 式	アースオーガ型スクリューコンベヤ
		回転速度	1 5 ～ 2 5 rpm
		駆動馬力	1 6.6 PS
	ス キ ッ ド	面 積	1 8.7 m^2 (2本)
		大 き さ	1,2 0 0 $mm\ell \times 1,2 0 0 mm b \times 4$ 本
	フ ロ ー ト 容 量		9.5 m^3 のもの4本



9	油圧シリンダ	オーカ族へ込込み専用
8	スライドベース	7800mmφ x 1200mmφ
7	ジャッキアップ用シリンダ	ストローク 400mm
6	排泥管	径 0.41m
5	フロートタンク	容量 9.5m ³ x 4本
4	水中機械箱	2819mmφ x 4200mmφ
3	スライドベース	
2	スクリーンオーガ型カッタ	1600mmφ x 5300mmφ
1	水中マンドポンプ	駆動馬力 268 PS
No.	名 称	規 格

単位: mm

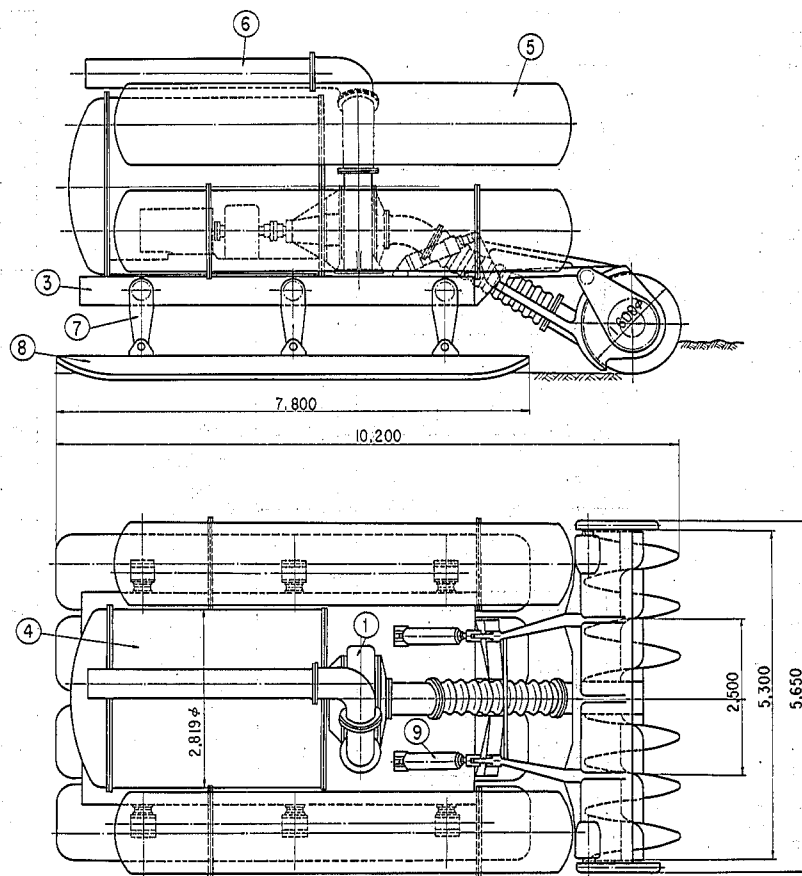


図-13 スキット走行式大型海底掘削機概略図

[illegible]

№	名 称	№	名 称	№	名 称
1	モーター	10	パイロットチェック弁	19	フローコントロール弁
2	油圧ポンプ	11	フローコントロール弁	20	外側スキッド用シリンダ
3	チェックバルブ	12	圧力スイッチ	21	パイロットチェック弁
4	圧力計	13	圧力スイッチ	22	フローコントロール弁
5	ソレノイドバルブ	14	機体スライド用シリンダ		
6	シーケンス弁	15	スライドベース		
7	シーケンス弁	16	機体架台		
8	シーケンス弁	17	内側スキッド用シリンダ		
9	シーケンス弁	18	パイロットチェック弁		

— 28 —

伸長し終るとシーケンス弁⑦が開き機体スライド用油圧シリンダ⑭を伸長して、地盤と接する外側スキッドに対して本体が前が出る。この前進中に掘削も同時に行う。なお、掘削速度はフローコントロール弁⑩を変えることにより変化させることが可能である。前進が終ると圧力スイッチ⑬が入り、ソレノイドバルブ⑥がB側に切り換わる。B側の回路では、まず内側スキッド用油圧シリンダ⑮が伸長して本体を支える。次に外側スキッド用油圧シリンダ⑯が収縮して外側スキッドを格納する。さらに機体スライド用油圧シリンダ⑭を収縮して、外側スキッドを前進した本体の元の場所まで戻す。これで最初の掘削機姿勢に戻り、掘削1工程を完了する。この時点で圧力スイッチ⑬が働き、ソレノイドバルブ⑥をA側に切り換え、この動作を繰り返すことにより掘削と前進が行われる。

ここで走行部分の細部についての計算を以下に示す。

(1) 掘削速度

掘削機の掘削速度 V (m/min) は

$$V = \frac{Q_m}{t \cdot B \times 60} = \frac{480}{0.3 \times 5.3 \times 60} \approx 5 m/min \quad (\text{移動距離 } 1.5 m \text{ を } 18 sec \text{ で走行})$$

(4.16)

ただし、

t : オーガ食い込み深さ = $0.3 m$

B : オーガ幅 = $5.3 m$

(2) ジャッキ用油圧シリンダ

(a) 機体押上げ荷重 W_j (kg)

$$W_j = W - (W_c + W_k) = 27650 - (1570 + 1300) = 24780 kg$$

(4.17)

ただし、

W : 水中機体重量 = $27650 kg$

W_c : 油圧シリンダ半数重量 (水中) = $1570 kg$

W_k : スキッド半数重量 (水中) = $1300 kg$

(b) シリンダ作動圧 P_j (kg/cm^2)

機体ジャッキアップ中の作動油圧 P_j は

$$P_j = \frac{4W_j}{N_j \cdot \pi \cdot D_j^2 \cdot \eta_j} = \frac{4 \times 24780}{6 \times \pi \times 8^2 \times 0.95} \approx 87 kg/cm^2 \quad (4.18)$$

ただし、

N_j : シリンダ数 = 6本

η_j : 機械効率 = 0.95

(c) ジャッキ用油圧シリンダ仕様

形式 両側クッション付耐海水複動油圧シリンダ

シリンダ径	$D_j = 80 \text{ mm}$
ロッド径	$d_j = 45 \text{ mm}$
全ストローク	$S = 400 \text{ mm}$
クッションストローク	$S_c = \text{両側各 } 25 \text{ mm}$
定格圧力	140 kg/cm^2

(d) 作動油供給量 Q_j (ℓ/min)

シリンダ速度 V_s は 200 mm/sec とする。ただし、クッションストローク中シリンダ速度は V_c は 50 mm/sec とする。

ジャッキアップに要する時間 t_j (sec) は

$$t_j = t_1 + t_2 = \frac{S - 2S_c}{V_s} + \frac{2S_c}{V_c} = 1.8 + 0.8 = 2.6 \text{ sec} \dots\dots\dots (4.19)$$

したがってジャッキ用油圧シリンダ作動油供給量 Q_j は

$$Q_j = \frac{N_j \cdot \pi (D_j^2 - d_j^2) \times (S - 2S_c) \times 60}{4 t_j}$$

$$= \frac{6 \times 3.14 \times 36 \times 60}{1.8} \approx 247 \ell/\text{min} \dots\dots\dots (4.20)$$

(3) 機体スライド用油圧シリンダ

(a) 掘削前進に要する荷重 W_s (kg)

$$W_s = F + \mu [W - (W_c + W_B + W_X)] = 13200 + 0.15 [2760 - (1570 + 2170 + 1300)] \approx 16600 \text{ kg} \dots\dots\dots (4.21)$$

ただし、

F : 掘削前進抵抗力 = 13200 kg (この値は砂地盤の掘削前進抵抗力)

μ : スライドベース間摩擦係数 = 0.15

W_B : スライドベース重量 (水中) = 2170 kg

(b) シリンダ作動油圧 P_s (kg/cm^2)

$$P_s = \frac{4 W_s}{N_s \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot \eta_s} = \frac{4 \times 16600}{2 \times \pi \times 400 \times 0.95} \approx 28 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (4.22)$$

ただし、

N_s : シリンダ数 = 2 本

(c) 機体スライド用油圧シリンダ仕様

形式 両側クッション付耐海水複動油圧シリンダ

シリンダ径	$D_s = 200 \text{ mm}$
ロッド径	$d_s = 112 \text{ mm}$
全ストローク	$S = 1500 \text{ mm}$

クッションストローク

$S_c =$ 両側各 25 mm

定格圧力

70 kg/cm²

(d) 作動油供給量 Q_s (ℓ/min)

スライドベース移動に要する時間 $t_s = t_3 + t_4$ はオーガの掘削能力から 18 sec としているので

$$t_4 = \frac{2 \times S_c}{V_c} = \frac{50}{50} = 1 \text{ sec}$$

$$t_3 = t_s - t_4 = 18 - 1 = 17 \text{ sec}$$

したがって機体スライド用油圧シリンダ作動油供給量 Q_s は

$$Q_s = \frac{N_s \cdot \pi (D_s^2 - d_s^2) \cdot (S - 2S_c) \times 60}{4 t_3}$$
$$= \frac{2 \times 216 \times 1450 \times 60}{17} \approx 220 \text{ ℓ/min} \dots\dots\dots (4.23)$$

(4) 走行のサイクルタイム

走行部分の 1 サイクルの動作と所要時間は以下のとおりである。

(i) 外側ジャッキ用シリンダ伸長	3 sec
(ii) 内側ジャッキ用シリンダ収縮	2 sec
(iii) 機体スライド用シリンダ伸長	18 sec
(iv) 内側ジャッキ用シリンダ伸長	3 sec
(v) 外側ジャッキ用シリンダ収縮	2 sec
(vi) 機体スライド用シリンダ収縮	9 sec
合 計	37 sec

4.4 ま と め

大型海底掘削機について 3 種類の方式について検討した結果、次のことが判明した。

- (1) 480 m³/h の作業能力を設定した結果、オーガスクルー・水中ポンプ方式の掘削方式によって全長 10 m、全幅 5.7 m、重量 59 t、馬力 340 PS となり、20 m³ グラブ浚渫に比して非常にコンパクトな機械となる。
- (2) 作業効率や作業区域の設定、支援用作業船の面で自走式が有利となる。
- (3) 軟弱地盤上の自走方式としては、スキッド式がもっとも可能性が大きいものとみなされるが、軟弱地盤上の走行特性について検討を要する。

5. スキッド式走行装置の走行試験

昭和49年度の大型海底掘削機の試設計で海底での走行方式としてスキッド走行式を提案した。現状では海底での自走形式としては、クローラ式が一般的であるが、これは地盤条件が良好の場合でないと走行が出来ないという欠点を持っている。したがって軟弱地盤を対象とした場合、クローラ式を採用することが出来ない。提案したスキッド走行式については使用実績もなく、その実用性を確認する必要がある。50年度は、こうした目的でスキッド走行装置の模型を製作し、その走行性能を試験することとした。

5.1 スキッド走行式の特長

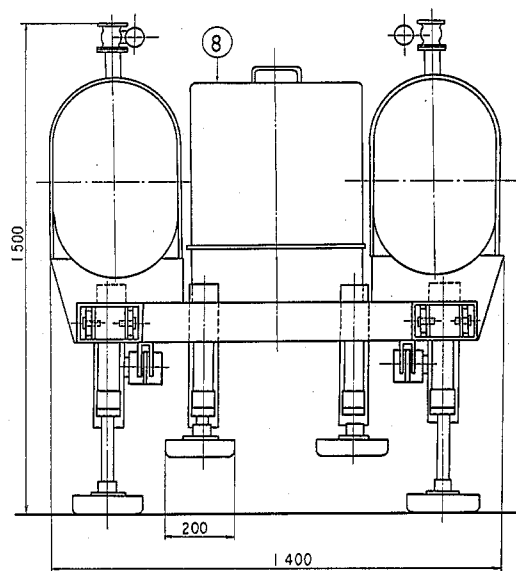
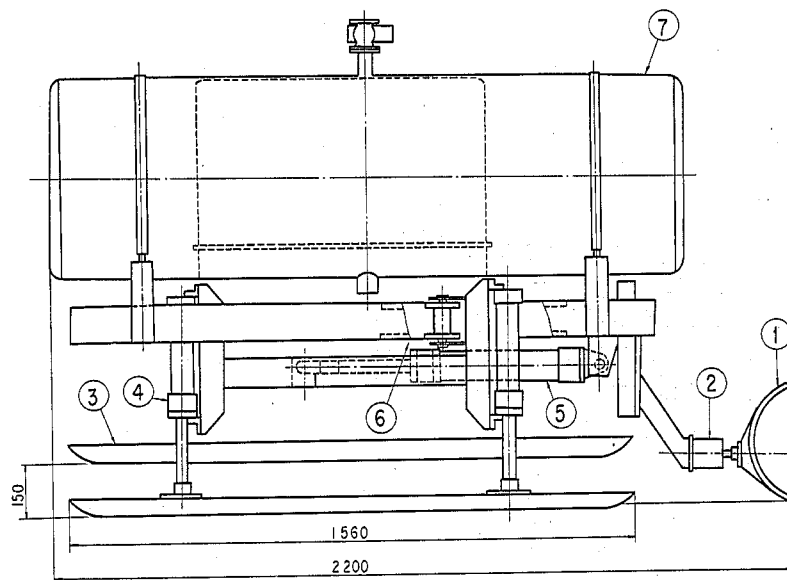
現在使用されている海底作業機械の代表としては、水中ブルドーザや水中ショベルなどがあげられるが、その走行方式は普通履帯や湿地用履帯を有したクローラ式がとられている。これらは陸上で数多く使用されて性能が確認されていること、改良がくり返されて故障などが少ないことがあげられる。しかし、これらの機械が使用される場所は土質条件がよい場所であり、軟弱なヘドロ地盤などではトラフィカビリティが悪く作業に使用するのは困難である。これらに対し、スキッド走行式は次のような特長が考えられる。

- (1) スキッド式では掘削機本体下部全面を走行部分とすることができ、クローラ式などに比べて広い接地面積を得ることが可能である。
- (2) クローラ式では地盤が軟弱になるにつれて、車輛の沈下により走行抵抗が急激に大きくなるが、スキッド式に浮力による自重の調整機構を加えれば微少とすることが可能である。
- (3) クローラ式では履帯の損傷が多いが、それをほとんど考慮する必要がない。
- (4) スキッド走行方式は理想的な状態では、走行中、スキッドと地盤との間に相対移動がないため、海水を汚濁することが少ないと思われる。

5.2 スキッド式走行装置

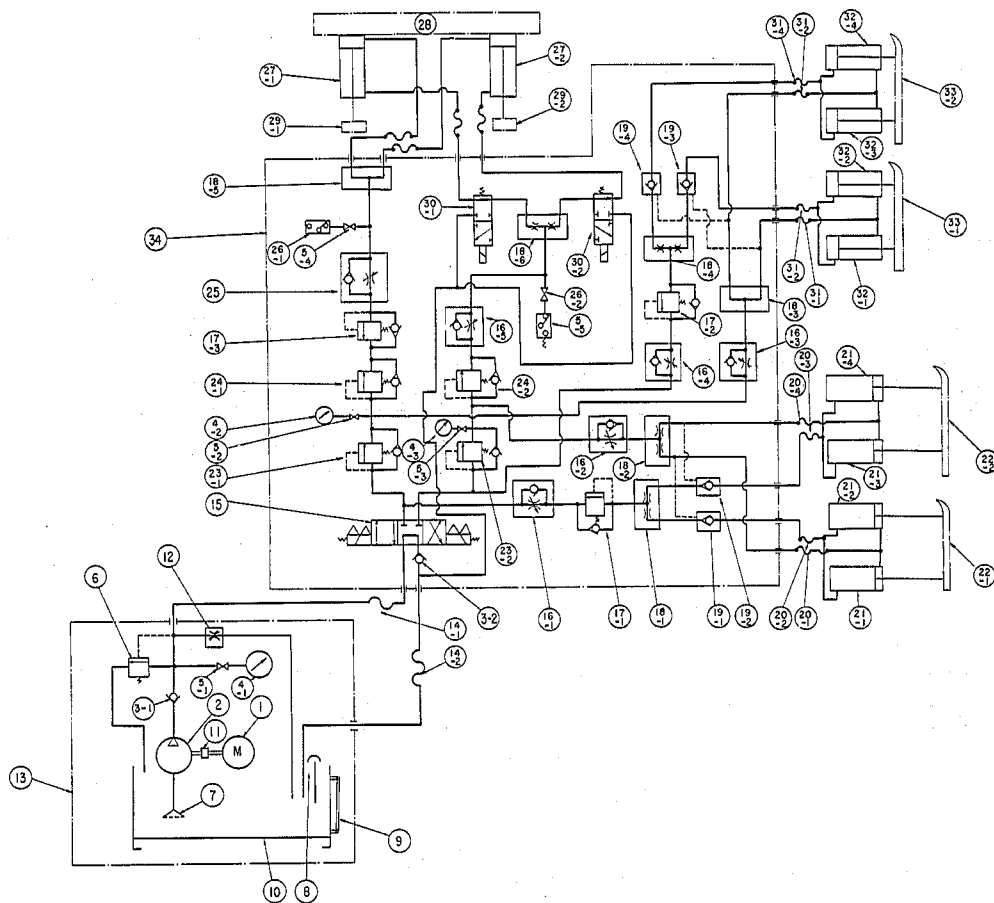
試験用に製作した走行装置は、試設計を行った大型海底掘削機の構造を縮尺したもので、主に走行性能を試験することを目的としているため、オーガ、水中サンドポンプは取り付けず、ブレードにて掘削押土する機構とした。地盤支持力の変化に対しスキッド接地圧を変化させるため、左右のフロートに充気、充水して行う。また、陸上に置かれた油圧パワーユニットの給油量を変化させることにより、掘削速度を変化させることができるようにした。歩行装置を写真-4に、概略図を図-15に、概略仕様を表-8に、また、走行装置油圧回路図を図-16に示す。

座	名 称	規 格	座	名 称	規 格
1	ブレード	1260 ^b × 300 ^b	5	スライド用シリンダ	63 ^d × 300 ^{d+1}
2	ロードセル	掘削抵抗測定用	6	スライドベース	20 ^b × 18 ^b × 300 ^d
3	スキャッド	200 ^b × 1,560 ^b	7	フロート	左右各1
4	スキャッド用シリンダ	50 ^d × 150 ^{d+1}	8	機械室	油圧, 空圧ユニット



単位: mm

図-15 走行装置概略図



点	品 名	数 量	備 考
1	モ ー タ	1	7.5kW×4 ¹ ×3 ¹ A1200 ¹ , 50Hz
2	油圧ポンプ	1	25 ¹ /1500 ¹ mm, 140kg/cm ²
3	チャックバルブ	2	
4	圧 力 計	3	3/8 ¹ , 100 ¹ ×200kg/cm ²
5	ゲージコック	5	
6	リリーフバルブ	1	140kg/cm ²
7	ストレーナ	1	
8	エアーブリーザ	1	
9	油 面 計	1	
10	オイルタンク	1	100 ¹
11	カップリング	1	
12	フロッコン	1	
13	パワーエレクト	1式	(油圧モータ)
14	フレキシブルホース	2	3/8 ¹ ×20 ¹ m
15	フレノイドバルブ	1	3/8 ¹ , 3 位置
16	フローコンチャック付	5	10~25 ¹ /mm
17	カウンタバルブ	3	4.5~9kg/cm ²
18	フローバイパス	6	5~13 ¹ /mm
19	パイロットチャック	4	クランピング 2kg/cm ²
20	フレキシブルホース	4	3/8 ¹ ×2 ¹ m
21	シリンダ (移動機)	4	50 ¹ ×25 ¹ ×150 ¹ クランピング付
22	スキャッド ()	2	
23	チャック付シーケンス	2	セット圧力 50~70 ¹ kg/cm ²
24	”	2	セット圧力 120~140 kg/cm ²
25	チャック付70-コン	1	
26	圧力スイッチ	2	
27	移動機シリンダ	2	50 ¹ ×35 ¹ ×300 ¹
28	高圧継手	1式	
29	スライドバルブ	2	
30	フレキシブルホース	4	3/8 ¹ ×15 ¹ m
31	シリンダ (固定機)	4	50 ¹ ×25 ¹ ×150 ¹ クランピング付
32	スキャッド ()	2	
33	スキャッド ()	2	
34	水中バルブエレクト	1式	

図-16 走行装置油圧回路図

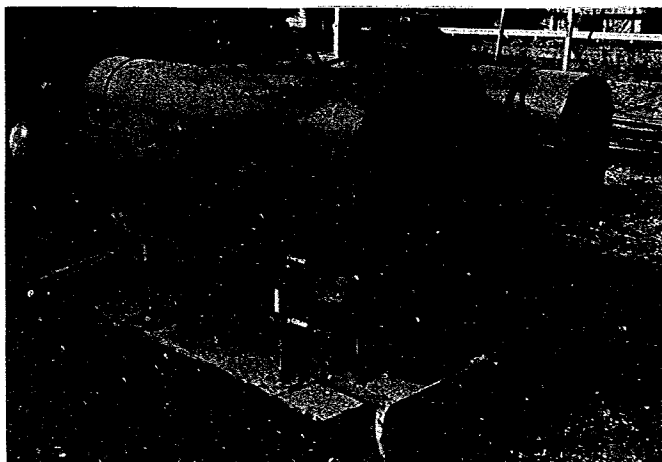


写真-4 走 行 装 置

表-8 走 行 装 置 概 略 仕 様

項 目		数 値
走 行 形 式		スキッド走行式
走 行 速 度		0.49 m/min
掘 削 速 度		1.0 m/min
掘 削 幅		1260 mm
本 体 重 量	空 中	914 kg
	水中(フローﾄ充電時)	416 kg
	水中(フロート充気時)	-156 kg
本 体 寸 法	全 長	2,200 mm
	幅	1,400 mm
	全 高	1,500 mm
ス キ ッ ド	大 き さ	1,560 $mm^2 \times 200 mm \times 4$ 本
	面 積	6,240 cm^2
	接 地 圧 (水 中)	0~0.067 kg/cm^2
フ ロ ー ト 容 量		0.29 m^3 のもの2本
1サイクル移動距離		300 mm
本体ジャッキアップ高さ		150 mm
シリンダ伸長・収縮時間	ジャッキ用シリンダ伸長	3 sec
	ジャッキ用シリンダ収縮	2 sec
	スライド用シリンダ伸長(掘削)	18 sec
	スライド用シリンダ収縮	9 sec

5.3 試験方法

5.3.1 試験用走行地盤

試験用の走行地盤として土木研究所構内建設機械性能試験場内に、長さ×幅×深さ（ $24\text{ m} \times 3\text{ m} \times 2\text{ m}$ ）の水槽を掘り、砂、ローム、ヘドロの3種類の土を 50 cm の厚さに、各々 8 m の長さにわたって敷均して、試験用地盤とした。試験は地盤条件の変化に対応して2回行った。このときの№1試験（水槽に水を入れたのち1週間経過後の試験）と№2試験（1ヶ月経過後の試験）における水低下 5 cm の含水率や地盤支持力（コーン指数）などを表-9に示す。

表-9 走行地盤状況

項目		砂地盤	ローム地盤	ヘドロ地盤
比重		2.5	2.8	2.6
単位体積重量		1.7	1.1	1.3
№1試験	含水率（％）	39	119	121
	支持力（ kg/cm^2 ）	2.2	0.18	0.11
№2試験	含水率（％）	40	122	121
	支持力（ kg/cm^2 ）	2.1	0.12	0.16
備考		圧密し高い地盤支持力を示している。	支所構内の土を使用、関東ロームであり水を入れたのち表面は液化している。	霞ヶ浦の水底土、高含水率の重粘土で自立不能である。

5.3.2 試験項目

図-17に試験での試験器の配置図を、図-18に測定機器類のブロック線図を示す。計測した項目と計測方法は以下の通りである。

(1) 装置水中重量

試験条件に定められたスキッド接地圧とスキッド接地面積（ $6,240\text{ cm}^2$ ）から装置水中重量を計算し、この重量となるようロードセルにて水中に装置をつりながらフロートの空気量を調整した。

(2) 装置けん引力

装置と制動車の間にロードセルを介してロープで結び制動車にブレーキをかけながら装置を走行させ、すべり率0から完全にすべった状態までのけん引力を測定した。

(3) 掘削押土抵抗

装置掘削用ブレードと装置本体の間にロードセルを介して実際に掘削を行い、すべり率0から100％までの掘削押土抵抗を測定した。

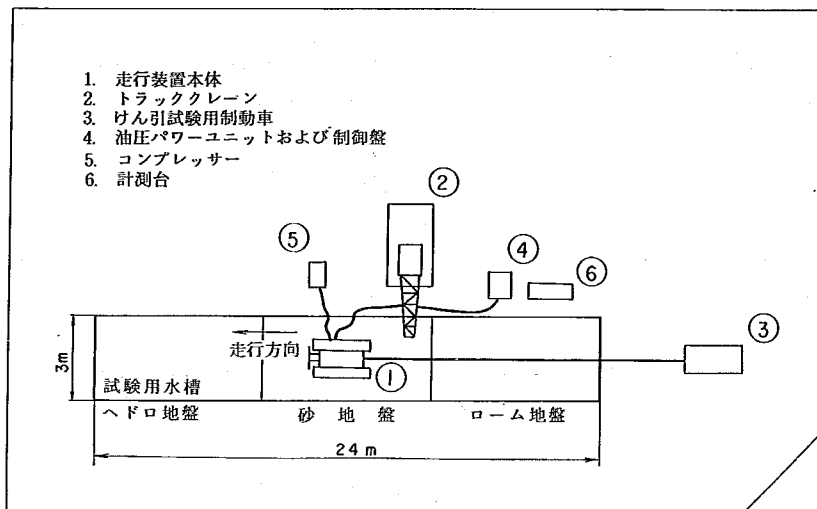


図-17 試験機器配置図

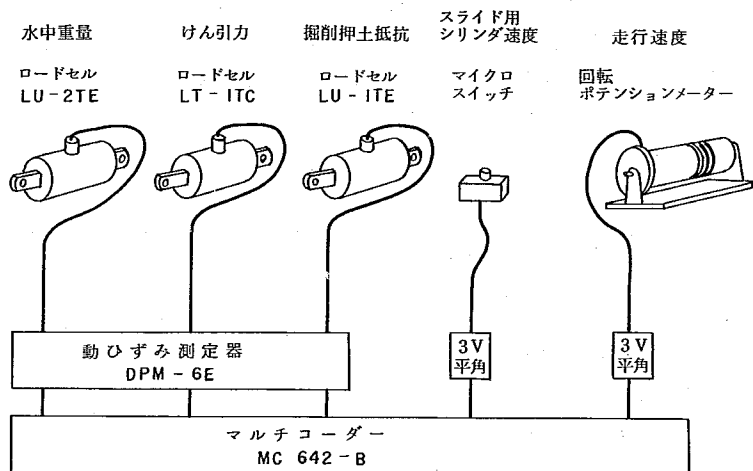


図-18 計測ブロック線図

(4) 掘削速度(けん引速度)

スキッドのすべりのため、掘削速度が変化するので、装置と回転式ポテンションメータを取り付けたドラムを糸で結び、ポテンションメータの変位から速度を計算した。

(5) すべり率

あらかじめ設定した機体スライド用シリンダ速度と、これと前項の掘削速度から計算した。

5.3.3 試験条件

試験条件は以下の項目について、下記のように変化させた。

- (1) スキッド接地圧を装置フロート完全充水の $\frac{1}{4}$ (0.067 kg/cm^2)、 $\frac{2}{3}$ (0.047 kg/cm^2)、 $\frac{1}{2}$ (0.025 kg/cm^2)の3段階。
- (2) 機体スライド用シリンダ速度を標準の $\frac{1}{4}$ (1 m/min)、 $\frac{1}{2}$ (0.5 m/min)の2段階。
- (3) 走行地盤を砂、ローム、ヘドロの3種類。
- (4) 地盤支持力を μ_1 試験と μ_2 試験の2段階。

試験に上記条件の値を組み合わせて、(1)けん引試験、(2)走行試験、(3)掘削押土試験の3つの試験を行った。

5.4 試験結果

5.4.1 最大けん引力

一般に履帯式または車輪式車輛の作業をする力、すなわち、けん引力は式(5.1)により概算の値を知ることができ、また、実験などでこれを求めている例が多い。同様に、スキッド走行部分が発揮するけん引力も式(5.1)にあてはまると考えられる。スキッド走行式では、反力を取るスキッドは地盤に対して移動しないため、普通の車輛のように走行抵抗を考慮する必要がなく、式(5.1)の前の部分のみ考慮すればよい。

$$H = A \cdot c + W \tan \phi - \frac{2}{(n-1)(kc + b k \phi)^{1/n}} \left(\frac{W}{2L} \right)^{n+1/n} \dots \dots \dots (5.1)$$

ただし、

- H : けん引力(kg)
 A : 接地面積(cm^2)
 c : 土の粘着力(kg/cm^2)
 W : 総重量(kg)
 ϕ : 土の内部摩擦角(度)
 n : } 接地圧と沈下量 z との関係から求められる係数
 kc : }
 $k\phi$: } $P = \left(\frac{kc}{b} + k\phi \right) z^n$

P : 接地圧 (kg/cm^2)

スキッド式海底掘削機の作業能力を向上させるためには、けん引力を増加させる必要がある。走行地盤が砂質土 ($c = 0$) のときは総重量を増すためフロートに充水し、浮力を減少させればよい。粘性土 ($\phi = 0$) のときは接地面積を増加させる。すなわち、スキッドを大きな物に変えればよい。しかしながら総重量やスキッド面積には、掘削機の構造上制約があり、また、けん引力は面積や重量を増加しても比例的に増加するのではなく、次の 3 種の制約を受けている。(i) 動力が許容する最大けん引力、(ii) 接地面と地盤の摩擦力が許容する最大けん引力、(iii) 地盤の強度が許容する最大けん引力。掘削機の場合、機体を前方に押し出す油圧力は掘削抵抗力以上に設計されているので、(i) に関しては問題ない、従って (ii) または (iii) による最大けん引力と掘削抵抗力について検討を行えばよく、今回はこれを走行装置の試験に行った。なお、今回の試験では走行地盤が水中であり、高含水率で軟弱になっているため、せん断試験で c や ϕ をもとめ、式 (5.1) にあてはめることが困難であった。そのため本試験では、スキッドの走行性能と地盤支持力の関係について調べることにした。

(1) 地盤支持力と最大けん引力

地盤支持力と最大けん引力の関係を図-19に示す。スキッドのけん引力は地盤支持力の高い砂

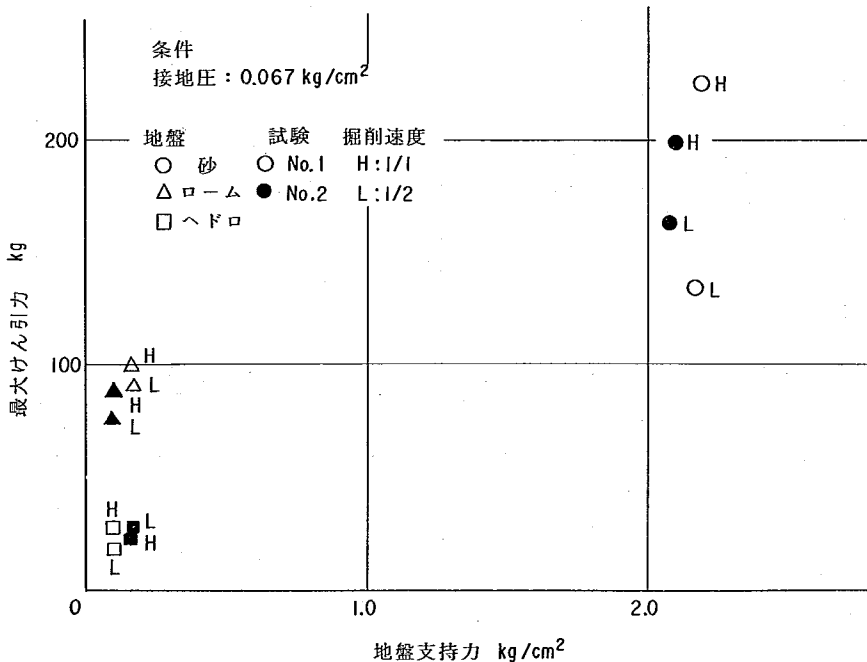


図-19 地盤支持力と最大けん引力

地盤では最大220 kgで、けん引比($H/W \times 100$)は約53%の値を示している。また、粘土質のローム地盤では、地盤が完全に長い間水につかった状態のため表面がすでに液状化しており、地盤の中にスキッドが沈下した状態で反力を得、砂地盤の約1/2のけん引力になっている。また、ヘドロ地盤においては、地盤が非常に軟弱のため土がせん断抵抗力を発揮せず、むしろスキッドがヘドロを押す反力としてけん引力が作用したと考えられ、けん引力は最大30 kg、けん引比は約7%と低い値となっている。一方、図でわかるとおり地盤支持力と最大けん引力はかならずしも直線関係を示していない。これは式(5.1)においてヘドロ地盤では、 c のみが関係しているのに対し、ローム地盤では c と ϕ の影響が表われているためと思われる。しかし地盤支持力を知ることにより、水中でのスキッドのけん引力の概算値を知ることが可能と考えられる。

(2) 掘削速度と最大けん引力

掘削速度(機体スライド用シリンダ伸長速度)と最大けん引力の関係は、図-19で判るとおり、シリンダ速度を遅くした場合、けん引力はわずかに低くなるのみでほとんど変化しない。したがって実際の掘削の場合、掘削反力が不足の時、掘削速度を遅くするより、掘削食い込み量を少なくする操作を行わなければならない。

(3) 接地圧と最大けん引力

接地圧と最大けん引力の関係を図-20に示す。図からわかるように砂地盤の場合は式(5.1)の

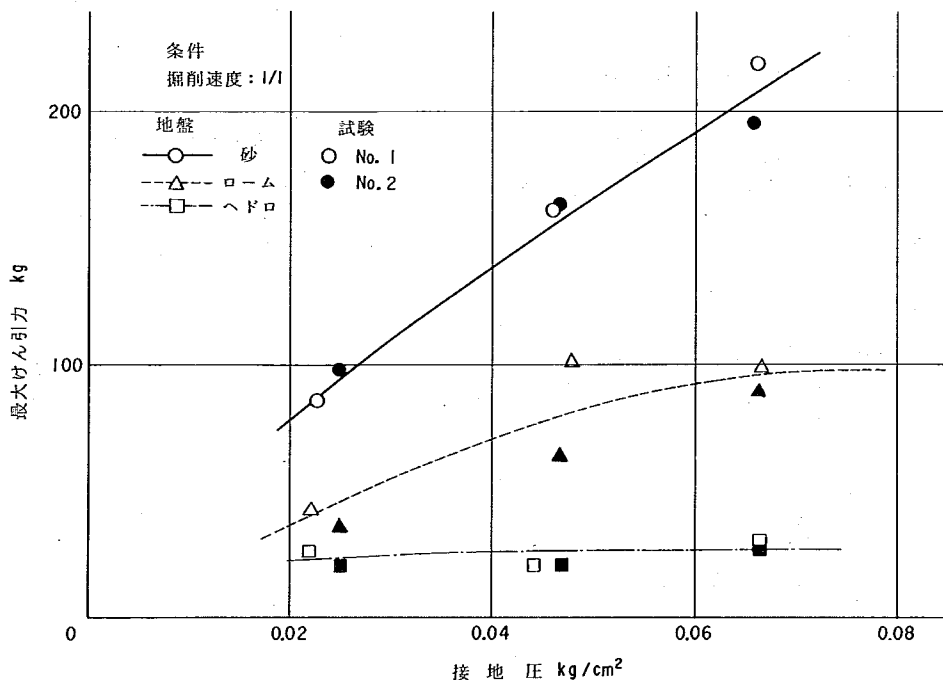


図-20 接地圧と最大けん引力

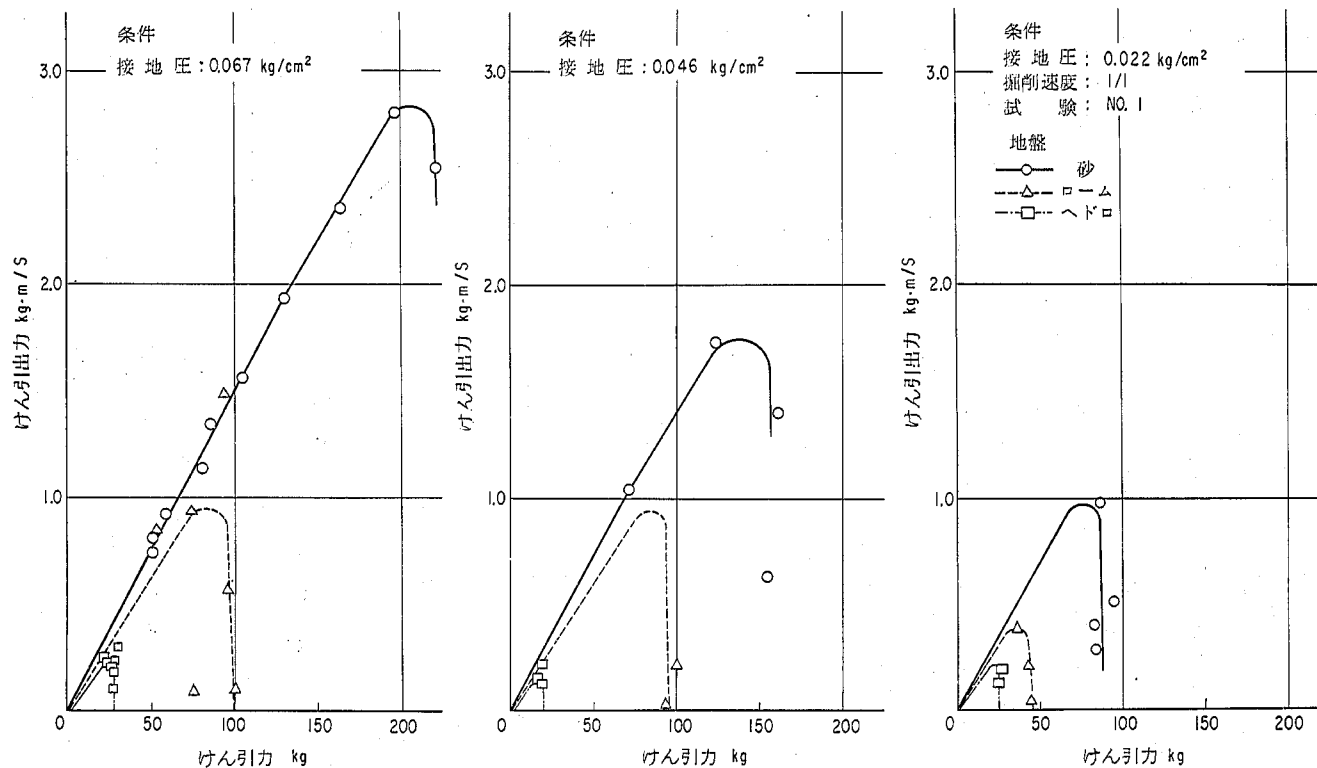


図-21 けん引力とけん引出力

とおり、総重要すなわち接地圧を増加させることにより、けん引力は直線的に増加する傾向がある。

一方、ローム地盤の場合も接地圧の低い部分で、ほぼ直接的に増加するが、けん引力が100 kg、けん引比では24%をこえた部分ですべりを生じ、それ以上は一定の値になって増加はみられない。

また、ヘドロ地盤では接地圧の変化によるけん引力の変化はみられず、一定の低い値となっている。

5.4.2 けん引力、けん引出力

各スキッド接地圧ごとのけん引力とけん引出力の関係を図-21に示す。スキッド接地圧 0.067 kg/cm^2 において、砂地盤で最大 $2.7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 、ローム地盤で $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 、ヘドロ地盤で $0.3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ の値を示した。

5.4.3 スキッド走行性能

けん引作業時と作業を伴わない自走のみの場合の走行すべり率を図-22に示す。図から判かるように、掘削作業を伴わない自走のみの場合には、各地盤とも大きな差がなく、低い値となっている。これは履带式などの走行方式の場合、地盤が軟弱になるにつれ走行抵抗が急激に大きくなり、すべり率

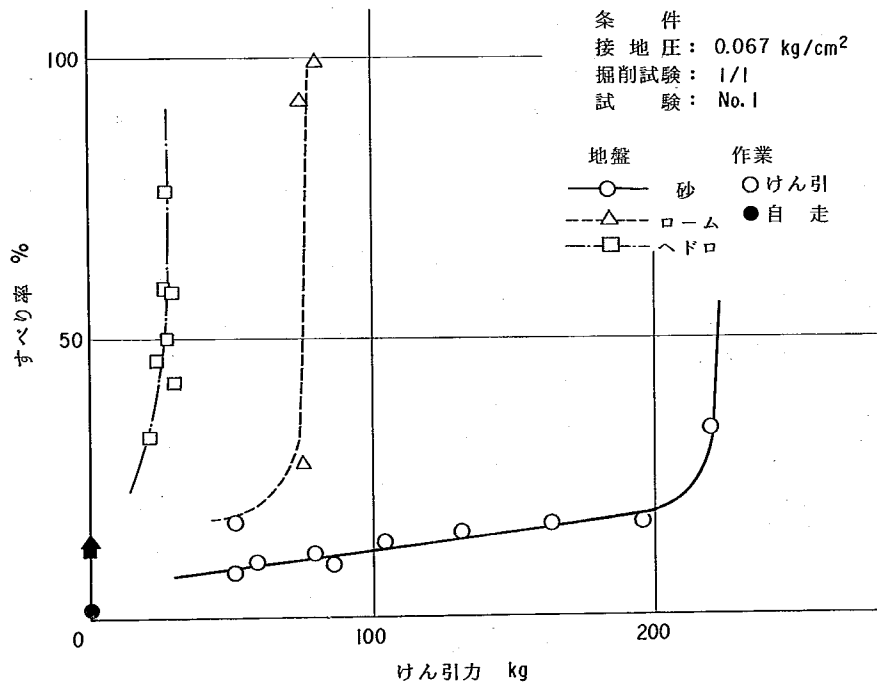


図-22 走行性能図

が増大するが、スキッド式では走行抵抗が小さいため、すべり率に差がないと考えられる。一方、けん引作業時には砂地盤と異なりローム、ヘドロ地盤では、低い値のけん引力で急激にすべり率が大きくなる傾向を示している。これから、けん引に対する耐力の小さいローム、ヘドロ地盤などにおいても、海底での運搬作業や位置決めなど、けん引力を要しない作業には、スキッド走行式がより有利となろう。

5.4.4 掘削押土抵抗力

実際に各地盤を掘削した場合の、スキッドの発揮する掘削反力を知るため、装置のブレードにて掘削を行い、このときの掘削押土抵抗力を測定した。その結果、接地圧 0.067 kg/cm^2 において砂地盤で最大 216 kg 、ローム地盤で 92 kg 、ヘドロ地盤で 60 kg の値を示した。

5.5 実機への適用性

スキッド式走行装置の試験結果をもとに実機の大きさにスケールアップする場合の適用性を検討してみる。このさい実際の施工で掘削する地盤や昭和47年、48年の試作機の試験で、各種掘削性能の確認が行われていることを考慮し、砂地盤とヘドロ地盤での適用性の検討を行う。ただし、砂、ヘドロ地盤でのオーガ掘削断面当りの掘削抵抗力は、図-8の関係式の傾きにのみ注目してもとめたものである。

設計の前提条件は、次の通りである。

- (1) 砂地盤でのオーガ掘削断面当りの掘削抵抗力 0.83 kg/cm^2
- (2) ヘドロ地盤でのオーガ掘削断面当りの掘削抵抗力 0.042 kg/cm^2
- (3) 大型海底掘削機の掘削幅 $5,300 \text{ mm}$ 、掘削深さ 300 mm

適用性の検討の結果を表-10に示す。

表-10 実機への適用性

種別	番号	項目	砂地盤	ヘドロ地盤
走行装置	①	最大けん引力の実測値 (接地圧 0.067 kg/cm^2)	220 kg	30 kg
	②	①の値を接地圧にて補正した値 (接地圧 0.15 kg/cm^2)	450 kg	30 kg
	③	スキッド面積	$6,240 \text{ cm}^2$	$6,240 \text{ cm}^2$
	④ = $\frac{②}{③}$	単位スキッド面積当りの最大けん引力	0.072 kg/cm^2	0.0048 kg/cm^2
大型海底掘削機	⑤	所要掘削反力	$13,000 \text{ kg}$	670 kg
	⑥ = $\frac{⑤}{④}$	所要スキッド面積	18 m^2	14 m^2
	⑦	掘削に必要なスキッドの大きさ 長さ×幅×本数	$7.3 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 2 \text{ 本}$	$5.8 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 2 \text{ 本}$
	⑧	試設計のスキッドの大きさ 長さ×幅×本数	$7.8 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 2 \text{ 本}$	$7.8 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 2 \text{ 本}$
	⑨	⑧のスキッドを使用した場合の掘削反力の余裕による可能掘削深さ	31 cm	40 cm

表-10の検討から砂、ヘドロ地盤のどちらにおいてもスキッド走行式を実機に適用したとき、スキッドの大きさ、または、掘削深さに余裕があることが判明した。

5.6 ま と め

スキッド式走行装置による各種走行性能試験の結果、次の事項が判明した。

- (1) スキッド式大型海底掘削機が、軟弱地で十分作業が出来ることが判明した。
- (2) スキッド走行機能は適確に作動し、問題は生じなかった。
- (3) スキッドが反力を取りにくいヘドロ地盤などでも作業を伴わない自走のみの場合は、さらに有効に活用できる。
- (4) スキッド走行式を実用化するに際しては、方向操作機構などを組み込むことが必要であり、また、海中作業の監視や管理などの別の分野の技術の導入も必要である。

6. あとがき

これまでの調査により、実際の施工現場で現状の作業機械より高い性能を発揮可能な自走式大型海底掘削機の概要が明らかになった。今後、海洋開発の進展とともに各種海中作業の合理化、能率化を押し進めるため、各種の建設機械の要望も増加すると思われる。しかし、海中作業の合理化は建設機械にとって、いわば未開の分野であり、総合的な面からの検討が今後、必要であろう。

海底掘削機の試作やスキッド走行装置の製作は、関東技術事務所が担当し、同所の大きい協力を得た。海上試験に際しては、東京湾岸調査事務所の御尽力によるところが大きい、また、本試験の実施に際しては、土木研究所機械研究室の各位の協力を得ていることを記して感謝の意を述べたい。

7. 参考文献

- (1) 田中、千田、吉田、「盛土に関する試験調査」土木研究所資料、第853号（昭和48年6月）
- (2) 関東地建東京湾岸道路調査事務所、「東京湾横断施工計画報告書」（昭和48年3月）
- (3) 「昭和48年度道路事業調査報告」土木研究所年報第99号
- (4) 「昭和49年度道路事業調査報告」土木研究所年報109号
- (5) 「昭和50年度道路事業調査報告」土木研究所年報
- (6) 「機械工学便覧」
- (7) 通産省、運輸省編集「海洋開発ハンドブック」朝倉書店

資 料

付表-1 ヘドロ地盤での海底掘削機掘削試験結果

試験期日 ; 昭和49年3月

試験場所 ; 千葉市生浜町埋立地先

掘削地盤 ; 砂混りシルト粘土 N値0

項目 試験番号		掘削能力 (m^3/h)	含泥率 (%)	けん引力 (kg)	けん引速度 (m/min)	けん引馬力 (PS)	水中ポンプ 消費電力 (KW)	カッター 油 圧 (kg/cm^2)	管路抵抗 係 数 λ
平均 値	13-1	42.1	16.3	785	8.6	1.50	32.4	70.5	0.042
	14-1	43.6	18.0	680	9.8	1.48	30.5	68.4	0.047
	15-2	37.2	16.7	1288	8.3	2.38	27.3	133.4	0.046
	15-3	32.5	15.8	1136	9.0	2.27	25.5	96.9	0.046
	15-4	33.0	16.1	981	8.9	1.94	24.0	107.4	0.053
	15-5	37.1	17.3	1386	11.2	3.45	24.9	105.3	0.043
平均 値		37.6	16.7	1043	9.3	2.17	27.4	97.0	0.046
最 大 値	13-1	51.2	19.9	1121	8.7	2.18	32.8	115.0	0.044
	14-1	46.1	18.9	768	9.8	1.67	30.7	95.0	0.048
	15-2	55.1	24.4	1745	9.1	3.53	28.3	177.0	0.048
	15-3	47.4	22.8	1345	9.9	2.96	27.0	138.0	0.048
	15-4	55.9	25.6	1729	9.7	3.73	24.5	206.0	0.056
	15-5	46.6	22.0	1793	12.3	4.90	25.4	190.0	0.047
平均 値		50.4	22.3	1417	9.9	3.16	28.1	153.5	0.049

付表-2 砂地盤での海底掘削機掘削試験結果

試験期日 ; 昭和47年10月

試験場所 ; 千葉市川崎町地先

掘削地盤 ; 細砂、N値10~15

項目 試験番号		掘削能力 (m^3/h)	含泥率 (%)	けん引力 (kg)	けん引速度 (m/min)	けん引馬力 (PS)	揚水量 (m^3/h)	掘削断面積 (cm^2)	接地圧 (kg/cm^2)
平均値	14-1	40.28	24.39	4846	3.06	3.29	3.94	2197	0.066
	14-2	43.09	26.42	3994	3.09	2.74	3.85	2327	0.073
	14-3	52.62	37.87	3707	2.91	2.38	3.32	3018	0.156
	18-2	39.53	22.91	3358	3.67	2.69	4.03	1922	0.116
	18-3	38.20	23.78	4697	2.65	2.79	3.76	2445	0.113
	18-4	37.09	25.19	4134	3.90	2.96	3.46	2215	0.099
平均値		41.80	26.76	4123	3.21	2.81	3.73	2354	0.104
最大値	14-1	55.81	35.70	6975	3.29	4.86	4.36	2915	0.073
	14-2	53.39	36.90	5580	3.35	3.94	4.09	2927	0.076
	14-3	71.62	51.90	6976	3.09	4.28	3.72	4233	0.164
	18-2	51.98	30.40	5534	3.72	4.58	4.09	2397	0.120
	18-3	57.78	35.20	9859	2.89	6.34	4.00	3402	0.115
	18-4	50.66	35.50	8676	8.69	5.61	3.74	4146	0.108
平均値		56.87	37.60	7267	4.17	4.94	4.00	3337	0.109

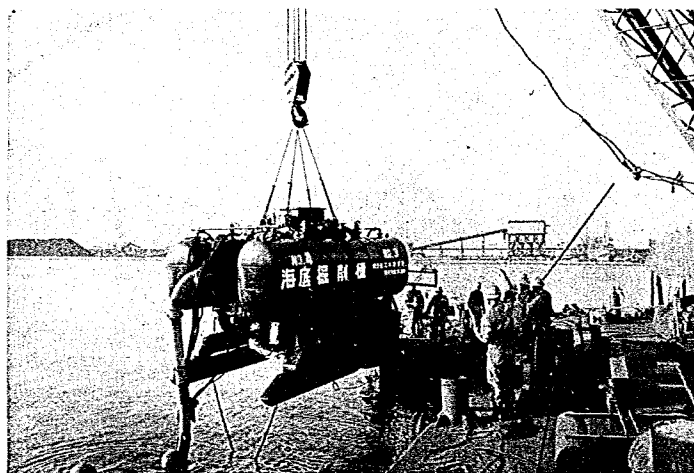


写真-5 海底掘削機

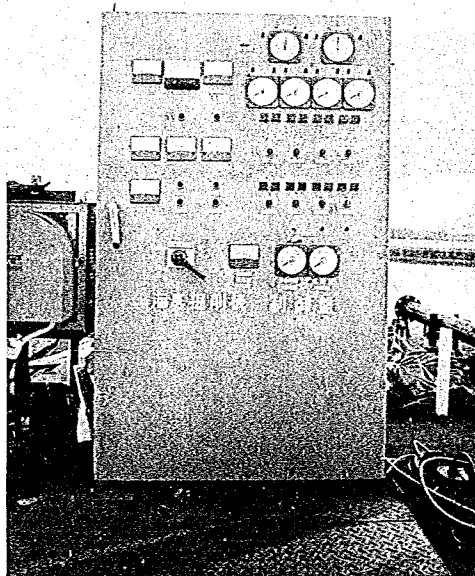


写真-6 掘削機用制御盤

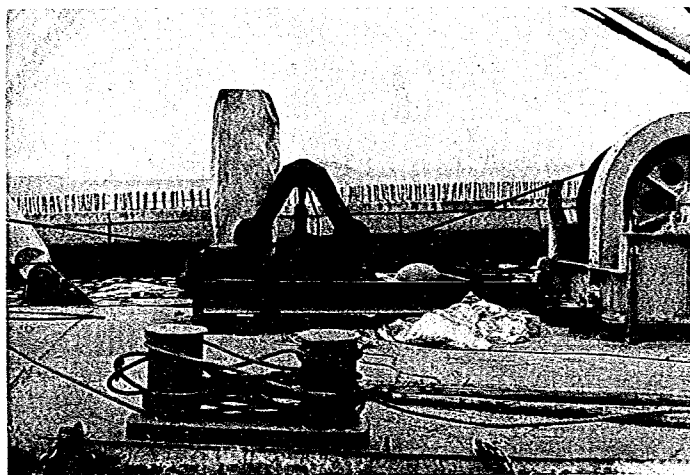


写真-7 けん引力測定装置とウインチ

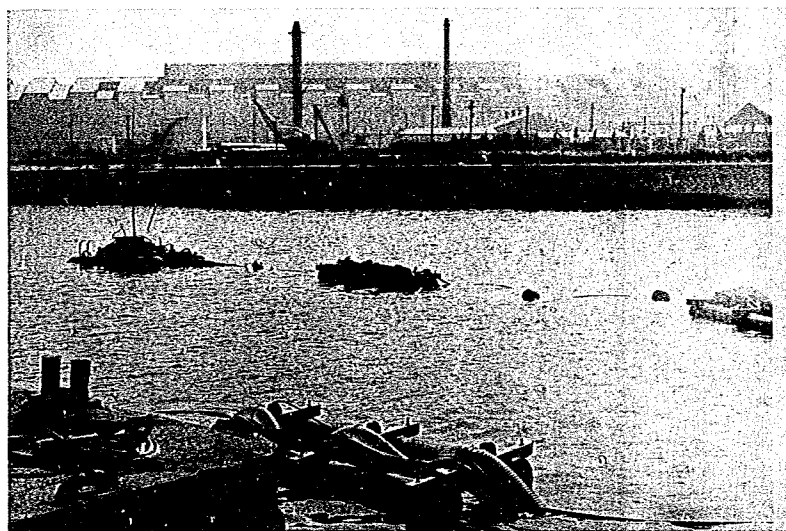


写真-8 掘削試験状況 (その1)

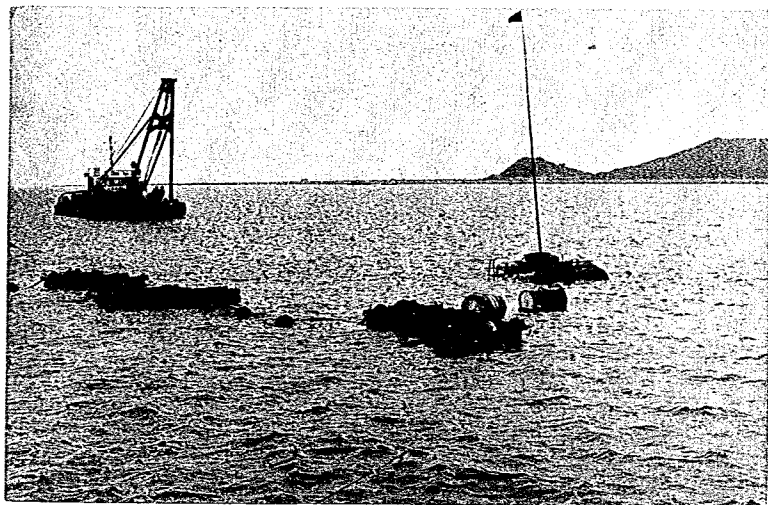


写真-9 掘削試験状況 (その2)



写真-10 掘削試験状況 (その3)