

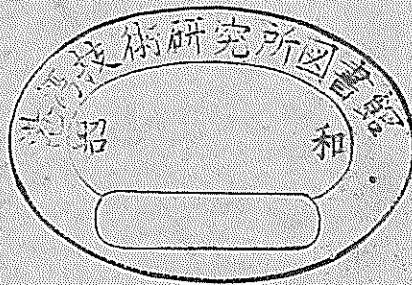
港灣技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 123 June. 1971

第一特浚丸浚渫試驗報告

松	田	任
八	木	次
木	原	孝
奥	出	律
川	村	一
河	野	茂
津	村	夫



運輸省港灣技術研究所



第一特浚丸浚渫試験報告

目 次

要 旨	
1. ま え が き	3
2. 第一特浚丸の概要	3
3. 試験の種類と日程	4
4. 測定項目と測定方法	5
5. 試験条件	6
5.1 浚渫区域と海底土質	6
5.2 海気象条件	7
6. 送水試験	7
6.1 送水時の吐出量	8
6.2 浚渫ポンプの作動点	9
7. 浚渫試験	10
7.1 試験結果の概要	10
7.2 浚渫時のポンプ特性	14
7.3 浚渫土量と積載土量	15
7.4 船速および接地圧が含泥率に及ぼす影響	17
7.5 船体動揺とスエルクンベンセータの変位	18
8. ま と め	20
9. あ と が き	21

参考文献

記号表

附図および附表

Dredging Test for the Drag Suction Dredger "Tokushun-maru No.1"

Jin MATSUDA* Tokuji YAGI* *
Sumitaka KIHARA *** Tadasu OKUDE***
Yoichi KAWAMURA **** Shigeru KONO****
Etsuo TSUMURA *****

Synopsis

In order to grasp an actual dredging capacity of the newly built drag suction dredger "Tokushun-maru No.1", a week-long field test was conducted at Kashima Port. A main purpose of this test was to investigate influences of the ship's speed and the contact weight of head with the bottom on its suction capacity.

Analysis based on the significant data measured by the density meters and flow meters on board revealed a maximum concentration of mixture could be obtained at the dredging speed of app. 3 knots and that a concentration of mixture would increase with the greater contact weight of head with the bottom. These conclusions, however, must be examined carefully before adopting them, because results may change with soil conditions at the bottom and an increase in contact weight of head will run counter to that in ship's speed.

As far as pressure water equipment for the preparation of soil to be dredged is concerned, its effect was not made clear within this test since only one trial cycle was carried out without pressure water. However, comparison of the quantity of solids loaded in the hopper per unit of time will enable us to conclude that it has a considerably large effect upon the production.

The test was carried out under rough sea conditions. A maximum rolling angle of the ship was app. 9 degrees with the period of 8 to 11 seconds, which nearly coincided with the period of waves ($H_{1/3} = 2.44$ meter and $T = 9.8$ second).

-
- * Head, Machinery Division
 - ** Chief, Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division
 - *** Member of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division
 - **** Member of the Dredger and Construction Equipment Laboratory, Machinery Division
 - ***** Member of the Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

第一特浚丸浚渫試験報告

松田任*
八木得**
木原純***
奥出律****
川村洋*****
河野茂*****
津村悦夫*****

要 旨

第一特浚丸の浚渫能力の実態を把握するために、鹿島港において約一週間、現地試験を行なった。

本試験の主眼点は、船速および接地圧の揚土能力に及ぼす影響を調査することにあつたが、本船に装備されている含泥率計および吐出流量計から貴重なデータを得ることができ、これらをもとに解析を進め、約36tにおいて含泥率が最高値を示すことが判り、また接地圧の増加に伴って含泥率が増加する傾向をつかみ得た。しかしながら、これらのことは土質によって異なり、また船速および接地圧の増大は相反する素因であるから、実用に当っては十分に注意しななければならない。

また、ドラッグヘッドの掘削用ジェットの効果については、ジェットを使用しない試験が1サイクルのみであつたので断定するまでに至らなかったが、単位時間当り積載土量で比較すると、その効果はかなりあるものと判断されよう。

試験中の最大ローリング角(半幅角)は約9°、またその周期は8~11secでほぼ波浪周期と一致した($H/3 = 2.44m$ 、 $T=9.8sec$)。

1. ま え が き

ドラッグサクソン浚渫船は機動性および耐波性が秀れていることから、船舶の輻輳する航路や泊地などでの浚渫に適し、また比較的厳しい海気象条件下にあつても他の浚渫船に比べて稼働率が良いとされている。特に最近の船舶の大型化に伴う航路の増深や維持浚渫にはその有利性は顕著であり、今後の浚渫工事における比重は増々増大するものと思われる。

従来、我が国で就役しているドラッグサクソン浚渫船は運輸省所属の4隻のみであつたが、急速に進展する港湾整備に伴う浚渫需要にかんがみ、去る昭和45年7月、本邦初の民間所有になるドラッグサクソン浚渫船『第一特浚丸』が完成された。

第一特浚丸は、泥艙容積約4000m³を有する我が国最大のドラッグサクソン浚渫船であつて、これの建造に当っては官民一体の委員会が構成され、適性規模、動力様式、能力その他について綿密な検討がなされたのと同様に、ヨーロッパ各国の最新鋭船の視察を行なつて新技術の導入を図つた。特に、硬砂浚渫に対処するために高圧力水の適用、

大深度における能力低下を防ぐためのプレッシャ・インクリーザ(吸込管圧力助勢装置)の設置、荒天時作業のためのスエルコンベンセータ・ストロークの十分な確保など、多くの特徴を備えている。

本報告は、特殊浚渫株式会社より委託された第一特浚丸の浚渫試験の結果である。試験は昭和45年8月下旬から9月上旬にかけて約一週間、鹿島港外航航路において行なわれたが、建造後日が浅かつたことや台風のために作業不能の日もあつたことなどによって、必ずしも初期の目的を十分に果し得なかつたものの、本船の送水時および浚渫時の基本的性能の概要をつかみ得たものと思われる。

なお、本試験の測定に当っては、石川島播磨重工業株式会社の御協力があつたことを附記しておく。

2. 第一特浚丸の概要

第一特浚丸の大きさは、海鰐丸(3200総トン)の約2倍である。¹⁾硬砂浚渫を可能にするため、ドラッグヘッドには高圧ジェット水を噴射できるノズルを有し、800m³/h × 15kg/cm²のポンプ2台で供給され、必要に応じて2台の

* 機材部長

** 機材部流体輸送研究室長

*** 機材部流体輸送研究室

**** 機材部作業船研究室

***** 機材部特殊作業船開発室

ポンプを直列運転して 30 kg/cm^2 (但し、流量は半減)にまですることができ。また、このジェットポンプは、大深度浚渫(最大 27 m)における能力低下を防ぐためにプレッシャ・インクリーザへも給水できるように配管されている。さらに、荒天時における稼働率を上げるために、スエルコンベンセータのストロークは 5 m あり、波浪および海底起伏に対して常に一定の接地圧が保たれるようにしている。^{2),3)}

以下、本船の主な要目を列記する。

全長	1133.5m
長さ(垂線間長)	1060.0m
幅(型)	19.60m
深さ(型)	9.00m
計画満載喫水(沿海)	6.90m
総トン数	6251.21 ton
載荷重量(沿海)	6883 ton



写真-1 第一特設丸

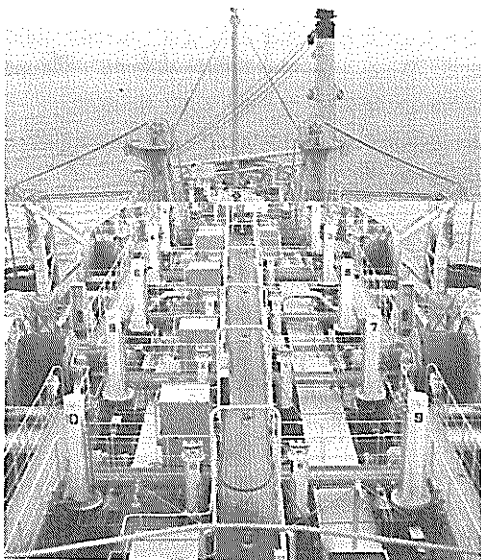


写真-2 ブリッジからみた泥船

泥船容積(オーバフロ・レベル上段)	4091m ³	
最大浚渫深度(喫水3.2m)	27m	
速力		
試運転最高速力	16.13kt	
航海速力	約 14.0kt	
浚渫時速力(逆沙2kt)	約 3.5kt	
主機関	連続最大 4700PS×450rpm	2基
推進器	4翼 C.P.P 3200mmφ	2基
バウスラスタ	2翼 C.P.P 1525mmφ	
	400Kv×6t×278rpm	1基
主発電機関	630PS×720rpm	2基
補発電機関	125PS×1200rpm	1基
ドラグアーム	内径800mm、両舷サイドドラグ式	2基
ドラグヘッド	自動調節型および特殊型	各2個
浚渫ポンプ	8000m ³ /h×17m×170rpm	2台
同上用電動機	A.C.3300V, 700Kv×1200rpm	2台
	二次抵抗制御により定格の-20%まで減速可能	
ジェット・ポンプ	800m ³ /h×150m×1760rpm	2台
同上用電動機	A.C.3300V, 550Kv×1800rpm	2台
ホップ・ドア	銅板製箱型ヒンジ式	14枚
スエルコンベンセータ	圧縮空気蓄圧油圧式	2基
	シリンダ・ストローク 2500mm	
	ドラグヘッド作動範囲 5000mm	
所 有	特殊浚渫株式会社	
建 造 所	石川島播磨重工業株式会社	

3. 試験の種類と日程

ドラグサクシオン浚渫船の作業能率は、ドラグヘッドおよび浚渫ポンプによる揚土能力と、泥船内における土砂の沈殿効果によって左右されるが、一般に砂質土では後者が問題になることは少なく、特に鹿島港のように締った砂質土に対しては前者が能率を決める主要因になるものと考えられる。

揚土能力に影響する因子としては、ドラグヘッドの形状、ジェットや爪の有無、船速(対地)、接地圧などがあるが、短期間でこれら諸因子の全ての組合せについて試験することは不可能である。さらに、試験当時、本船の運航は1サイクル約4時間を要し、しかも試験に供することができるのは昼間の2サイクルのみであった。そこで、今回の試験では船速および接地圧と揚土能力の関係を主眼とし、その他の問題は補足的に調査した。

表-1は実施した試験の種類と日程を示す。試験番号D-1からD-4までは船速を1.5kt~4.0ktに変えた試験であり、D-5およびD-6は接地圧の影響を調べる試験

表-1 試験の種類と日程

日付	試験番号	運 転 条 件				
		P_j (kg/cm^2)	n_p (notch)	F_c (ton)	V_s (kt)	
8.28	p.m.	試験日程の打合せ				
29	a.m.	台風12号接近のため作業中止				
	p.m.					
30	a.m.	計器取付および調整				
	p.m.	D-1	0	4	10	1.5, 2.5, 3.0, 4.0
31	a.m.	D-2	1.5	4	10	1.5, 2.5, 3.0, 4.0
	p.m.	D-3	1.5	4	10	1.5, 2.5, 3.0
9.1	a.m.	D-4	1.5	4	10	1.5, 2.5, 3.0, 4.0
	p.m.	D-5	1.5	4	7.5, 10, 12.5	3.0
2	a.m.	W-1		4, 5		
		D-6	1.5	4	7.5, 10, 12.5	3.0
	p.m.	D-7	1.5	4	10	3.0
3	a.m.	D-8	1.5	3	10	3.0
	p.m.	W-2		4, 5		
D-9		1.5	4	10	3.0	
4	a.m.	スクリューにワイヤ巻きついたため作業中止				
	p.m.					

但し、 P_j =ジェットポンプ圧力 ; n_p =浚渫ポンプのノッチ
 F_c =ドラッグヘッド接地圧 ; V_s =船速(対地)

であるが、時間の関係もあって、これらの試験は全て1往復毎に試験条件を変えて行なった。D-7からD-9は1サイクル中の試験条件を一定にし、通常の浚渫状態での能力を調べようとしたものである。なお、浚渫試験の間合をみて左右舷浚渫ポンプの揚水試験を各々2回行なった。

表-1に示した各値は設定値もしくは目標値であって、操船および海気象条件によって実測値にはかなりの変動が見られた。

4. 測定項目と測定方法

試験中に測定した項目および方法は表-2に示す通りである。測定に当ってはできるだけ本船に装備されている諸計器を利用し、読み取りを必要とする項目はブリッジからの司令で1分間隔に同時計測を行なった。

スエルコンベンセータの変位量および船体動揺の測定には、あらかじめ当研究所で用意した検出器を取り付け、そ

の出力を電磁オシログラフに導いて自動記録した。また、船体動揺については別に石川島播磨重工業株式会社がジャイロ式動揺計によっても測定した。

浚渫ポンプの吐出量は、電磁流量計の記録のほか、オーバーフロー時の噴水および所要時間からも求めた。吸込圧力および吐出圧力は、ポンプ室の圧力計によって測定するとともに、水銀マンメータを併用して随時測定した。

船速は南防波堤上の標識間通過時間より求めた。

この他、試験前の泥艙内残水量および各行程終了時の泥艙内堆積土量は、浮子および測深錘によってサウンディングし、また浚渫土砂のサンプリングは、トラフおよびオーバーフローゲートにおいて適宜行なった。

なお、今回の試験は浚渫能力を調べることに主眼をおいたため、機関その他の動力関係についての計測は行わなかった。

表-2 測定項目一覧表

係	測定項目	測定方法	測定場所	備考
1	喫水	喫水計	ブリッジ	乗下船時喫水マークの確認
2	積載土量	積載土量計	ブリッジ	自動記録計
		レップド	泥艙	各行程終了後、各舷5点計測
3	浚渫土量	デジタル浚渫土量計	ブリッジ	各行程毎および累計値
4	残水量	浮子による水位計測	泥艙	
5	浚渫深度	深度計	ブリッジ	各舷
6	スエルコン圧力	圧力計	ブリッジ	各舷
7	スエルコン変位	ポジション・メータ	上甲板	
8	船体動揺	水位変動を圧力で検出	ブリッジ	} 電磁オシログラフで自動記録
		ジャイロ式動揺計	ブリッジ	
9	浚渫ポンプ	流量	電磁流量計	} 自動記録
10		含泥率	アイソトープ式	
11		吸込圧力	真空計	} 水銀マンメータ併用
12		吐出圧力	圧力計	
13	回転数	回転計		
14	電流	電流計	ブリッジ	
15	ジェットポンプ圧力	圧力計	ブリッジ	
16	C.P.P. 翼角	翼角計	ブリッジ	
17	土砂採取	バケツ	泥艙	トラフ・オーバフロゲートで1サイクル中数回
18	船速	ストップ・ウォッチ	ブリッジ	標識間通間時間より
19	サイクル・タイム	ストップ・ウォッチ	ブリッジ	

5. 試験条件

5.1 浚渫区域と海底土質

浚渫区域は図-1に示すように、南防波堤から約150mの距離をおいて防波堤に平行な幅350mの梯形区域であり、図中の等深線は昭和45年8月初旬の測深結果より描

いたものである。港内側のC点以内はポンプ浚渫船によってすでに浚渫済みの個所であって約-17mまで急に深くなっており、港外側は-18mの等深線で区画されている。図-2は浚渫区域近辺の土質調査資料をもとにした土質の予想断面図である。この図から予想されることは、70~

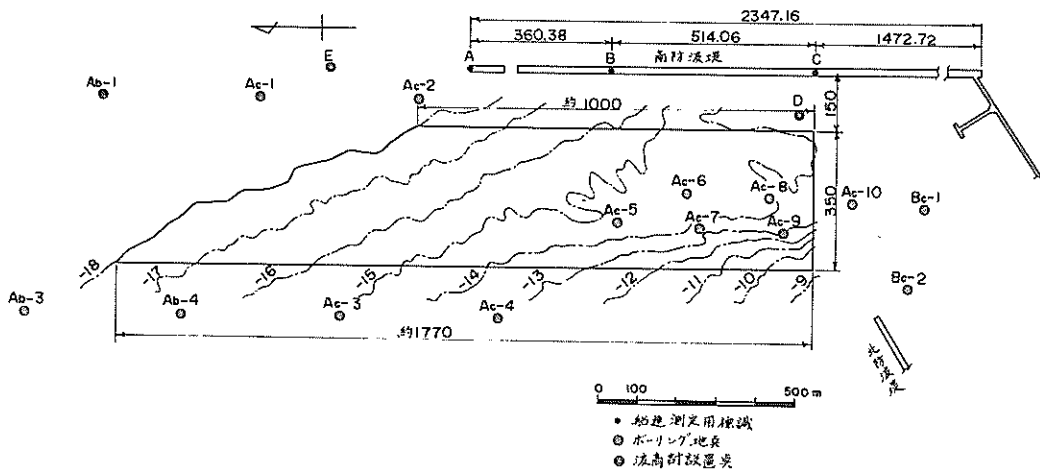


図-1 浚渫区域図

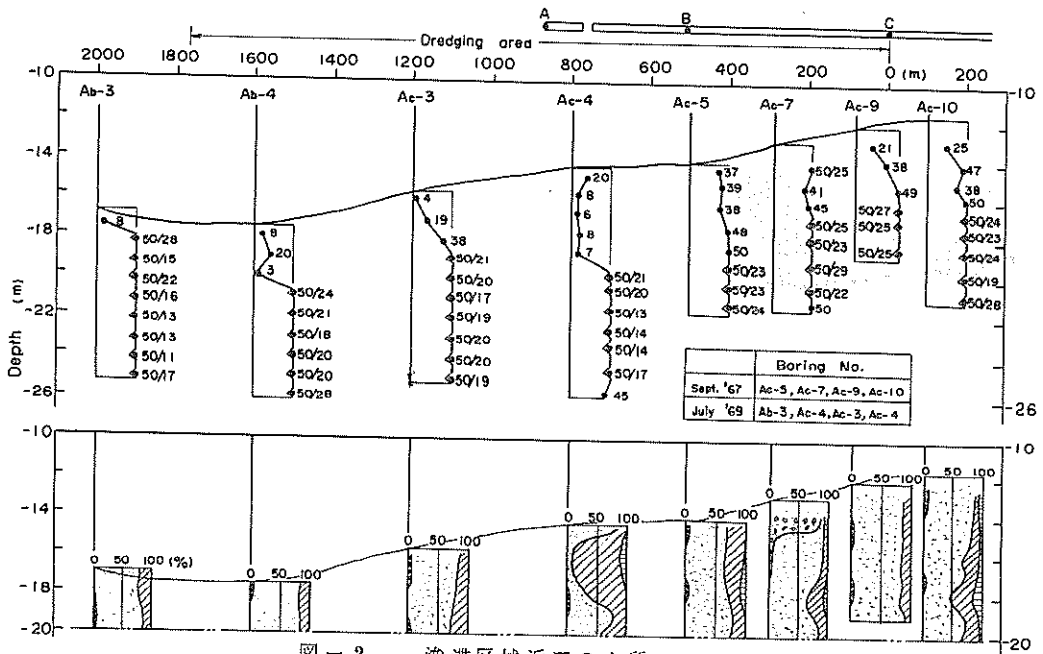


図-2 浚渫区域近辺の土質

80%は砂で局部的に砂利が混在し、海底表面から2~3m以深ではいずれもN値が50以上の硬砂質土である。また表層部について見れば、港外側は比較的軟かいが、港内側特にBC間は表層部といえどもかなり硬い土砂であることが予想される。

各試験時において採取したサンプルの篩分分析の結果は附図-1に示す通りであって、殆ど細砂に属し、若干のシルト分が含まれている。附表-1は各サンプルの比重測定結果であり、これらをまとめて示したのが表-3である。

表-3 浚渫土砂の比重

採取場所	トラフ	オーバフロゲート	泥 脛
試料数	21	6	3
真比重	2.70	2.69	2.74
見掛比重(粗)	1.70	1.68	1.76
見掛比重(密)	1.86	1.84	1.93

5.2 海気象条件

試験期間中の海気象条件を附表-2に示す。波浪観測記録より浚渫区域に比較的近いDおよびE点(図-1参照)の最大波および $\frac{1}{3}$ 波のみ抜すいた。

8月28日に台風12号が鹿島灘沖を通過したため、同日は勿論、翌29日も風浪著しく作業は不可能であった。試験中、海気象条件のきびしかったのは8月30日および

31日($\frac{1}{3}$ 波高2~2.5m)であり、港外側での回頭時にはドラグヘッドが船体に接触する危険を感じたこともあり、本船の風浪による作業限界に近かった状態であったと考えられる。

6. 送水試験

浚渫ポンプの送水時特性は、ポンプ浚渫船、ドラグサクシオン浚渫船など、浚渫ポンプを用いる浚渫船にとっては極めて重要な基本的性能である。本船は試験当時、各舷別々のドラグヘッド(右舷カルフォルニヤ・タイプ、左舷ダッチ・タイプ)を装着していたので、試験は各舷毎4ノッチ(155rpm)および5ノッチ(165rpm)に変えて行

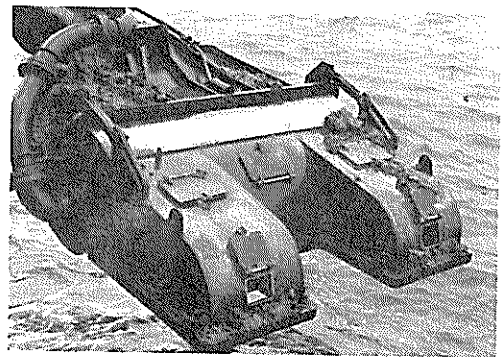


写真-3 カルフォルニヤ・タイプ

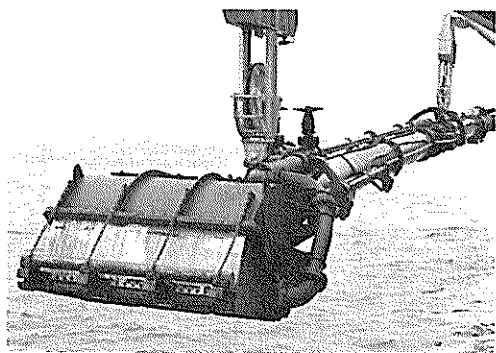


写真-4 ダッチ・タイプ

い、ポンプ製作当時の特性曲線⁴⁾を参考にして作動点を確認した。

6.1 送水時の吐出量

ドラグサクソン浚渫船のポンプ吐出量は、揚土能力および泥船内における土砂の沈殿効果に影響を与える重要な因子である。一般にこの種の浚渫船のように、泥船内の積込み状態によって喫水が変化すると、浚渫ポンプの実揚程が

変るために吐出量は常に一定とはならないが、本試験では積込時の平均喫水における平均吐出量として求めた。

積載容積は、泥船内水位を直接計測する方法と、喫水変化より求める方法を併用した。積込時間は、泥船バルブの開から閉までの時間とした。

また、本船に設置してある電磁流量計の指示計器および自動記録の指示値は、明らかに喫水とともに吐出量が増加することを示していたが、これらの算術平均をもって平均吐出量とした。

表-4は、以上の各方法によって求められた吐出量を比較したものである。これらの各値および次に述べる揚程から得られる作動点と特性曲線を比較検討してみると、電磁流量計のものは明らかに過大になっている。したがって、本報告では泥船内水位から求めた吐出量を採用し、以後の解析に当っては、電磁流量計の記録をその都度補正して用いることにした。

図-3は、各試験の送水時吐出量を回転数補正を行ない喫水変化に対してプロットしたもので、ほぼ直線的に変化するものとみなされるが、ポンプNo.1およびNo.2では約10%の差がある。

表-4 送水時の浚渫ポンプ吐出量

ポンプ No.	No. 1				No. 2			
	4		5		4		5	
平均 喫水 (m)	4.57	4.40	5.14	5.03	4.43	4.38	5.03	4.97
ポンプ 回転数 (rpm)	155	155	166	165	157	155	* 155	166
積込 時間 (sec)	432	371	368	368	428	367	368	367
積載 容積 (m ³)	1185	1050	1260	1245	1130	975	955	1090
排 水 量 (m ³)	1220	1040	1160	1130	1130	970	950	1040
泥船水位吐出量 (m ³ /h)	9875	10189	12326	12179	9505	9564	9342	10592
比	100	100	100	100	100	100	100	100
平 均 (m ³ /h)	10032		12253		9535		10692	
喫水吐出量 (m ³ /h)	10167	10092	11348	11054	9505	9515	9293	10202
比	103.0	99.0	92.2	90.8	100	95.5	99.4	95.5
平 均 (m ³ /h)	10130		11201		9510		10202	
流量計計器吐出量 (m ³ /h)	10500	10330	12340	12280	10213	10157	10486	11557
比	106.4	101.4	100.1	100.8	107.4	106.2	112.2	108.1
平 均 (m ³ /h)	10415		12310		10285		11557	
流量計記録吐出量 (m ³ /h)	10490	10380	12490	12340	9940	9920	9630	10880
比	106.3	101.9	101.3	101.3	104.5	103.7	103.1	101.8
平 均 (m ³ /h)	10435		12415		9930		10880	

* 5ノッチとして試験を行なったが、回転数からみれば4ノッチである。

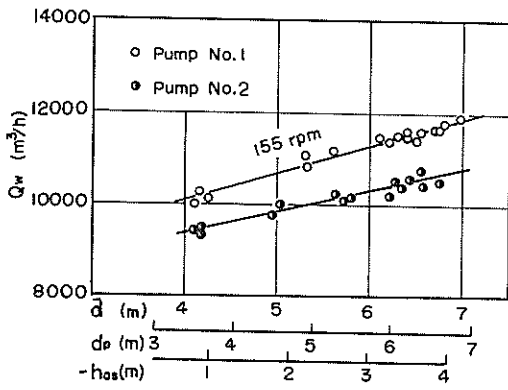


図-3 喫水による吐出量の変化

6.2 浚渫ポンプの作動点

前項で求めた平均吐出量および同試験中の平均揚程からポンプの作動点を特性曲線図上にプロットしたのが、図-4である。揚程算出には水銀マンメータによる測定値を用

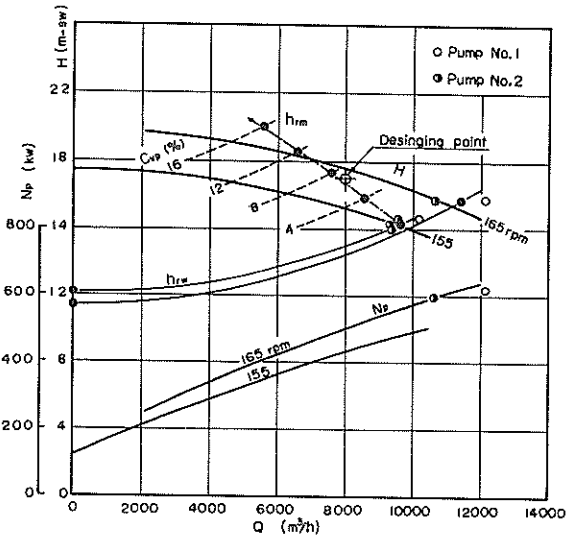


図-4 浚渫ポンプの作動点

い、海水柱に換算して示した。本ポンプの設計点は、170 rpm にて $8000 \text{ m}^3/\text{h} \times 17 \text{ m}$ であるが、測定結果によれば 165 rpm においても約 40% の吐出量増になっており、設計時の抵抗損失の過大評価を示している。

図-5は、本船の浚渫主管系統図である。この図から判るように、損失抵抗の殆んどは実揚程で占められ、さらに管路の損失は主として吸込管側に集中されるから、吸込管の損失評価は浚渫ポンプの設計点を決める際の重要なポイントになる。

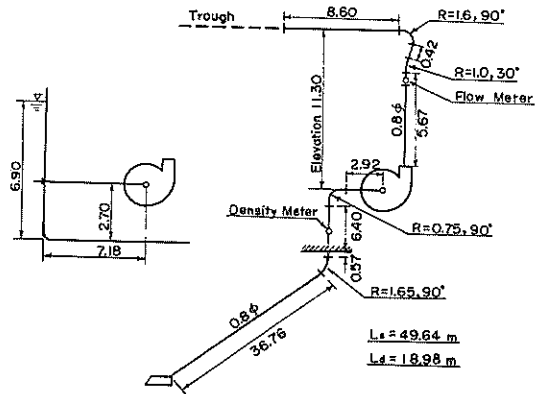


図-5 浚渫主管系統図

吸込揚程 (h_{sw}) を清水柱で表わすと、

$$h_{sw} = (h_{as} + h_{rs} + \frac{v_s^2}{2g}) \gamma_w \dots\dots\dots(1)$$

$$h_{rs} = (\lambda_s \frac{L_s}{D_s} + f_o) \frac{v_s^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 h_{as} = 吸込実揚程 (押し込みの場合は負)

h_{rs} = 吸込管損失水頭

v_s = 吸込管流速

L_s = 吸込管長

D_s = 吸込管径

λ_s = 管摩擦抵抗係数

f_o = 曲管、バルブ、ヘッドなどの損失抵抗係数

γ_w = 海水の比重

λ_s および f_o については、レイノルズ数 ($Re=3.5 \sim 4.5 \times 10^6$) および過去のデータ⁵⁾を参考にして、 $\lambda_s=0.0125$ 、 $f_o=1.24$ とする。これに先に求めた喫水による吐出量変化を加味して求めた計算値(但し、図では吸込圧力 V_g (cm-Hg))

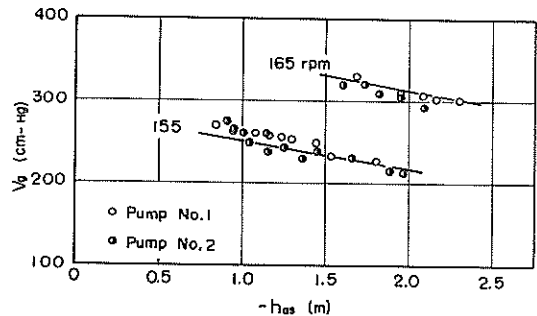


図-6 吸込実揚程による吸込圧力の変化

で示してある)と測定値を比較したのが図-6である。なお、海竜丸⁵⁾および海騎丸⁶⁾では、 f_0 はそれぞれ1.00および0.91であった。

7. 浚渫試験

浚渫試験は、船速および接地圧と揚土能力の関係を調べるために、D-1では掘削ジェットなし、D-2~D-6で

はジェットを使用した場合について行ない、D-7~D-9は通常の運転条件下での揚土、積載能力を調査した。

7.1 試験結果の概要

各試験における主要な測定値および計算値を表-5にまとめて掲載した。以下各項目について説明する。

(1) 行程

本船は、通常図-1に示す浚渫区域を3~4往復して満

表-5-① 浚渫試験結果の一覧表

Test No.	D-1 (Aug 30, pm)								
		1	2	3	4	5	6	7	8
行程 ⁽¹⁾	S								
浚渫時間 ΔT_D (min)		22.8	20.2	9.7	12.5	6.4	10.6	6.3	(95.0) 6.5
オーバーフロ時間 ⁽²⁾ (オーバーフロ開始までの時間) T_o (min)		84.0 (10.9)							
浚渫深度 ⁽³⁾ h_u (m)	h_u (m)	15.8 12.8	16.7 13.2	15.7 13.2	17.2 12.9	16.0 12.2	16.0 10.7	16.2 13.2	15.7 10.7
ポンプ回転数 ⁽³⁾ n_p (rpm)	n_p (rpm)	154 156	153 155	153 155	154 156	154 154	154 155	153 154	154 156
浚渫土量 ΔG_D (m ³)		-	-	-	-	-	-	-	-
ポンプ吐出平均含泥率 ⁽³⁾⁽⁴⁾ C_{vp} (%)		-	-	-	-	-	-	-	-
オーバーフロ含泥率 ⁽⁴⁾ C_{vo} (%)		2.1	-	-	4.2	-	1.4	-	-
泥船内平均含泥率 ⁽⁴⁾ C_{vH} (%)		3.6	5.6	9.1	10.4	11.7	14.5	17.5	21.4
積載土量 ⁽⁵⁾ ΔG_H (m ³)		200	127	111	122	87	85	58	(883) 93
船速 ⁽⁶⁾ V (kt)		1.18	1.42	2.79	2.98	4.39	3.84	4.68	4.45
波高(周期) ⁽⁷⁾ $H, (T)$ (m) (sec)		$\begin{matrix} max \\ 1/3 \end{matrix}$ 3.19 (5.5) 2.34 (6.1)							
風速 ⁽⁸⁾ V_w (m/sec)		NNE 10.9							

- 注 (1) 奇数番目の行程は港内から港外への浚渫
 (2) オーバーフロ時間とは、オーバーフロしながら浚渫している時間、
 \therefore 全浚渫時間 = (オーバーフロ開始までの時間) + (オーバーフロ時間)
 (3) 上段は1号ポンプ(右舷)、下段は2号ポンプ(左舷)
 (4) 含泥率は真容積(真比重=2.65)で示す。
 (5) 全積載土量は最終行程の括弧内に示す。
 (6) 船速は標識A-C間の平均船速。
 (7) 波高(周期)は、浚渫中のE点の平均値。
 (8) 風速は浚渫中の平均値。

表 - 5 - ②

Test No.	D - 2 (Aug 31, am)									
	S	1	2	3	4	5	6	7	8	
ΔT_D (min)	14.0	14.8	9.1	9.7	7.8	7.8	10.5	(8.39)	10.2	
$T_o(\tau_o)$ (min)	71.9 (11.9)									
hu (m)	11.2 12.9	15.6 12.7	16.2 12.9	16.0 13.6	15.8 12.6	15.7 13.5	16.1 13.0	16.5 13.4		
np (rpm)	155 156	154 154	152 154	152 154	149 154	150 153	152 154	148 152		
ΔGD (m)	134 148	188 140	96 97	116 96	91 85	87 95	129 110	120 143		
Cvp (%)	6.6 8.2	8.7 6.9	6.8 7.9	8.1 7.0	8.0 8.0	7.4 9.1	8.3 7.5	8.2 10.8		
Cvo (%)	-	3.0	-	2.3	-	2.2	-	2.8		
CvH (%)	3.4	6.8	11.5	14.2	15.9	19.7	24.1	28.2		
ΔGH (m)	176	172	114	139	94	136	186	(1160) 143		
V_s (kt)	2.39	2.10	3.15	2.83	3.88	3.53	3.09	3.05		
$H(T)$ (m) (sec)	max		2.93 (9.0)							
	$\frac{1}{3}$		2.24 (9.2)							
Vw (m/sec)	NNE 4.2									

表 - 5 - ④

Test No.	D - 4 (Sept 1, am)									
	S	1	2	3	4	5	6	7	8	
ΔT_D (min)	16.0	19.8	10.6	15.8	10.5	12.3	7.1	(10.28)	10.7	
$T_o(\tau_o)$ (min)	89.9 (12.9)									
hu (m)	16.2 13.2	15.2 11.2	15.5 10.9	14.2 9.7	15.3 10.5	15.6 10.8	16.4 12.6	16.1 11.0		
np (rpm)	153 157	153 156	153 156	152 156	152 156	152 156	153 156	151 155		
ΔGD (m)	134 104	158 112	84 80	246 116	143 124	191 111	73 63	180 118		
Cvp (%)	5.5 5.5	4.9 4.4	5.0 5.5	10.8 5.0	9.3 9.3	11.5 6.5	6.5 6.6	11.2 8.8		
Cvo (%)	-	-	-	-	-	-	-	-		
CvH (%)	1.6	4.9	7.3	14.4	19.2	21.9	23.3	29.4		
ΔGH (m)	139	127	65	299	212	173	53	(1256) 188		
V_s (kt)	1.69	1.25	2.44	1.85	2.62	2.58	4.59	3.53		
$H(T)$ (m) (sec)	max		2.33 (9.5)							
	$\frac{1}{3}$		1.57 (9.5)							
Vw (m/sec)	SSW 5.7									

表 - 5 - ③

Test No.	D - 3 (Aug 31, pm)							
	S	1	2	3	4	5	6	
ΔT_D (min)	16.0	13.8	11.2	15.4	11.1	(8.18)	13.8	
$T_o(\tau_o)$ (min)	69.5 (12.2)							
hu (m)	16.1 12.2	16.7 13.7	15.7 12.7	16.5 12.2	15.9 12.7	16.7 13.5		
np (rpm)	155 156	153 155	153 155	152 154	152 154	153 154		
ΔGD (m)	133 158	211 188	101 90	163 160	136 123	201 185		
Cvp (%)	5.6 7.6	10.9 10.6	5.7 5.6	6.8 7.5	7.7 7.6	9.8 8.7		
Cvo (%)	-	1.4	-	0.6	-	5.0		
CvH (%)	4.7	10.2	14.3	17.3	21.2	28.3		
ΔGH (m)	184	247	139	144	188	(1161) 258		
V_s (kt)	1.91	2.14	2.69	2.15	2.91	2.41		
$H(T)$ (m) (sec)	max		3.27 (9.0)					
	$\frac{1}{3}$		2.44 (9.8)					
Vw (m/sec)	ENE 3.2							

表 - 5 - ⑤

Test No.	D - 5 (Sept 1, pm)							
	S	1	2	3	4	5	6	
ΔT_D (min)	7.2	12.1	9.8	18.1	8.8	(7.26)	16.6	
$T_o(\tau_o)$ (min)	59.8 (12.8)							
hu (m)	15.9 13.1	15.8 13.0	16.0 12.8	15.2 9.7	16.7 12.7	15.9 10.2		
np (rpm)	154 157	153 156	153 155	154 156	153 156	153 155		
ΔGD (m)	57 82	115 142	114 99	272 220	126 144	277 211		
Cvp (%)	5.7 10.6	6.3 9.7	7.8 7.6	11.1 9.6	10.0 16.2	12.4 10.0		
Cvo (%)	-	-	-	5.6	-	3.7		
CvH (%)	*-	5.1	8.3	13.7	19.4	29.0		
ΔGH (m)	* 262	106	250	224	(1239) 397			
V_s (kt)	4.05	2.92	3.13	2.11	2.75	2.37		
$H(T)$ (m) (sec)	max		2.28 (9.7)					
	$\frac{1}{3}$		1.58 (9.4)					
Vw (m/sec)	SSW 5.8							

* 第1行程ではオーバフロに達していない。

表-5-⑥

Test No.	D-6 (Sept 2, am)					
S	1	2	3	4	5	6
$\Delta T D$ (min)	86	12.3	10.8	12.9	9.8	67.2 12.8
$T_o(\tau_o)$ (min)	54.5(12.8)					
hu (m)	162 12.7	16.5 12.7	16.6 12.7	16.3 12.6	16.6 13.4	16.0 13.5
np (rpm)	154 157	153 155	153 156	153 156	153 155	152 156
$\Delta G D$ (m)	82 85	130 126	154 151	170 151	141 111	140 139
Cvp (%)	68 82	72 80	10.1 10.5	9.1 9.2	10.4 8.8	7.1 8.2
Cvo (%)	-	-	-	2.9	-	2.8
CvH (%)	-	5.2	9.2	14.6	20.4	25.8
$\Delta G H$ (m)	282		220	205	123	101.1 181
Vs (kt)	3.91	3.01	3.08	2.96	3.12	2.82
H(T) (m) (sec)	max 1/3		16.4(7.8) 12.3(9.3)			
Vw (m/sec)	SSW 7.0					

表-5-⑦

Test No.	D-7 (Sept 2, pm)					
S	1	2	3	4	5	6
$\Delta T D$ (min)	71	13.9	9.1	12.6	10.1	62.0 9.2
$T_o(\tau_o)$ (min)	49.3(12.8)					
hu (m)	160 12.8	17.2 13.5	15.5 9.7	16.5 12.7	14.9 8.7	16.2 14.2
np (rpm)	155 157	153 156	153 155	153 155	152 154	152 154
$\Delta G D$ (m)	60 80	169 181	97 12.7	166 13.7	175 18.5	112 32*
Cvp (%)	5.8 9.6	8.4 11.1	6.9 10.7	9.1 8.6	12.2 13.7	7.8 3.2*
Cvo (%)	-	2.1	-	3.3	-	2.1
CvH (%)	-	6.3	10.5	14.9	21.0	26.5
$\Delta G H$ (m)	327		176	184	262	106.2 11.3
Vs (kt)	3.88	2.80	3.11	2.81	2.94	1.98
H(T) (m) (sec)	max 1/3		15.1(8.3) 12.1(8.5)			
Vw (m/sec)	SSW 9.0					

* 左舷ドラグアーム・ウインチ故障

表-5-⑧

Test No.	D-8 (Sept 3, am)					
S	1	2	3	4	5	6
$\Delta T D$ (min)	91	8.6	8.8	9.8	7.4	52.1 8.4
$T_o(\tau_o)$ (min)	36.8(15.3)					
hu (m)	16.9 13.4	15.9 12.6	15.3 10.7	16.1 13.3	16.3 13.4	16.3 13.4
np (rpm)	149 10.3	146 10.3	147 10.1	145 10.2	145 10.1	145 10.1*
$\Delta G D$ (m)	104 116	97 9.3	113 10.3	114 10.9	90 9.0	113 9.8
Cvp (%)	9.7 14.1	8.7 9.5	10.0 10.0	8.8 9.3	9.2 10.8	10.3 9.1
Cvo (%)	-	-	-	1.7	0.6	1.6
CvH (%)	-	5.5	8.3	11.1	15.3	19.2
$\Delta G H$ (m)	262		101	148	143	78.2 12.8
Vs (kt)	2.47	3.33	3.04	2.93	3.86	3.11
H(T) (m) (sec)	max 1/3		14.6(11.5) 0.9(9.1)			
Vw (m/sec)	W 4.0					

* 2号ポンプ回転数計指示値は異常である。

表-5-⑨

Test No.	D-9 (Sept 3, pm)					
S	1	2	3	4	5	6
$\Delta T D$ (min)	8.5	10.4	9.6	11.1	9.1	58.8 10.1
$T_o(\tau_o)$ (min)	46.6(13.3)					
hu (m)	16.2 12.2	15.7 13.1	16.0 13.1	16.0 13.0	15.9 12.8	15.9 13.0
np (rpm)	155 156	154 155	153 155	154 154	153 155	153 154
$\Delta C D$ (m)	80 8.5	10.9 9.8	10.7 10.3	11.4 12.0	10.3 12.9	9.9 11.2
Cvp (%)	6.8 8.5	7.4 7.8	7.9 8.9	7.1 8.9	8.1 13.4	6.7 8.8
Cvo (%)	-	1.4	-	2.2	-	-
CvH (%)	-	5.2	7.3	11.0	15.2	18.3
$\Delta G H$ (m)	208		108	179	138	74.6 11.3
Vs (kt)	3.54	2.96	3.07	2.32	2.88	2.90
H(T) (m) (sec)	max 1/3		12.9(9.5) 0.88(8.5)			
Vw (m/sec)						

載状態になるが、試験中喫水或いは試験時間を考慮して適宜浚渫を打ち切ったから、必ずしも満載状態に達していない場合もあった。浚渫は港内側から始めて港内側で終るようにしたから、奇数番目の行程は港内から港外へ向って浚渫すると言う方向の意味も含んでいる。

(2) 浚渫時間およびオーバーフロ時間

ここで言う浚渫時間とは、泥艙バルブを開いてから閉じるまでの時間であるから、積込時間と同じ意味のものである。オーバーフロ時間とは、オーバーフロ後浚渫を終了するまでの時間であり、これとオーバーフロ開始までの時間との和が1サイクル中の全浚渫時間となる。なお、D-1~D-6の試験は、1往復(2行程)毎に船速または接地圧を変えており、本来の浚渫作業状態とは異なるから、全浚渫時間そのものの意味は少ない。

今回のように浚渫区域の距離が短かく、且つ土砂が締まっていると、1行程当りの積載土量が少なく、勢い行程数を増さなければならない。

行程数が増えると、各行程終了後の回頭に要する時間も全

体の能率からみると無視することはできなくなってくる。表-6は回頭時間を港外側および港内側に分けて各試験毎に示したものである。ここで回頭時間は浚渫終了から次の行程の浚渫開始まで、すなわち泥艙バルブを閉じてから再び開くまでの時間とした。回頭時間はその時の海気象条件、海域状況、喫水などによって影響されるために一概には言えないが、今回得られた結果では最大11.3 min、最小6.2 min(いずれも港外側)で、全平均は約8.0 minであった。D-1~D-3では台風の余波のためか、以後の試験より若干回頭時間が長くなっているが、全体的にみれば港外側、港内側別およびその他の影響は少ないと言ってよいだろう。これら回頭時間は、いずれもバウスラストを用いた場合であり、これに浚渫ポンプの吐出水力を併用すると、約7 min程度に短縮される。

なお、海竜丸(バウスラストなし)の同海域での回頭時間は16~22 min⁵⁾であった。

表-6 回頭時間 (min)

回頭場所	Test No.	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9	平均	
		港外側	8.8	8.3	9.6	9.1	7.6	7.2	6.8	7.2	6.6	7.9
港内側	9.4	7.5	8.8	7.8	7.3	7.5	7.7	9.4	7.7	8.1		

(3) 浚渫深度

浚渫区域の海底面は、図-1および2で判るように、港内側より港外側に向けてなだらかな下り勾配である。表-5中の浚渫深度は、各行程におけるドラグヘッド深度の最大および最小値に試験時の汐位を補正し、工事基準面に換算したものである。

(4) ポンプ回転数

浚渫中の浚渫ポンプ回転数は負荷の影響で若干変動する。表中の数値はそれらの平均値であり、±1~2 rpmの変動が見受けられた。

(5) 浚渫土量

浚渫土量は、各行程の浚渫時間内の吐出量および含泥率の記録から求めたもので、各ポンプ別に示した。

(6) ポンプ吐出平均含泥率およびオーバーフロ含泥率

本船にはアイントープ式の含泥率計が装備されており、浚渫中のポンプ通過含泥率が連続して記録される。表中の数値は、浚渫時間中の各ポンプ別の平均真容積含泥率(真比重=2.65)である。従来、海底状態における浚渫土量を直接把握したい意向もあって、含泥率や土量を見掛容積で表わすことが多かったが、多くの場合海底状態での土砂の

見掛比重を認知することは困難であり、また、本例のように浚渫土砂、泥艙内堆積土砂およびオーバーフロ土砂は粒度構成や見掛比重が異なっている、などのことから本報告では以後特別の断りがない限り、真容積をもって示すことにした。

オーバーフロ含泥率はオーバーフロゲートより流出する土砂水をバケツで採取して求めたもので、採取回数および時刻は各行程中適宜行なった。

(7) 泥艙内平均含泥率

各行程前後の喫水変化から積載重量を求め、含泥率に換算した。ただし浚渫終了直後はオーバーフロレベル以上に水が盛り上っているから、これらの水が流出した時点、すなわちi番目行程終了時の喫水は、(i+1)番目行程開始時のものを採用した。

(8) 積載土量

表には各行程毎の積載土量を記載し、最終行程括弧内に全積載土量を示した。ただしD-5以後の試験では第1行程中にオーバーフロしないから、第1および第2行程での積載土量の和として示した。

なお、泥艙内に積み込まれた土砂の見掛容積を知るため

に、測深錐を使ってサウンディングを行なった。しかしサウンディングは1回当たり10数点であり、また実際の泥船内の土面にはかなり凹凸があるから、サウンディング土量は精確を期し難い。附表-3は泥船内の土砂の見掛比重を1.88(表-3の平均値)として積載土量を換算し、サウンディング土量と比較したもので、最終土量にして±5~6%程度の相違を示している。

(9) 船速

浚渫中の船の対地速度は、揚土能力に影響を及ぼす一つの要因である。D-1~D-4の試験では1往復毎に目標船速を変えて行なったが、風浪その他の関係で目標船速を保つことは極めて困難であった。

浚渫は南防波堤に沿ってほぼ平行に行われたため、防波堤上に設置した標識間の通過時間を測定して平均船速を求め、表中に示した。しかし、実際には各行程中における船速の変動もあることが予想されたので、中間点(図-1のB点)にも標識を定めて2区間に分け、それぞれの平均船速をも求めた(附表-4参照)。

(10) 波高および風速

附表-2から、各試験中のE点(図-1参照)の平均波高および周期と、平均風速および風向を示す。

7.2 浚渫時のポンプ特性

現地試験において土砂混合時の浚渫ポンプの特性を把握することは極めて困難である。ポンプ回転数および含泥率が常時変動しており、さらにドラッグサクシオン浚渫船では刻々噴水が変化することもあって、ポンプの作動点は一層複雑な動きをする。したがって、ここではポンプの圧力や吐出量の変化を各行程中の平均値としてとらえて、作動点の移動を傾向的に求めてみた。

(1) 含泥率による吐出量低下

本船では含泥率および吐出量が同一チャートに自動記録され、図-7はその一例である。ドラッグサクシオン浚渫船の浚渫ポンプはいわゆる低揚程ポンプであり、抵抗損失の大部分が突揚程で占められるため、浚渫時の抵抗増加によって吐出量は大幅に低下することが考えられる。図-7で判るように、含泥率と吐出量の相互変化は比較的に明瞭に示

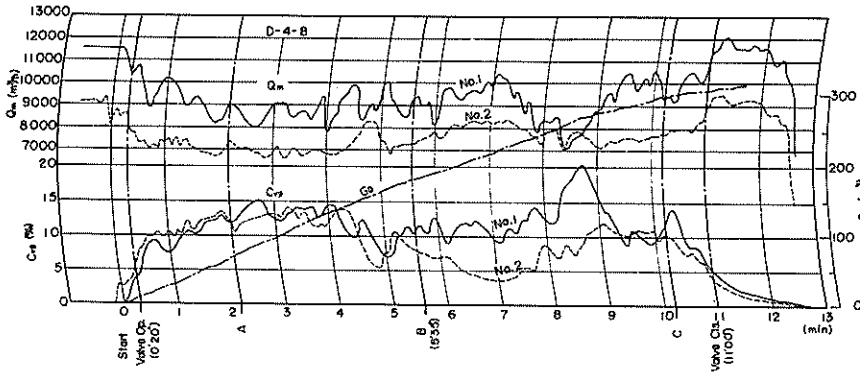


図-7 含泥率、吐出量および積算土量の一列

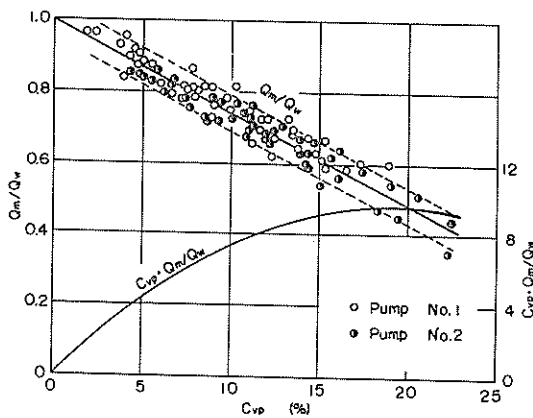


図-8 含泥率による吐出量低下

され、管路系が短いために含泥率の変化は直ちに吐出量の変化となって現われるものであろう。

そこで、各記録中これらの変化の対応が顕著に現われている点を抽出してプロットしたのが図-8である。ただし吐出量は回転数変動の影響を除くため、送水時吐出量との比として示してある。測定した範囲では吐出量は、含泥率に対してほぼ直線的に低下することが判る。

また、図中の $(C_{sp} \cdot Q_m / Q_w)$ 曲線は浚渫土量とも言えるものであって、含泥率約1.9%において最高値を示している。しかし実際には噴水による吐出量変化を考慮すれば、吐出量低下曲線は図より若干急勾配になることが予想されるから、最高点はやや含泥率の低い方へ移るであろう。

(2) 土質係数について

浚渫時の抵抗損失を求めるに当っては、その増加割合を

決める土質係数 (β) が必要である。いま吸込管のみに着目して土質係数を求めてみよう。土質係数は、

$$\beta = \left\{ \frac{h_{sm} - \gamma_m h_{as} - C_{vp} (\gamma_s - \gamma_w) h_u}{h_{rs}} - 1 \right\} / C_{vp} (\gamma_s - \gamma_w) \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 h_{sm} = 浚渫時の吸込揚程
 h_{rs} = h_{sm} と同一吐出量における送水時の損失水頭
 h_u = 浚渫深度
 γ_m = 混合水の比重
 γ_s = 土砂の真比重
 C_{vp} = ポンプ通過含泥率

さて、 h_{sm} , h_{as} および h_u は 1 分間隔の計測であるから、それらと含泥率の自動記録上の個々の点との対応を求めることは適切でない。そこで、浚渫時間中の各平均値をもとに土質係数を算出し、含泥率との関係で示したのが図-9 である。土質係数は水平管路の場合では流速の関数となる

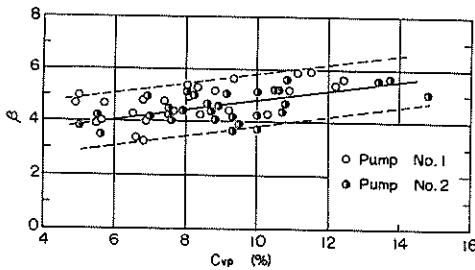


図-9 吸込管の土質係数

が、ドラグサクシオン浚渫船では垂直管および斜管部が大半を占め、また本例では土粒子沈降速度と管内流速の比がかなり大きいから、流速による影響は殆んど無視できよう。図で判るように、土質係数は含泥率の増加に伴って若干大きくなる傾向にある。含泥率が高い場合はドラグヘッドの土中への喰い込みによる入口抵抗の増加であり、低含泥率ではこの喰い込みが少ないから、従来から言われている土質係数⁷⁾に近い値を示している。

(3) 浚渫ポンプの作動点の移動

浚渫時の抵抗損失 (h_{rm}) は

$$h_{rm} = \gamma_m h_t + (\gamma_m - \gamma_w) h_u + \{ 1 + \beta (\gamma_m - \gamma_w) \} h_{rw} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 h_t = 実揚程

h_{rw} = 送水時の全管路の損失水頭

実揚程は常に変化しているが、ここでは送水試験時の平均実揚程 $h_t = 1.02$ m とし、浚渫深度は浚渫試験の全平均 1.5.5

m とした。また、前項で求めた土質係数は吸込側のみであるが、吐出側を含めると若干小さくなるから、ここでは $\beta = 4.5$ とした。以上の諸数値から算出した抵抗損失曲線上に吐出量低下率が求めた作動点を図-4 に示す。これら作動点の揚程 (H_m) と送水時の揚程 (H_w) から得られる揚程比 ($H_m / \gamma_m H_w$) は、低含泥率において 1 に近く、高含泥率になるにしたがって小さくなる。

7.3 浚渫土量と積載土量

ここで言う浚渫土量とは浚渫時間内に浚渫ポンプを通過した土量であり、積載土量とは同時間内に泥船内に堆積した土量である。

本船にはデジタル浚渫土量計が装備されているが、たまたま試験期間中は故障のため使用できなかった。したがって、ここではポンプ吐出量および含泥率の記録より浚渫土量を求めた。吐出量は記録紙上の浚渫時間内の平均を求めるとともに、先に求めた平均含泥率と吐出量低下率から算出したが、両者はほぼ近似していたからそれらの平均をもって浚渫時の平均吐出量とした。ただし、送水試験の所で述べたように、流量計の指示値は泥船容積から求めた吐出量より過大に記録されるから、各浚渫試験のオーバーフロまでの積込量から求めた吐出量によって補正しなければならない。

1 行程中の各ポンプの浚渫土量 (ΔG_D) は次の通りである。

$$\Delta G_D = \frac{Q_m \cdot e}{60} \Delta T_D \cdot C_{vp} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 Q_m = 浚渫時間中の平均吐出量

e = 吐出量補正係数 (0.98)

ΔT_D = 1 行程中の浚渫時間

これとは別に、吐出量および含泥率の記録を数秒間隔に区切って土量を算出し、それらを積算して浚渫土量を求めたが (図-7 参照)、これらは式(6)の浚渫土量に極めて近似し、平均吐出量および含泥率から浚渫土量を求めることが妥当であることを確認した。

図-10 は各行程中の単位時間当り浚渫土量を含泥率に対してプロットしたものである。ポンプ No. 1 と No. 2 では約 10% の差があるが、これは送水試験で確認された吐出量の差とみなしてよいだろう。なお、図中の点線は送水時吐出量を $11000 \text{ m}^3/\text{h}$ として吐出量低下曲線から算出したものである。

各行程毎の積載土量 (ΔG_H) は下式より求め、表-5 に示してある。

$$\Delta G_H = V_H \cdot \{ C_{vH}(i+1) - C_{vH}(i) \} \quad \dots\dots\dots(6)$$

ただし、 V_H = 泥船容積 (4091 m^3)

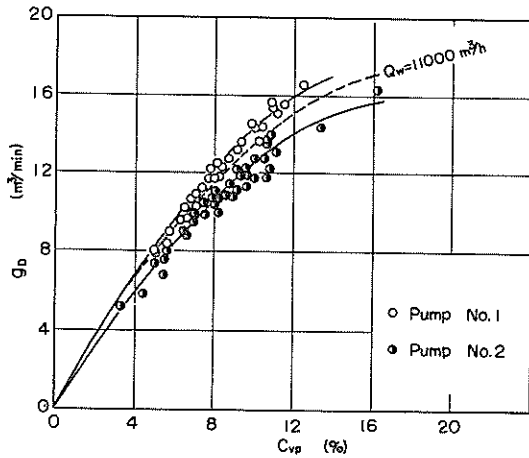


図-1 0 単位時間当り浚渫土量

$CvH(i+1) = (i+1)$ 番目行程の泥船内平均含泥率

$CvH(i) = (i)$ 番目行程の泥船内平均含泥率

次に、単位時間当り積載土量にして示したのが表-7であり、オーバーフロ後は12~17 m^3/min で、全平均は14.7 m^3/min である。ジェットを使用しない試験はD-1のみであり、しかも吐出量および含泥率の記録に失敗したため浚渫土量は不明であるが、積載土量でジェット使用時のものと比較してみると、かなり少なく約9.2 m^3/min である。データ数が少ないから結論的なことは言えないが、本試験時の土質に対してはジェットの効果はかなりあるものと判断してよいだろう。

積込効率は単位時間当りの浚渫土量に対する積載土量の割合であるが、ここではオーバーフロ後の各行程の平均的な

表-7 単位時間当り積載土量

Test No.	(m^3/min)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8.8	12.6	11.5	8.7	13.6	13.5	15.5	14.8	11.0
2	6.3	11.6	18.0	6.4	10.8	20.3	19.3	11.5	11.2
3	11.5	14.4	9.4	19.0	13.8	15.9	14.6	15.2	16.1
4	9.8	12.1	16.2	20.2	25.5	12.5	25.9	19.4	15.2
5	13.6	8.0	17.5	18.6	14.0	23.7	14.1	12.3	15.2
6	8.0	17.7	—	7.5	—	—	—	—	—
7	9.2	14.1	—	17.6	—	—	—	—	—
8	14.3	—	—	—	—	—	—	—	—
mean	9.2	13.1	14.2	12.2	16.9	15.0	17.1	15.0	12.7

積込効率を求め図-11に示した。積込効率は通常積載土量の増加とともに漸減するものとされているが、本試験ではこのような傾向は見られず、またポンプ回転数を3ノッチに下げた試験(D-8)でも、その他の試験(4ノッチ)に比べて、積込効率には目立った相違は示されていない。おおむね50~80%の範囲にバラツキ、傾向的なものはつかみ得ない。

なお、浚渫始めから終了までの全浚渫土量に対する全積載土量の割合、平均積込効率は表-8に示すように60~70%であった。

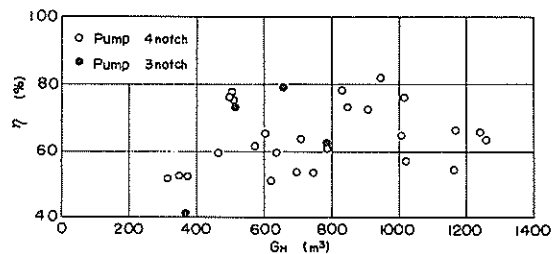


図-1 1 オーバフロ後の積込効率

表-8 平均積込効率

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>TD</i> (min-sec)	95-57	87-19	81-44	102-45	72-52	67-14	62-08	52-02	58-52
\bar{C}_{vp} (%)	-	7.5	7.9	7.1	9.9	8.6	9.4	9.5	8.2
<i>GD</i> (m ³)	-	1875	1849	2053	1849	1566	1521	1235	1259
<i>GH</i> (m ³)	883	1160	1161	1256	1230	1011	1062	782	746
* η_m (%)	-	61.9	62.8	61.3	67.0	64.6	69.8	63.3	59.2

* η_m = 平均積込効率

7.4 船速および接地圧の含泥率に及ぼす影響

ドラグサクシオン浚渫船の揚土能力に影響を及ぼす要因には、土質、海気象条件などの外的条件は勿論、船の運転上の条件として船速、ドラグヘッド接地圧、ドラグヘッド形状、吸込口流速などがあげられる。

本試験ではこれら要因の中、特に船速および接地圧の影響を調べた。すなわち、試験 *D-2* ~ *D-4* においてはスエールコン圧力の初期設定値を 20 kg/cm^2 に保ち、2行程づつ目標船速を 1.5、2.5、3.0 および 4.0 *kt* に変え、また *D-5* ~ *D-6* においては目標船速を総て 3.0 *kt* とし、2行程づつ接地圧を 7.5、10 および 12.5 *ton* に変えた。

各試験時の船速、含泥率およびスエールコン圧力を附表-4 に示す。表中の区間 *AB* および *BC* は、図-1 に判るように、それぞれの区間の *N* 値が異なり、また含泥率の記録からもこの影響が明瞭に見られることから、各行程を2区間に分けたものであり、矢印は浚渫方向を示す。

船速は南防波堤上の標識 *AB* および *BC* 間を通過する時間より求めた平均船速であるが、風浪その他のために必ずしも目標船速を保ち得なかった。

含泥率は各行程の初めの漸増部および終りの漸減部を除き、いわゆる純浚渫中（前記浚渫時間とは異なる）の記録を上記区間に分け、各々の平均含泥率および最高最低含泥率を示す。

スエールコン圧力は各行程中の平均指示圧力であるが、海底の凹凸およびスエールのため $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ 程度の変動が見られた。

図-1 2 はスエールコン圧力 $17 \sim 19 \text{ kg/cm}^2$ （接地圧 11 ~ 12 *ton*）のもののみを抽出し、船速 0.5 *kt* づつに区分して、各々の平均値とそのバラツキの範囲を示したものである。バラツキが多く、且つ 2 *kt* 以下および 4 *kt* 以上のデータが少ないため、本結果から最適船速をリコメンドすることは難があるが、平均値からは 2 ~ 4 *kt* の間に含泥率のピークがあるものと推察されよう。また *AB* 区間の含泥率は *BC* 区間のそれより約 20% 高く、*N* 値による相違が表われたものと解される。

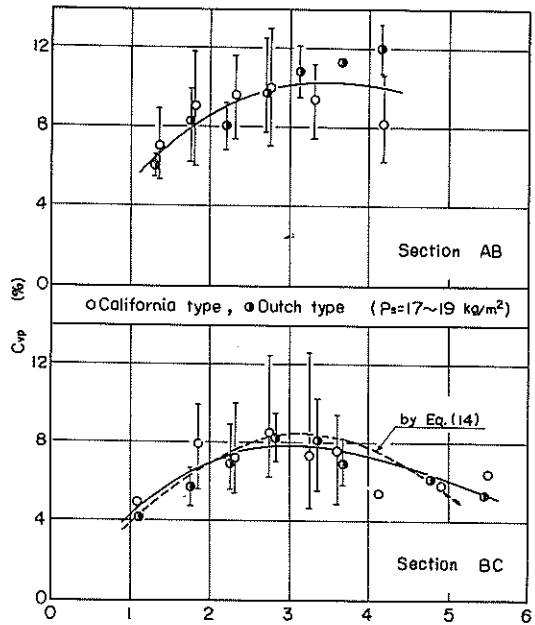


図-1 2 船速と含泥率

ここで船速の含泥率に及ぼす影響を今までの試験結果と若干の仮定を入れて考えてみよう。単位時間内に浚渫する土量 (g_0) および含泥率 (C_{vp}) は、

$$g_0 = 0.514 B d \cdot V_s \dots\dots\dots(7)$$

$$C_{vp} = g_0 / \frac{Q_m}{60} \dots\dots\dots(8)$$

ただし、 Bd = 浚渫幅 (m)

d = 浚渫土厚 (m)

V_s = 船速 (kt)

g_0 = 単位時間当り浚渫土量 (m³/min)

浚渫幅は海底状態の土質およびドラグヘッド形状によって異なり、また浚渫土厚については次のように考える。すなわち船速ゼロの場合に吸込み得る土厚を d_0 とし、この深

さまでの土砂を吸込むに要する時間を t_0 、また海底の或る断面をドラッグヘッドが通過するに要する時間を $t_d = Lh / 0.514Vs$ (Lh はドラッグヘッド長さ) とすると、 $t_0 \leq t_d$ の範囲の船速ではいずれも浚渫土厚は d_0 である。しかし $t_0 > t_d$ の船速になると、或る断面の土砂が完全に吸上げられる以前にドラッグヘッドが通過してしまうから、船速が大きくなるにつれて d は小さくなる筈である。したがって $t_0 = t_d$ における船速を V_{s0} とすると、浚渫土厚は次のように示される。

$$d = d_0 - f(V_s - V_{s0}) \quad \dots\dots\dots(9)$$

d_0 は土砂の N 値、土粒子の大きさ、吸込口の流速、ジェット圧力などによるものであり、 $f(V_s - V_{s0})$ の関数形は土質や接地圧などによって決められるものであろう。

一方、浚渫時の吐出量 (Q_m) は、

$$Q_m = Q_w \{1 - f(Cvp)\} \quad \dots\dots\dots(10)$$

であり、 $f(Cvp)$ は土砂の粒度構成およびポンプ形状による。式(7)、(8)、(9)および(10)から、含泥率と船速の関係は次のように示すことができる。

$$Cvp = \frac{0.514Bd \cdot Vs \{d_0 - f(V_s - V_{s0})\}}{Q_w \{1 - f(Cvp)\}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

いま、浚渫幅については簡単のためにドラッグヘッドの幅 Bh (カルフォルニア・タイプ = 2.9 m、ダッチ・タイプ = 2.6 m) とし、試験結果から浚渫土厚を算出して船速との関係を示したのが図-13である。ただし、浚渫土厚は

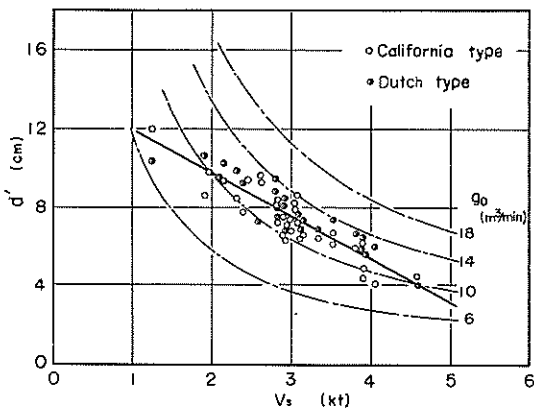


図-13 浚渫土厚

海底状態における厚さ (d') にするため、土砂の見掛比重 2.0 として補正した値を示す。この図からは、 d_0 は勿論 $f(V_s - V_{s0})$ の適確な関数形を導くことはできないが、いま d'

は V_s に対してほぼ直線的に減少し、また $t_0 = t_d$ における船速を $0.5 kt$ とすると

$$d = 0.13 - 0.022(V_s - 0.5) \quad \dots\dots\dots(12)$$

また、吐出量は図-8 に示すように

$$Q_m = Q_w(1 - 2.6Cvp) \quad \dots\dots\dots(13)$$

したがって、含泥率と船速の関係は、

$$Cvp = \frac{Vs \{11.22 - 2.07(V_s - 0.5)\}}{\frac{Q_w(1 - 2.6Cvp)}{80}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式(14)において、 $Q_w = 11000 m^3/h$ として $Cvp - Vs$ 曲線を示すと図-12の点線のようになり、約 3 kt でピークが現われ、測定結果の平均値より求めた曲線に近似する。

次に、接地圧の含泥率に及ぼす影響を調べるために、 $V_s = 2.5 kt \sim 3.5 kt$ の範囲の測定値を抽出し、スエルコン圧力を $1 kg/cm^2$ づつに区分してその平均値をプロットしたのが図-14である。非常にバラツキが多いが、接地圧を増加

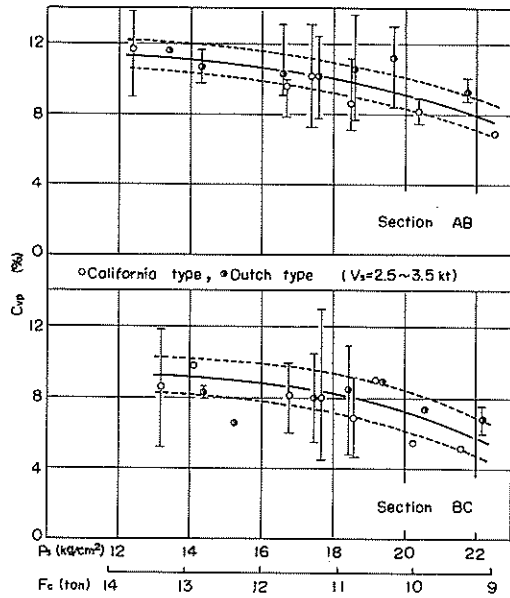


図-14 接地圧と含泥率

するとともに含泥率が増加する傾向がみられる。しかし、スエルコン圧力 $16 kg/cm^2$ 以下および $20 kg/cm^2$ 以上のデータが少くないので、本試験のみで決定的なことは言えないだろう。

7.5 船体動揺とスエルコンペンセータの変位

ドラッグサクシヨン浚渫船は他の浚渫船に比べて耐波性が秀れているものの、船体動揺、特にローリングは船の作業

性を疎外する因子の一つである。本試験ではジャイロ式動揺計を用いてローリング角(θ_j)および周期(T_j)を測定した。

ローリング角は港外側において最も大きく、8月31日午後(D-3)に最大 $\theta_j=9.0^\circ$ を記録したが、波高が港内側へ進むにつれて急速に減少し、BC区間においては殆んど 2° 以下であった。またローリング周期は8~11secであり、ほぼ波浪周期と一致していた。

表-9は、台風の余波が残っていた8月30日および31日の風浪観測結果の平均値と最大ローリング角である。

表-9 風浪と最大ローリング角

Date	Test No.	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)	V _w (m/sec)	θ_{jmax} (°)	θ_{pmax} (°)
8/30	D-1	2.34	6.1	10.9	-	6.8
8/31	D-2	2.24	9.2	4.2	7.9	7.7
	D-3	2.44	9.8	3.2	9.0	8.5

8月30日の波高は31日のそれと比べて差は少なく、風速は2倍以上あるものの、波浪周期が短かいため、8月31日よりローリング角が小さい。

ローリング角および周期の測定には簡便な差圧式の方法も試験的に併用してみた。これは船体中央部に設置した圧力ヘッドと適当な距離を置いた水容器をビニール・チューブでつなぎ、ローリングによる水圧変動をピックアップす

るもので、水の移動が少ないから慣性による影響は少ないと思われる方法である。図-15に本方式の測定要領を示す。この図から

$$\Delta h' = \overline{A'B'} = \overline{OA'} - \overline{OB'} = h(1 - \cos\theta) + \ell_0 \sin\theta \quad (15)$$

$$\Delta h'' = \overline{B'C'} = \overline{OA'} - \overline{OC'} = h(1 - \cos\theta) \quad (16)$$

式(15)および(16)から

$$\Delta h = \Delta h' - \Delta h'' = \ell_0 \sin\theta$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}(\Delta h / \ell_0) \quad (17)$$

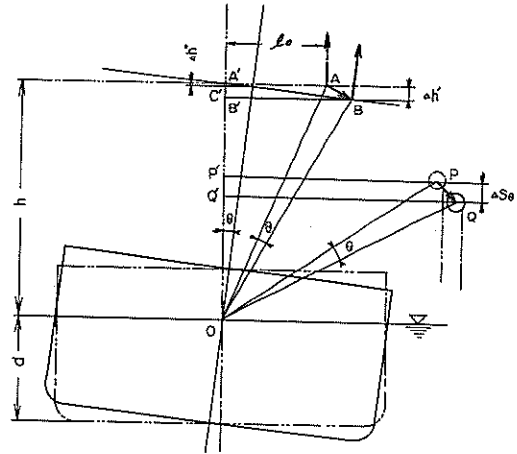


図-15 船体動揺モデル

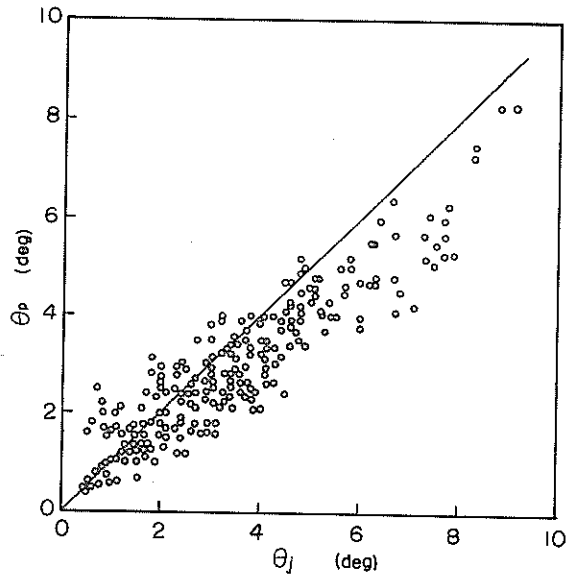
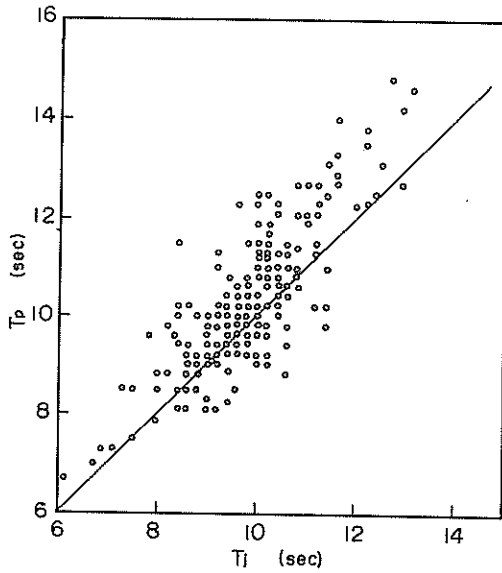


図-16 ジャイロ式動揺計と差圧式動揺測定法の周期と角度の相関

図-16は、ジャイロ式動揺計から求めたローリング角および周期と、差圧式によるそれら(θ_p, T_p)を比べたものである。図から判るように、差圧式はジャイロ式より角度で約14%少なく、周期で約5%大きく出ているが、おおむね本方式は実用に供することができると言ってよいだろう。

次に、船体動揺に伴うスエルコンベンセータの変位(ΔSc)をポジションメータを用いて測定したが、これとローリング角から算出されるドラッグヘッド吊り用ジブ頂点の垂直変位($\Delta S\theta$)を比較して、スエルコン・システムの追従性を調べた。

図-15において、ジブの頂点PはローリングによってQへ移り、この時垂直変位が生じる。

$$\Delta S\theta \approx \overline{P'Q'} = \overline{OP} \cos(\angle POQ') - \overline{OQ} \cos(\angle POQ' + \theta) \dots\dots\dots (18)$$

$\angle POQ'$ はジブの張り出し角で浚渫時には約68°であり、また $\overline{OP} \approx 15m$ であるから

$$\Delta S\theta \approx 15 \{ \cos 60^\circ - \cos(68^\circ + \theta) \} \dots\dots\dots (19)$$

スエルコンベンセータの変位は、船体動揺による変位と海底の起伏による変位とが重合したものであるから、必ずしもローリング角から求めたジブ頂点の変位と1:1の関係にはならないが、図-17によれば両者の周期および ΔSc と $\Delta S\theta$ の相関が大略1:1であることから、殆んどがローリングによるものであると考えて差支えなく、スエルコン・システムの追従性はおおむね良好と言えよう。

また、船体動揺による揚土能力への影響は、表-5および7で判るように顕著なものはみられない。ただ、ローリング角が大きくなると浚渫ポンプ吐出量の記録が大幅に振れるが、これが現象的なものかどうかの判定は得られなかった。

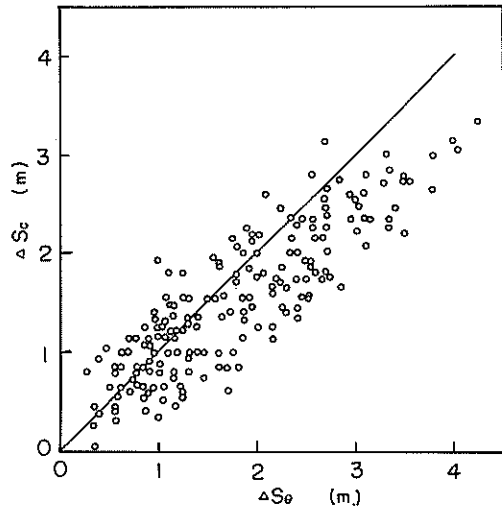
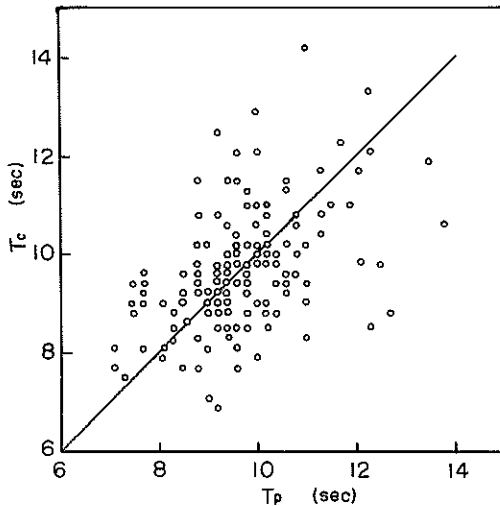


図-17 スエルコンベンセータの変位と船体動揺より求めたジブ頂点の変位の相関

8. ま と め

今回の試験は第一特浚丸の浚渫能力の実態を把握するために行われたものであるが、試験当初台風接近による作業中止と言うアクシデントがあったこと、また揚土能力に影響を及ぼす要因が数多くあって、これらを短時間で調査することは困難であることなどの理由によって、試験は船速および接地圧の影響を主眼として行われた。

一般にこの種の現地試験においては、土質、海気象条件などの外的条件や操船上の個人差などによって予め設定した試験条件を満足させることは困難であり、測定結果にバラツキが生じることは止むを得ない。しかしながら、本船

には浚渫ポンプ吐出量および含泥率の自動記録システムが完備されており、多くの貴重な記録をもとに解析を進めることができ、改めてこれら計器の水力式浚渫船における重要性を認識させられた。

以下、試験結果をまとめてみると次の通りである。

- (1) 浚渫ポンプの送水時の作動点は、ほほ工場試験で得られた特性曲線上に確認できたが、設計点(8000 $m^3/h \times 17m \times 170rpm$)に対して吐出量は155rpmで約9600 m^3/h これを規定回転数に換算すれば設計点の約50%増になる。吐出量の多少は別問題としても設計時の管路抵抗の過大評価の表われであろう。

また、浚渫時のポンプ作動点の移動傾向を管路抵抗および吐出量低下より求めたが、揚程比 ($H_m/Y_m D_w$) は低含泥率において1に近く、含泥率の増加に伴って漸減する。

(2) 吸込管側の土質係数 β は含泥率の増加とともに増加する傾向がある。高含泥率になるとドラッグヘッドの土中への喰込みが多いため入口抵抗が増大するためのものであり、低含泥率では喰込み現象が少ないから従来の β の値に近い。

(3) 浚渫ポンプ吐出量と含泥率の自動記録からは、これらの相対的な変化が明瞭に示される。吐出量は含泥率にほぼ反比例して低下し、それらの積として与えられる浚渫土量は含泥率約19%においてピークを示す。実際上はこの値を超過することは殆んどないから、含泥率の増加は即浚渫土量の増加と考えてよい。

(4) 掘削用ジェットを用いない試験は1サイクルのみであり、且つ吐出量および含泥率の記録が取れなかったので、ジェット使用時の結果と比較するには不十分であるが、単位時間当たり積載土量で比べてみると約50%増となっており、ジェットの効果はかなりあるものと推察されよう。しかしジェットの効用はあくまでも土質如何であり、軟土質に対しては土砂の飛散もあって逆効果ともなり得ないし、硬土質 (N 値 >50) に対しては今後の研究課題である。

(5) オーバフロ後の積込効率は50~80%と非常にバラツキが多くて傾向的なものはつかみ得なかった。これは各行程の積込土量を航行中の喫水から求めたことや、喫水の微小の読み取り誤差(喫水1cm当り積載土量約10 m^3 に相当する)に起因するものであろう。しかし、全浚渫土量に対する全積載土量の比として示される平均積込効率は、おおむね60~70%の範囲にあった。

(6) 船速および接地圧の含泥率への影響は本試験の主要目的であった。船速は当初予定した設定値を保つことが難しく2.5~3.5 kt の範囲に集中したが、浚渫土厚および吐出量低下の測定結果を用いた計算値では3 kt 前後にピークがあることが判った。勿論、このピークは土質によって異なるもので、一般には硬質土では船速の速い方へ移るものと思われる。式(9)で示される浚渫土厚は、土質、吸込口流速、ジェット圧力、接地圧などによって決められるもので、今後色々なケースについてのモデルおよび現地試験によって解明すべき問題であらう。

また、接地圧を増すと含泥率は増加する傾向にあるが、接地圧と船速は相反する素因となるため、一概に接地圧の増加のみを強調することはできない。

なお、ドラッグヘッドによる相違は、顕著なものはみら

れなかった。

(7) 船体動揺をジャイロ式動揺計を用いて測定したが、ローリング角は最大 9.0° 、周期8~11 sec であった。この際の波高は2.44 m 、波浪周期は9.8 sec であり、同程度の波高でも波浪周期が短かければローリング角はそれ程大きくならない。

また、スエルコンベンセータの変位とローリング角から算出したジブ頂点の変位は、殆んど1:1の対応を示し、スエルコン・システムの追従性はおおむね良好であると判断された。

9. あとがき

本試験は、特殊浚渫株式会社よりの委託で行われたものであるが、第一特浚丸の送水および浚渫時の基本的能力の実態をほぼつかみ得た。勿論、これら能力は土質その他の条件によって大幅に変わるものであろうが、本報告が今後の作業指針の一助になれば幸いである。

最後に、本試験を実施するに当って格別の御協力を頂いた鹿島港工事々務所、特殊浚渫株式会社および石川島播磨重工業株式会社の関係各位に感謝する次第である。

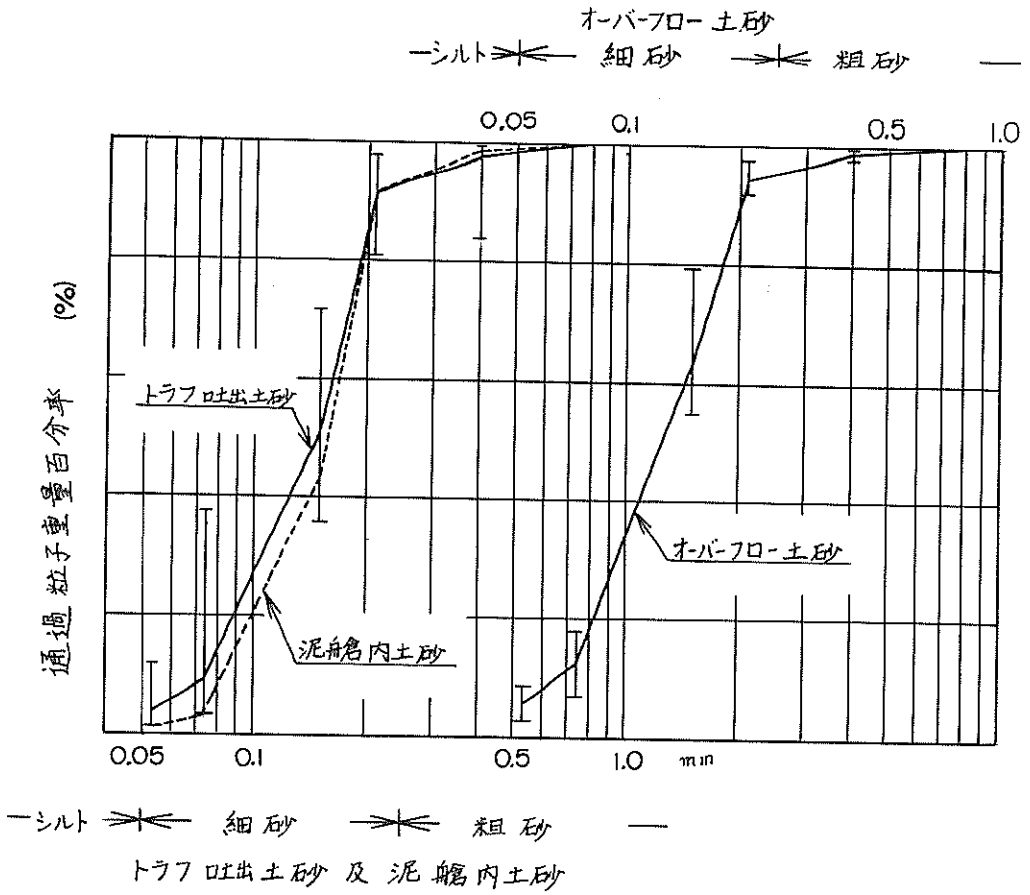
参 考 文 献

- 1) 石川島播磨重工業株式会社、2000 m^3 ドラッグサクシオン浚渫船「海鵬丸」、作業船、第33号、1964年5月、PP.68~91
- 2) 岩田繁男、4000 m^3 積ドラッグサクシオン浚渫船計画概要、作業船 664 1969年7月、PP.24~30
- 3) 石川島播磨重工業株式会社、4000 m^3 ドラッグサクシオン浚渫船「第一特浚丸」、作業船 671 1970年9月、PP.3~14
- 4) 株式会社荏原製作所、第一特浚丸浚渫ポンプ試験成績表、第一特浚丸完成図書、1970年2月
- 5) 八木得次、宮崎昭児、渋谷洋一、是石昭夫、奥出律、石塚浩次、ドラッグサクシオン浚渫船の鹿島港への適用、港湾技術資料 667、1963年3月、80P.
- 6) 港湾技術研究所、海鵬丸実船調査報告、第13回港湾機械技術研究会資料、1966年11月 PP.5
- 7) 長谷川源太郎、八木得次、徳永省三、浚渫ポンプの性格とその使用法、運輸技術研究所報告別冊、1958年、PP.11

記 号 表

- A = 防波堤上の標識
Ab = ボーリング地点
Ac = ボーリング地点

- B = 防波堤上の標識
 Bc = ボーリング地点
 Bd = ドラグヘッドによる浚渫幅 m
 Bh = ドラグヘッド幅 m
 C = 防波堤上の標識
 C_{DH} = 泥船内平均含泥率 %
 C_{VO} = オーバフロ含泥率 %
 C_{VP} = ポンプ吐出平均含泥率 %
 D = 試験番号または波浪観測地点
 Ds = 吸込管径 m
 d = 喫水または浚渫土厚 m
 \bar{d} = 平均喫水 m
 d' = 海底状態に換算した浚渫土厚 m
 do = 船速ゼロにおける浚渫土厚 m
 dp = 浚渫ポンプ位置における喫水 m
 E = 波浪観測地点
 e = 吐出量補正係数
 Fc = 接地圧 ton
 fo = 曲管、ドラグヘッド、バルブ等の抵抗係数
 GD = 浚渫土量 m^3
 ΔGD = 1行程中の浚渫土量 m^3
 GH = 積載土量 m^3
 ΔGH = 1行程中の積載土量 m^3
 GH' = 見掛比重 1.88 に換算した積載土量 m^3
 GHS = サウンディングによる積載土量 m^3
 \mathcal{P}_D = 単位時間当り浚渫土量 m^3/min
 H = 浚渫ポンプ揚程または波高 m
 Hm = 浚渫時の揚程 m
 Hw = 送水時の揚程 m
 h = 喫水面からブリッジ床面までの高さ m
 $\Delta h, \Delta h', \Delta h''$ = 図-15における記号 m
 has = 吸込実揚程 m
 hrm = 浚渫時の全管路の損失水頭 m
 hrs = 送水時の吸込管損失水頭 m
 hrw = 送水時の全管路の損失水頭 m
 hsm = 浚渫時の吸込揚程 m
 hsw = 送水時の吸込揚程 m
 ht = 実揚程 m
 hu = 浚渫深度 m
 Ld = 浚渫ポンプの吐出管長 m
 Lh = ドラグヘッド長さ m
 Ls = 浚渫ポンプの吸込管長 m
 lo = 差圧式動揺計の検出器設置間距離 m
 Np = 浚渫ポンプ電動機出力 kw
 np = 浚渫ポンプ回転数 rpm
 Ps = スエルコン圧力 kg/cm^2
 Pj = ジェットポンプ圧力 kg/cm^2
 Qm = 浚渫時のポンプ吐出量 m^3/h
 Qw = 送水時のポンプ吐出量 m^3/h
 R = 曲管の曲率半径 m
 Re = レイノルズ数
 S = 浚渫行程
 ΔSc = スエルコン変位量 m
 $\Delta S\theta$ = ローリング角より求めたドラグヘッド吊り用ジブ頂点の垂直変位量 m
 T = 波浪周期 sec
 Tc = スエルコンベンセータ変位の周期 sec
 TD = 浚渫時間 min
 ΔTD = 1行程中の浚渫時間 min
 Tj = ジャイロ式動揺計によるローリング周期 sec
 To = オーバフロ後浚渫終了までの時間 min
 Tp = 差圧式動揺計によるローリング周期 sec
 t_d = 海底の或る断面をドラグヘッドが通過するに要する時間 sec
 to = 浚渫土厚 do まで吸込むに要する時間 sec
 Vg = 浚渫ポンプ吸込圧力 $cm-Hg$
 \bar{V}_H = 泥船容積 ($4091m^3$)
 Vs = 船速 kt
 $Vso = to = t_d$ における船速 kt
 Vw = 風速 m/sec
 vs = 吸込管流速 m/sec
 β = 土質係数
 γm = 土砂水の混合比重
 γs = 土砂の真比重 (2.65)
 γw = 海水の比重 (1.025)
 θ = ローリング角 deg
 θj = ジャイロ式動揺計によるローリング角 deg
 θp = 差圧式動揺計によるローリング角 deg
 τo = オーバフロ開始までの時間 min
 η = 積込効率 %
 ηm = 平均積込効率 %



附図-1 浚渫土砂の節分分析

附表-1 浚渫土砂の比重測定結果

試験日	Test №	サンプル №	真比重			試験日	Test №	サンプル №	見掛比重		
			粗状態 (1)	密状態 (2)	粗状態				密状態		
トラフで採取した土砂											
8/30	D-1	S 1	2.607	1.609	1.757	9/2	D-6	S 30	-	-	-
		S 2	2.556	1.645	1.762		D-7	S 31	2.704	1.640	1.800
		S 3	2.643	1.620	1.785		S 32	2.677	1.620	1.804	
		S 4	2.653	1.657	1.770	S 33	2.733	1.746	1.934		
		平均	2.615	1.663	1.769	9/3	D-8	S 36	2.722	1.758	1.922
				D-9	S 37		2.696	1.702	1.862		
				S 39	2.682		1.741	1.865			
						平均	2.736	1.759	1.982		
オーバフロ・ゲートで採取した土砂											
8/31	D-2	S 6	2.688	1.661	1.813	8/30	D-1	S 5	2.649	1.463	1.531
		S 7	2.634	1.666	1.824	8/31	D-2	S 10	2.678	1.678	1.831
		S 8	2.664	1.615	1.738		D-3	S 11	2.656	1.696	1.870
		S 9	2.654	1.628	1.793		S 16	2.713	1.719	1.853	
		S 12	2.718	1.685	1.856	9/1		S 24	2.712	1.669	1.851
		S 13	2.569	1.613	1.781	9/2	D-6	S 29	-	-	-
		S 14	2.730	1.699	1.830		D-7	S 34	2.673	1.643	1.809
S 15	2.776	1.715	1.839	9/3	D-8		S 38	2.679	1.664	1.814	
					D-9		S 41	-	-	-	
				平均	2.685		1.678	1.838			
泥船内で採取した土砂											
9/1	D-4	S 20	2.683	1.672	1.843	8/30	D-1	S 42	-	1.733	1.879
		S 21	2.683	1.675	1.818	8/31		S 43	2.744	1.779	1.948
		S 22	2.712	1.769	1.943		9/2		S 44	2.742	1.786
		S 23	2.724	1.753	1.923	平均	2.743	1.766	1.930		
		S 25	2.734	1.733	1.891						
		S 26	2.725	1.780	1.950						
		S 27	-	-	-						
		S 28	-	-	-						

- (1) 試料を十分に懸濁した後、自然沈積させ、20時間後に計測したもの
- (2) 粗状態計測後、振動を与えて締め固めた状態で計測したもの
- (3) D-1は掘削用ジェットを使用しない試験であり、その時の土砂採取方法は他の試験のものとは異なる

附表-2 試験期間中の海気象条件

試験日	E (D) 点の波				風		時刻	試験日	E (D) 点の波				風		
	最大波		1/3 波		風向 (方位)	風速 (m/s)			最大波		1/3 波		風向 (方位)	風速 (m/s)	
	波高 (m)	周期 (sec)	波高 (m)	周期 (sec)					波高 (m)	周期 (sec)	波高 (m)	周期 (sec)			
8/30	2.75	6.5	1.98	7.9	NNE	7.0	8	9/ 2	2.20	9.0	1.49	8.3	SW	5.0	
					NNE	7.5	9							SW	4.8
	3.10 (1.87)	6.5 (9.0)	2.03 (1.14)	7.1 (6.5)	NNE	9.0	10		1.46 (0.62)	8.0 (8.0)	1.19 (0.42)	9.2 (6.3)	SW	7.0	
					NNE	10.3	11							S SW	6.0
	4.47	6.0	2.18	7.3	NNE	10.2	12		1.81	7.5	1.27	9.3	S SW	8.0	
					NNE	11.7	13							S SW	8.5
	3.53	6.5	2.49	5.8	NNE	12.0	14		1.71	11.5	1.34	9.0	S SW	10.0	
	2.93	5.0	2.42	6.1	NE	11.5	15							S SW	9.5
	3.78 (1.40)	5.0 (7.0)	2.27 (1.06)	5.8 (5.4)	NNE	9.8	16		1.72 (0.47)	9.0 (6.0)	1.39 (0.33)	9.0 (6.5)	S SW	8.0	
	3.10	6.0	2.39	6.2	NNE	10.0	17							S SW	9.5
				NNE	11.0	18	1.29	7.5	1.03	8.0	S SW	9.0			
8/31	2.84	6.5	2.22	8.3	NNE	5.2	8	9/ 3	1.29	8.0	1.00	9.1	W	5.0	
	2.92	9.5	2.37	9.1	NNE	5.2	9							W	4.5
	3.10 (0.94)	9.5 (5.0)	2.32 (0.76)	9.0 (6.5)	NNE	4.2	10		1.63 (0.47)	10.0 (5.0)	1.08 (0.36)	8.9 (5.6)	E	4.0	
					NNE	4.2	11							ESE	1.8
	2.75	8.5	2.15	9.4	NNE	4.2	12		1.29	13.0	0.89	9.2	ESE	4.0	
					ENE	3.5	13							ESE	4.0
	3.10	10.0	2.15	9.6	ENE	4.2	14		1.38	10.0	0.81	7.8	NNE	4.0	
					NE	3.7	15							E	1.8
	3.27 (0.70)	9.0 (8.0)	2.44 (0.51)	9.8 (6.8)	ENE	3.3	16		1.20 (0.47)	9.0 (5.0)	0.96 (0.33)	8.3 (5.5)	ENE	1.5	
					E	2.7	17							ENE	2.0
				ESE	1.3	18	1.55	7.0	0.93	7.7	E	1.8			
9/ 1	1.72	8.5	1.44	9.2	SW	3.2	8								
					SW	3.3	9								
	2.41 (0.70)	9.0 (6.0)	1.70 (0.48)	10.1 (6.1)	ESE	5.0	10								
					S SW	6.0	11								
	2.24	10.0	1.43	8.9	S SW	6.0	12								
					S SW	7.0	13								
	2.41	9.5	1.60	9.2	S SW	7.0	14								
					SW	4.2	15								
2.15 (0.55)	10.0 (5.0)	1.55 (0.44)	9.5 (5.5)	SW	5.2	16									
				S SW	5.5	17									
				S SW	7.5	18									

附表 - 4 - ②

Test No.	S	Section	V _s (kt)	C v p			(%)			P _s (kg/cm ²)	
				Pump No. 1			Pump No. 2			Starboard	Port
				Mean	Max	Min	Mean	Max	Min		
D-3	1	C → A	1.64	4.6	8.6	2.6	6.5	11.0	3.8	18.2	18.4
			2.54	6.9	11.2	2.8	9.0	15.4	4.4	19.0	18.0
	2	A → C	1.51	9.5	11.2	7.6	9.6	12.8	7.4	17.5	16.7
			3.02	12.5	18.0	8.4	11.8	14.6	7.8	18.0	17.0
	3	C → A	3.18	3.4	4.7	2.0	4.5	9.0	2.6	18.6	18.5
			2.20	7.2	10.2	3.4	6.2	10.0	3.0	17.5	17.1
4	A → C	1.69	8.2	12.6	4.0	8.4	12.8	5.0	17.6	16.8	
		2.66	6.0	9.8	2.6	7.0	15.2	2.6	17.9	16.4	
5	C → A	3.14	4.4	5.8	3.4	6.3	7.6	3.8	17.7	17.5	
		2.62	9.1	13.4	3.8	8.8	14.8	4.7	17.5	16.3	
6	A → C	1.91	11.4	14.2	8.0	9.6	11.4	6.2	17.5	16.1	
		2.94	8.0	15.5	3.4	7.8	16.0	3.0	18.1	16.9	
D-4	1	C → A	2.12	5.1	10.2	3.0	5.7	12.4	3.4	17.9	16.6
			1.23	5.8	9.0	1.1	5.3	9.8	2.8	17.4	16.2
	2	A → C	1.85	5.8	9.8	2.4	6.1	9.0	3.4	17.4	16.3
			1.08	4.7	17.0	2.6	4.0	7.0	2.6	17.4	17.8
	3	C → A	2.35	5.5	8.6	3.2	5.5	8.0	3.0	17.3	16.8
			2.65	4.5	7.4	2.8	5.5	7.7	4.0	17.1	16.8
	4	A → C	1.82	9.4	13.7	6.4	5.7	8.4	2.4	16.9	16.1
			1.87	11.5	17.6	7.7	4.6	8.2	2.2	17.4	16.7
5	C → A	2.45	9.9	14.2	3.8	8.7	14.2	4.8	17.7	16.7	
		3.05	7.6	10.8	3.0	10.8	15.4	7.2	18.5	17.5	
6	A → C	2.38	10.8	15.2	4.7	5.3	7.6	3.8	16.9	15.9	
		2.78	12.2	17.8	8.2	7.4	15.8	3.0	18.3	17.0	
7	C → A	4.88	5.5	7.6	4.2	5.9	9.6	3.8	17.8	17.9	
		4.21	7.4	16.2	4.8	13.0	18.0	8.2	18.5	17.8	
8	A → C	3.48	10.8	14.0	6.4	10.5	13.2	5.0	17.0	16.7	
		3.58	11.5	18.8	8.0	7.2	11.2	3.2	18.6	18.4	
D-5	1	C → A	4.79	3.2	3.6	2.6	9.2	11.2	6.6	22.3	20.5
			3.48	6.7	12.0	3.8	11.3	18.0	6.6	22.5	20.0
	2	A → C	2.30	7.3	13.9	5.3	10.7	16.8	6.2	20.1	20.3
			3.62	5.0	8.6	2.4	8.4	15.0	4.4	21.6	21.6
	3	C → A	3.32	5.6	9.4	4.0	6.2	9.8	4.2	17.8	18.6
			2.89	9.3	13.7	7.0	8.4	14.4	5.6	17.8	18.0
4	A → C	1.70	9.8	15.0	3.8	8.8	14.2	3.0	17.6	17.3	
		2.54	12.7	19.2	7.8	10.6	17.3	4.2	17.6	18.3	
5	C → A	3.09	9.5	14.2	6.8	7.8	24.8	4.0	13.4	14.1	
		2.37	10.3	13.5	6.2	20.4	35.3	11.8	12.7	13.2	
6	A → C	2.51	13.1	15.8	8.4	11.3	15.8	5.0	12.0	13.4	
		2.28	11.5	15.4	8.4	8.2	18.8	2.2	13.3	14.8	

附表 - 4 - ③

Test No.	S	Section	Vs (kt)	Cvp (%)						Ps (kg/cm ²)	
				Pump No. 1			Pump No. 2			Starboard	Port
				Mean	Max	Min	Mean	Max	Min		
D-6	1	C → A	4.16	5.1	9.0	3.4	5.4	9.8	3.0	18.7	21.2
			3.56	7.8	15.4	3.6	9.8	19.9	4.0	20.8	22.0
	2	A → C	2.65	8.7	13.0	6.4	8.6	14.6	5.4	20.3	21.5
			3.33	5.3	11.2	2.4	7.3	14.6	3.6	20.5	22.2
	3	C → A	3.31	7.0	12.4	3.4	7.3	10.8	3.0	18.0	18.8
			2.80	12.5	17.0	5.8	13.0	17.0	8.0	17.7	19.4
4	A → C	2.80	10.8	15.4	6.4	9.6	12.6	6.6	18.3	18.5	
		3.09	7.3	4.6	3.8	8.7	15.8	4.2	18.7	19.4	
5	C → A	3.64	5.4	6.4	3.0	5.1	9.4	3.0	12.7	14.4	
		2.59	13.8	18.4	8.0	11.3	16.7	5.8	12.4	14.1	
6	A → C	2.38	8.5	13.2	4.6	9.4	15.4	5.6	12.5	19.5	
		3.24	4.9	9.0	3.4	6.3	8.8	3.4	13.1	15.3	
D-7	1	C → A	3.67	4.7	6.8	3.8	6.4	8.8	3.8	17.7	18.7
			4.22	6.1	10.8	4.4	10.4	16.6	9.6	17.8	18.8
	2	A → C	2.56	10.2	16.4	5.4	12.1	18.9	4.4	17.4	17.7
			3.00	6.2	8.2	4.0	9.9	15.6	5.2	17.8	18.6
	3	C → A	3.36	4.4	6.4	2.2	9.0	15.0	4.8	17.8	19.0
			2.81	9.3	13.9	3.8	12.0	19.7	5.8	16.5	19.8
4	A → C	2.75	10.8	15.8	7.0	10.6	14.2	4.8	17.6	15.4	
		2.85	7.6	12.8	4.6	6.8	14.2	3.0	17.8	18.7	
5	C → A	3.00	11.3	15.6	6.6	12.8	17.2	6.4	17.5	18.9	
		2.87	12.9	16.4	6.0	14.3	18.4	12.0	17.5	18.5	
6	A → C	1.98	7.4	11.6	3.0	7.7	13.2	2.6	17.2	-	
		-	9.3	13.0	5.2	4.7	7.7	3.2	17.5	-	
D-8	1	C → A	2.52	8.5	11.4	4.2	8.7	12.4	5.6	17.7	18.3
			2.41	11.2	20.4	6.8	16.8	25.0	9.8	17.3	17.5
	2	A → C	2.99	9.6	12.2	5.4	12.6	15.4	8.6	16.7	16.7
			3.62	8.2	14.5	4.7	7.2	10.2	4.7	17.5	18.4
	3	C → A	3.05	8.8	18.8	4.6	8.0	13.7	3.0	17.3	17.9
			3.02	11.1	19.2	6.8	11.7	22.4	7.6	17.3	17.8
4	A → C	2.87	8.7	11.0	4.2	11.0	14.0	6.2	16.9	17.7	
		2.97	7.9	16.9	4.4	8.0	14.6	3.6	18.5	18.1	
5	C → A	3.71	7.6	11.4	3.8	7.9	10.8	4.8	17.5	17.8	
		4.10	10.4	13.0	6.0	12.8	22.2	6.8	17.4	17.0	
6	A → C	3.08	7.1	9.4	4.4	9.2	12.4	4.8	17.4	17.5	
		3.12	12.5	24.1	5.6	9.0	15.4	3.8	17.9	18.2	

附表 - 4 - ④

Test No.	S	Section	Vs (kt)	C v p (%)						Ps (kg/cm ²)	
				Pump No.1			Pump No.2			Starboard	Port
				Mean	Max	Min	Mean	Max	Min		
D-9	1	C ↘ A	3.67	4.8	7.6	3.2	5.8	8.6	3.6	18.4	17.5
			3.37	8.0	11.6	4.2	10.4	14.2	4.0	18.1	17.0
	2	A ↘ C	2.47	10.7	16.4	4.0	10.0	15.4	5.8	17.3	16.0
			3.44	4.6	10.2	1.8	5.8	10.0	3.0	18.8	16.7
	3	C ↘ A	3.23	8.6	15.0	6.4	9.9	15.0	6.8	17.3	17.0
			2.86	7.6	10.8	4.4	8.6	17.8	4.6	17.9	17.1
	4	A ↘ C	1.81	8.2	13.4	4.0	10.3	13.6	6.0	17.3	16.4
			2.89	6.0	10.4	2.6	7.7	16.0	3.8	18.3	16.8
	5	C ↘ A	3.53	7.8	10.4	3.8	6.2	7.7	4.6	17.6	17.3
			2.28	8.3	12.8	4.6	16.3	33.4	6.0	17.4	16.5
	6	A ↘ C	2.53	9.0	11.4	6.2	10.4	12.8	7.2	17.6	16.8
			3.23	5.0	11.8	2.2	7.7	14.0	4.2	18.9	17.9

港湾技研資料 No. 123

1971・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント
東京都港区西新橋3-24-9 飯田ビル

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.