

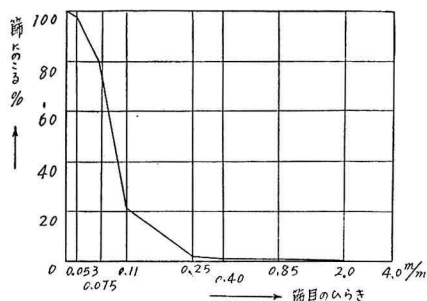


図-2 浚渫土砂の粒度曲線

篩目の 開き (mm)	4.0	2.0	0.85	0.4	0.25	0.11	0.075	0.053	計
篩目の こる (%)	0	0.5	1.2	1.4	2.1	2.07	78.45	96.25	100

§ 2 海底管の布設

(1) 海底管の構造

海底管は径 22", 厚 6 mm, 長さ 6 m の熔接構造の鉄管であつて両端に接合用のフランジを有する。鉄管の接合はゴムパッキンおよび、ゴムスリーブによつて行なつた。ゴムパッキンは厚 10 mm/m のものを使用し、径 19 mm/m ボルト 18 本によつて締付けた。これは一般陸上送泥管と同様である。ゴムスリーブは排砂管自体とすれば耐圧上弱点となる傾向があり少ない方がよいが海底管の布設にさいし取扱上ある程度の可撓性を与える必要があるので、排砂管 2~3 本おきに 1 個配置した。ゴムスリーブはダンロップ製鋼線入りのものを使用し、取付けにさいしては排砂管フランジにゴムスリーブ取付け用の端管を付し、スリーブをはめこんだ上、帯金具 4 本によつてしめつけ耐圧性をもたせるよう考慮した。

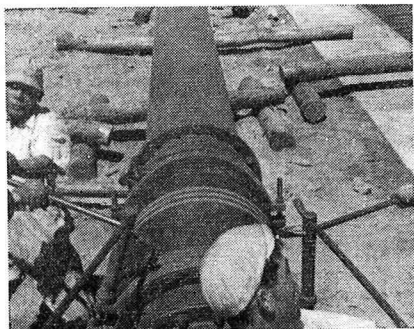


写真-1 ゴムスリーブ取付け部分

(2) 組立ておよび耐圧試験

海底管の組立ては約 100 m ずつ西 1 号埠頭上において行なつた。すなわち写真のように 5 m おきに丸太によつて枕を組み 100 m づつ順次にゴムパッキン、ゴムスリーブを配置して組立てた。また本管の取扱いは以後すべて

海上に浮上させて行なうので、100 m の両端には鋼板を取付け海水の浸入を防止した。

組立てを終了せる海底管は曳船によつて松島丸舷側に曳航し、コンプレッサー 15 HP, 20 HP, 2 台によつて耐



写真-2 海底管の陸上組立て

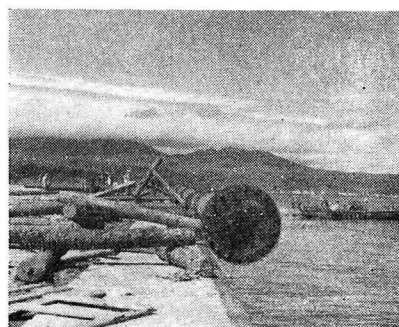


写真-3 曳船にて海上に移す

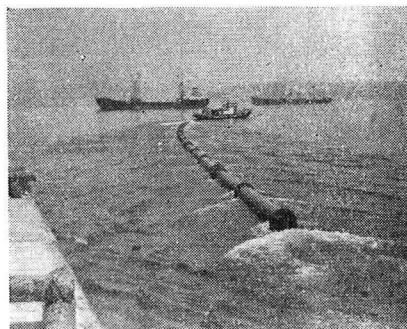


写真-4 耐圧試験のため曳航

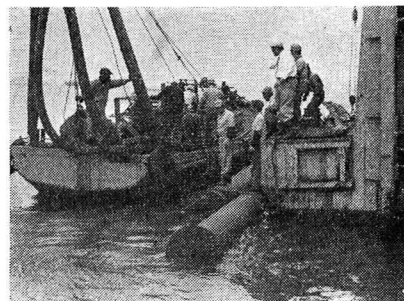


写真-5 海底管耐圧試験状況

圧試験を行なった。

耐圧力の目標は浚渫船運転中の吐出圧力 5 kg/cm^2 以上必要であることは当然であるが海底管敷設後航行船舶

のアンカーなどにより打撃をうけ移動し耐圧力が低下する危険もあるので安全を見込み 6 kg/cm^2 として試験を行なった。次表は耐圧試験結果である。

表—1 海底管の耐圧試験結果

	No. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
所要時間 (時間 分)	6.00	4.40	1.30	1.15	2.40	1.00	1.55	2.40	3.20	2.30	2.40	1.35
最終耐圧力 (kg/cm^2)	6.1	6.25	6.5	6.5	6.4	7.0	6.5	6.5	6.7	6.5	6.5	6.2

当初はコンプレッサーの過熱などのため6時間を要したが以後2~3時間で所要耐圧力に達している。試験中空気の漏洩はほとんどゴムスリーブ部分に発生している。なおゴムスリーブ接合部の排砂管は加圧によつて多少移動するが、あらかじめ帯金具はこのずれを見越し端管 jaw の部分よりやや外側にとりつけておくこと加圧によつてゴムスリーブに損傷をおよぼすことはない。

(3) 海底管の布設

海底管の敷設にさいしては、あらかじめ陸上に法線の見通しを設置しなければならない。この見通し標識は以後浚渫工事実施中海底管布設位置を船舶に認識される手段ともなるので本工事においては螢光灯を三角形に組合わせたものを赤白の2色にわけ、法線見通し上に2カ所設置した。海底管布設方法としては⁷⁾

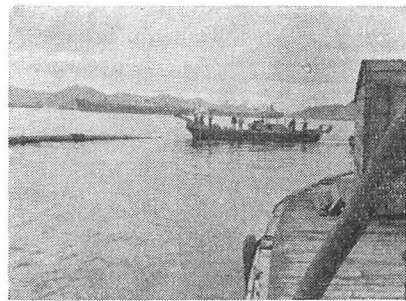
① 少部分ずつ起重機で吊り水上にてゴムスリーブで連結するか、または海底において潜水夫がボルト接合する方法。

② 長距離を一度または数度で布設する方法

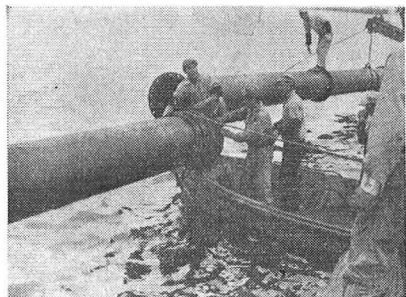
①の方法は布設予定線にはほぼ正確に沈設できるが工期が長くなること、潜水夫などを使用するため工費が増加すること。また現場接合カ所が多くなればそれだけ耐圧上不確実な部分が増加することなどの理由から布設線に多少の彎曲があつても工期が短くかつ、耐圧力の点で確実な②の方法によつて行なつた。布設は7月13日、14日、16日の3日間に亘つて行なわれた。使用船舶機械は曳船5隻(木造15t 50 IP 1隻, 20t 75 IP 2隻, 自走鋼製アンカー伝馬1隻監督船1隻), 起重機船2隻(10 IP ウィンチ1隻, 20 IP アンカー船1隻), 舢舨2隻(木造70t)であつた。耐圧試験を終えた排砂管は4本連結して約400mとなし、曳船により現地に曳航した上、管の両端をそれぞれ1隻ずつの曳船によつて徐々に方向を転換して布線法線上に引きつけた。(風のある場合には更に1隻の曳船により連結管中央部分を支持する必要がある。)あらかじめ沈設始点および終点に固定した起重機船は管の両端をワイヤーでつり、見通し線を再度確認した上、管両端の鋼板をとりはずし管の一方の起重機は徐々にワイ

ヤーを伸ばして海水を管内に流入せしめ沈設した。沈設終端にはブイをとりつけ翌日第2回の沈設を行なう時は管端を起重機で吊り上げ海上においてゴムパッキンによりボルト接合をなし、前回同様の方法で沈下せしめた。

海底管より海上管に移行する部分には鉄塔を設置した。鉄塔の据付は函館ドック30tクレーンによつて行なつた。鉄塔は全高19.0m、底巾8.20mであり、脚下部には塔の移動を防止するため山型鋼を0.7mつき出し海底に貫入させている。また海底部には張り出しを設け、重錘として $2.5 \times 1.0 \times 0.75$ (水中重量約2.4t) コンクリートブロック4個を置いた。海上部分はL.W.L.上2.10mにステーションを設け、海底管および海底ケーブルを支持させた。また塔先端には、蓄電池式標識灯(12V, 100W)1個を取付け、航行船舶に対する安全を図つた。海底管はほぼ 45° の角度をもつて立上り鉄塔および陸上へ



写真—6 海底管の沈設



写真—7 海上での海底管の連結

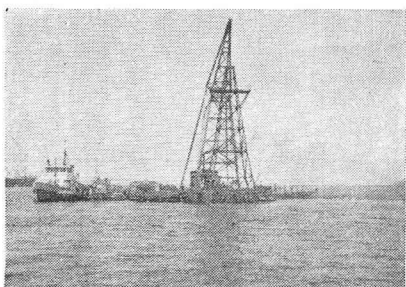


写真-8 鉄塔の据付状況

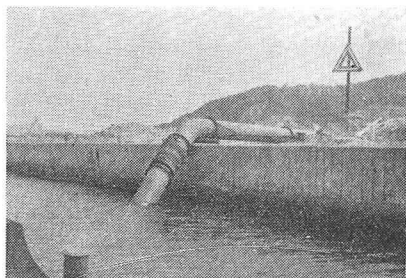


写真-9 屈曲部の曲管

の屈曲部分には曲管を取りつけた。また鉄塔上の排砂管には径8"のスルースバルブを付し、ポンプ船の運転にさいし、空気の放出を確認した上バルブをとじ、運転中海底管の浮動を防止することとした。海底管には鉄塔上および陸上立上り部分に圧力計をとりつけ、海底管の圧力の低下を測定し海底管路の抵抗係数を知る一助とした。海底管の撤去は沈設の逆を行なうものであつて海底管の一端を起重機で海上に吊り上げ一方より空気を送り徐々に浮上させ艀船上で100m程度づつ離し管の両端に鋼板をとりつけ海上を浮上させて所定の箇所に曳航するものである。海底管の撤去は浚渫工事終了後9月23日、24日両日で全延長を行なつた。

(4) 海底管布設の実績

海底管布設の実績の一例として本工事の実績を示す。海底管布設の工程は、陸上組立および浮上、耐圧試験、沈設、海底管の連結およびバルブの取付け、鉄塔の設置、海底管の撤去、鉄塔の撤去からなっている。ただし、本工事の条件として、組立地点と耐圧試験地点との距離は1,900m、試験地点と管沈設の地点とは2,500m離れている。また海底管は径22"、延長は1,144mである。

表-2 海底管布設実績

	人夫 (人)	大工 (人)	鍛冶工 (人)	潜水夫 (人)	ウインチ 運轉 (人)	鳶夫 (人)	曳船 (日)	起重機船 (日)	艀船 (日)	コンプレ ッサー (日)
海底管陸上組立および浮上耐圧試験	502.5	9.0			7.5		27.5	1.5	1.5	21.0
海底管沈設	300.0			9.0	18.0	45.0	27.0	9.0	6.0	
管の連結およびバルブ取付け	337.5	3.0	9.0	10.5	10.5	39.0	24.0	7.5	7.5	
鉄塔設置	120.0	3.0		7.5	7.5	22.5	7.5	7.5	3.0	
海底管撤去	49.5		13.5				6.0	4.5	3.0	
鉄塔撤去	27.0			7.5	9.0		4.5	3.0	1.5	

註：上記実績の作成にさいし請負業者は12時間勤務であるので8時間を1人とするため1.5倍している。

§ 3 海底ケーブルの布設

本工事は受電地点より浚渫船まで約2,000m離れており、うち1,200mは港内を横断するのでこの部分に海底ケーブルを採用した。

本工事の送電系統略図は図-3のとおりである。

架空電線路、水上電線路については事例が多いので説明を省略する。海底ケーブルは住友製3KVブチルゴム

絶縁ネオプレンシース特殊水中ケーブルを使用した。断面図および構造表は図-4のとおりである。

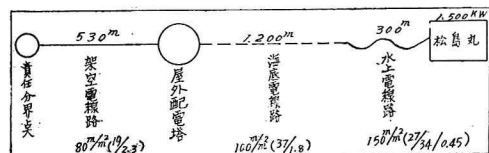


図-3 送電系統略図

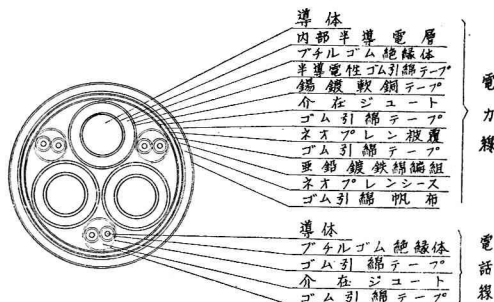


図-4 構造図

3KVブチルゴム絶縁ネオプレンシース
特殊水中ケーブル (電話3回線入)

陸上架空線および海上電線と海底ケーブルとの連結部には特殊な末端処理を行なった。すなわち陸上架空線が配電塔をへて海底ケーブルと接合する部分は鋼管ターミナルを用いて行ない、接続部分は自己融着性絶縁テープおよび保護用接着テープを巻きつけて処理した。ケーブルは径4吋鋼管により地中に埋設し、コンクリート製ラフトによつて埠頭前面場所詰コンクリートに到達し、海底に達する間は45°の角度をもつて再び径4吋鋼管で保護された。また鉄塔への立上りは径4″、長4mの保護パイプをとおつてステーション上の水密なケーブル接続函に達し、この函中で海上電線と連結された。海底ケーブルの布設は7月31日、工事終了後捲上げ撤去は9月15日に行なわれた。海底ケーブルの布設には曳船2隻

表-3 特殊水中ケーブル構造表

線 心 数		3	6 (3 対)
導 体	公 称 断 面 積 (mm ²)	100	2.0
	構 成 素 線 数 / 素 線 径 (mm)	37/1.8	7/0.6
	外 径 (mm)	12.6	1.8
ブチルゴム絶縁体厚 (mm)		45	15
半導電性線テープ厚 (mm)		2×0.3	—
錫鍍軟銅テープ厚 (mm)		0.1	—
ゴム引線テープ厚 (mm)		—	0.25
対 燃 外 径 (mm)		—	10.6
ゴム引綿テープ厚 (mm)		—	0.25
燃 合 外 径 (mm)		49.8	
ゴム引綿テープ厚 (mm)		0.25	
ネオプレン被覆厚 (mm)		1.5	
ゴム引綿テープ厚 (mm)		0.25	
鋼 代 鑄 装 厚 (mm)		0.8	
ネオプレンシー厚 (mm)		2.4	
ゴム引綿帆布巻厚 (mm)		1.0	
仕 上 外 径 約 (mm)		62.5	
概 算 重 量 (kg/m)		6810	
最大導体抵抗 (Ω/km)		0.195	9.73
絶縁耐力試験電圧 (V)		10.000	1.500
最小絶縁抵抗-20°C (MΩ/km)		600	800

(木造 20t 75 HP), 起重機船 1 隻 (10 HP), 舢舨 2 隻 (木造 70 t) を要した。海底ケーブルはあらかじめ受け台を製作して、ケーブルドラムをこの台に据付けた上、舢舨上にうつし見通し線上を曳船によつて徐々に曳航しつつ海底に布設した。末端処理は布設後に行なつた。

表-4 に海底ケーブル布設の実績を示す。

なお 表-4 のうち布設には段取りおよび準備作業も含まれている。

§ 4 松島丸の運転実績

送泥管および送電線の布設は8月2日をもつてすべて完了し、8月3日、北海道電力 K.K. の耐圧試験をうけた。同日、松島丸を西埠頭に曳航し翌8月4日、航路浚渫箇所には本船を引きつけ試運転を行ない、8月5日から本運転にかかつた。以後順調に運転を行ない、8月31日より鉄塔および海底管の一部を約420m 東側に移動し9月4日より再び運転を開始9月13日をもつて浚渫を完了、翌14日本船を西埠頭に曳航繫留した。

松島丸運転実績は表-5 のとおりである。実績によれば期間中の運転時間 666.05 時分、休止時間 365.55 時分であつて総時間に対する割合は

運転時間率	666.05 時分/24 時×43 日 = 0.646
休止時間率	365.55 時分/24 時×43 日 = 0.354

となり運転時間率を示している。また休止時間の内容を概括的に分類すると

	時間分
天 候 に よ る 休 止	40.50
曳 航 ま た は 転 船	93.10
海 底 管 鉄 塔 の 移 設	109.40
陸 上 の 関 係 に よ る 休 止	65.25
電 気 的 な 休 止	16.45
障 碍 物 の 除 去	19.55
本 船 の 修 理	20.10
計	365.55

となつており本船の修理に起因する休止時間は極めて少ない。また1時間当りの浚渫土量は

表-4 海 底 ケーブル 布 設 実 績

	人 夫 (人)	大 工 (人)	電 工 (人)	潜水夫 (組)	ウインチ 運 転 工 (人)	曳 船 (日)	起重機船 (日)	舢 舨 (日)
海 底 ケーブル 布 設	352.5	6.0	82.5	6	7.5	18	6	12
末端処理および耐圧試験	15.0		15.0			1.5		
ケーブル 捲 上 撤 去	12.0					1.5	1.5	1.5

表-5 松島丸運転実績 8/3~9/14

月 日	浚渫土量 (m³)	使用電力 (KWH)	運転時間 (時間 分)	休止時間 (時間 分)	主なる休止の理由
8. 3				24.00	曳航現場着
4				24.00	準備
5	3.240	25.040	19.35	4.25	配電塔遮断
6	4.220	25.700	20.20	3.40	〃
7	3.780	24.130	19.20	4.40	〃
8	4.320	23.100	18.30	5.30	陸上管破損
9	3.960	23.050	18.00	6.00	ゴムスリーブ抜け本船移動
10	6.720	27.470	21.40	2.20	陸上切替
11	4.140	26.180	20.40	3.20	本船移動陸上切替
12	5.950	28.850	23.00	1.00	吸入口石除去
13	1.560	10.670	8.20	15.40	〃
14	180	930	50	23.10	台風のため避難
15	3.600	20.720	16.00	8.00	〃
16	2.340	12.880	10.05	13.55	陸上管故障
17	4.524	29.800	22.45	1.15	〃
18	4.032	27.150	21.00	3.00	スパットブレーキ調整
19	5.760	28.100	21.45	2.15	転 船
20	6.336	29.630	22.45	1.15	停 電
21	6.720	27.620	20.45	3.15	ポンプ石除去
22	5.406	28.350	21.50	2.10	陸上切替
23	5.100	25.350	19.00	4.00	吸入口修理
24	6.132	26.300	20.05	3.55	転 船
25	6.636	31.050	23.30	30	陸上切替
26	6.132	27.280	20.20	3.40	〃
27	3.960	19.230	14.20	9.40	強風のため
28	4.890	25.820	19.25	4.35	転 船
29	6.240	31.000	22.40	1.20	スパットクラッチ調整
30	3.060	13.420	10.20	13.40	油底管および鉄塔移動
31				24.00	〃
1				24.00	〃
2				24.00	〃
3				24.00	〃
4	5.760	23.720	17.10	6.50	陸上切替
5	6.360	25.050	17.35	6.25	スタインボックス取替
6	6.600	23.530	17.00	7.00	ゴムスリーブ抜け陸上切替
7	6.360	26.120	18.35	5.25	マグネット焼け陸上切替
8	6.960	27.850	19.55	4.05	転船および陸上切替
9	9.240	32.650	23.10	50	陸上切替
10	6.952	30.510	21.15	2.45	転船配電塔遮断
11	9.240	31.790	22.05	1.55	陸上切替
12	8.580	28.000	20.00	3.00	転船陸上切替
13	4.320	17.550	12.30	11.30	陸上切替本船移動
14				24.00	引 上 げ
計	189.310	886.580	666.05	365.55	

189.310 m³/666.05 時分≒284 m³/H
 1 m³ 当り使用消費率は
 $886.580 \text{ KWH}/189.310 \text{ m}^3 \div 4.68 \text{ KWH}/\text{m}^3$
 となつており浚渫船の稼働率が良好であるのに浚渫能率は必ずしも高いとはいえない。1500 IP 浚渫船にあつて 284 m³/H はむしろ低い方であり一方電力消費率 4.68 KWH/m³ は過大である。これは与えられた土質、排送距離に対して、採用した管内流速 ie. インペラーの径に問題があるのであつて、この点については次節において検討を加える。

§ 5 ポンプ浚渫船松島丸の性能

(1) 松島丸主要諸元
 建造年月日 昭和34年2月 建造工場 東北造船 K.K.
 船体寸法および排水 ton 数、船長 37.8 m、船巾 12. m
 吃水 1.7 m、770 t、最大浚渫水深 17.45 m、電動 3,000 V
 主ポンプ 24'' 1500 IP (3,000 V) 252 A 783/385 r.p.m.

表-6 送 水 運 転 記 録												
絞開度	No.	排送時間 t(sec)	管内流速 v(m/s)	吐出压力 P(kg/cm ²)	吸入負圧 V(m/m)Hg	同 左 V ₀ (m)	全揚程 H _w (m)	電圧 (Volt) 電流 (Amp)	軸馬力 (S.H.P.)	電 力 (KWH)	水馬力 W.H.P.	効 率
全 開	1	592.7	3.86	5.3	100	1.36	54.36	$E=3300$ $I=220$	1633	1217	687	0.421
	2	594.5	3.85									
	3	593.9	3.85									
	4	595.0	3.84									
	平均		3.85	5.3	100							
2 3	1	628.3	3.64	5.0	100	1.40	51.36	3300 224	1664	1240	618	0.372
	2	637	3.68		104							
	3	626.8	3.65		102							
	平均		3.66		103							
1 2		120	3.26	5.0	45.7	0.62	50.61	3320 246	1837	1370	541	0.294

ただし 全揚程 $H_0=13.595 \times V \times 1/100 + P \times 10$ (m)
 軸馬力 $S.H.P.=\sqrt{3} EI \cos \theta \times 1.34 \times 10^{-3} (IP) \cos \theta$
 $=0.97$ (実測)
 電 力 $W=0.746 \times S.H.P.$ (KWH)
 水馬力 $W.H.P.=1.000QH_0/75$ Q =流量 m³/H
 効 率 $\tau=W.H.P./S.H.P.$

これによつて基本性能線が得られ、ついで吸泥能力線図、電力消費率線図、をへて実用性能線図が得られる。これに関する一連の計算については長谷川博士の論文に記載されているので説明を省略する。なお本工事管路の総長は次のとおりであり、また実用性能線図の換算管長は管路をすべて径22'' 陸上管に換算しており、換算率は陸上管を1.0 とすれば海上管海底管は1.3、船内管は3.3 とし

カッター 径1.80 m、長1.70 m、400 IP (3,000 V) 76 A
 580/695 r.p.m. ラダーウインチ 56 IP (440 V) 133 A、
 580/695 r.p.m. 操縦ウインチ 37 IP (440 V) 86 A、580/
 695 r.p.m. スパッドウインチ 37 IP (440 V) 93 A、575/
 695 r.p.m. 送泥管 船内 24'', フローター陸上管 22''

(2) 性能調査の方法および記録

調査方法は運輸技術研究所長谷川博士の方式によつて行なつた。^{1) 2) 3) 4) 6)} まず基本性能線図を得るため同一排送距離において絞り開度を全開、2/3、1/2 にとり、それぞれ10～20分間ずつ数回送水運転を行ない、その間1分おきに流速、電圧、電流、力率、吸入負圧、吐出圧力などの測定を行なつた。ついで同様の絞り開度で吸入負圧を200、300、400 m/m 程度に指定し、約20分間強力運転を行ない、その間、流速、含泥率、電圧、電流、負圧、吐出圧などを1分おきに測定した。上記の測定器具は流速計、含泥率計および船内各計器を使用した。

表-6 は送水運転記録である。

	径	実 延 長	換算実管長 (試験時)
吸入管および船内管	24''	74.5 m	745 × (22/24) ⁵ × 3.3 = 162
海上管	22	300 (44隻)	300 × 1.3 = 390
海底管	22	1144	1144 × 1.3 = 1,489
陸上管	22	900	768.5
計		2418.5 m	2809.5 ≒ 2810 m

ている。
 強力運転記録は表-7 のとおりである。
 なお表-6 および表-7 において絞り開度の変更は排送距離の変更に相当するものであつて絞り開度全開、2/3、1/2 に相当する換算実管長はそれぞれ2,810 m、3,103 m、

表一7 強力運転記録

	試験時間 (sec)	電 圧 (Volt)	電流 (Amp)	軸馬力 (IP)	電 力 (KW)	吸入負圧	吐出圧力 (kg/cm)	全揚程 (m)	流速 (m/s)	含泥率 (%)	浚渫土量 (m ³ /H)	電力消費率 (KWH/m ³)
全 開	1500	3120	236	1656	1233	(3.07 m) 266 m/m	5.29	55.97	3.83	5.5	391	3.16
	1440	3088	231	1604	1194	(4.00) 294	5.24	56.40	3.81	7.2	490	2.44
	1500	3120	243	1705	1270	(4.94) 363	5.33	57.20	3.79	10.6	768	1.65
$\frac{2}{3}$	1620	3176	238	1700	1267	(2.83) 208	5.1	53.83	3.18	5.9	344	3.69
	1380	3202	235	1695	1262	(4.11) 302	5.05	54.61	3.18	8.5	500	2.53
	1260	3039	246	1710	1273	(4.47) 329	5.19	56.37	3.16	12.0	688	1.85
$\frac{1}{2}$	840	3063	283	1950	1453	(2.14) 157	5.15	55.64	3.17	5.9	344	4.23
	900	3010	294	1990	1483	(3.36) 247	5.16	54.96	3.16	7.2	421	3.53

3,626 m である。

(3) 実用性能線についての検討

表-6 の記録によると絞り開度をせばめる (ie. 排送距離を増大する) と流速, 吸入負圧が低下するため水馬力は減少し, 一方電流はこれに反し大となるので軸馬力は増大している。したがってポンプ効率は排送距離の増加によつて著しく低下している。すなわち本工事における松島丸の使用状態は排送距離が過大であるためポンプ効率の低下する部分で浚渫を行なつていたわけである。図-5~図-9 はインペラー径 58''~70'' に対する実用性能線図である。本工事に使用したインペラーは 64'' であるが使用範囲は馬力と負圧の限度によつて定まり極めて狭い。排送距離が長すぎる場合の対策としてはインペラー径もしくは排砂管径を変更する方法がある。今インペラー径を変更する場合については 図-5~図-9 によつて明らかで

あるがインペラー径を大にすることにより流速は増加するが所要馬力が大となり 70'' では使用不能となる。インペラー径を縮小する場合は流速は低下するが使用範囲が大となり所要馬力も少となる。図-10~図-11 は, インペラー径および排砂管径を変更した場合の浚渫土量と電力消費率との関係を示しているが, 本工事の場合, インペラー径を 61''~58'' とするか, 排砂管径を 23'' 程度にすることにより, 電力消費率を低下できることがわかる。一方管内所要流速は浚渫土質と関連を有する。図-12 は土木学会誌 40~9, 小川教授の報文⁵⁾ から次式により土砂の沈降速度および摩擦速度を考慮した場合の円管の土砂輸送量をもとめ通常計算の場合と比較したものである。

図中 $f=0.0144$ は本工事絞り開度全開の場合は管路の抵抗係数である。

土砂輸送量

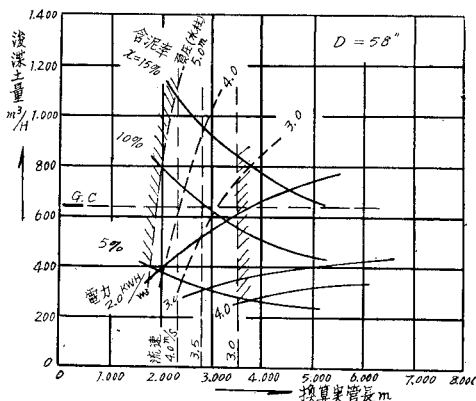


図-5 実用性能線図

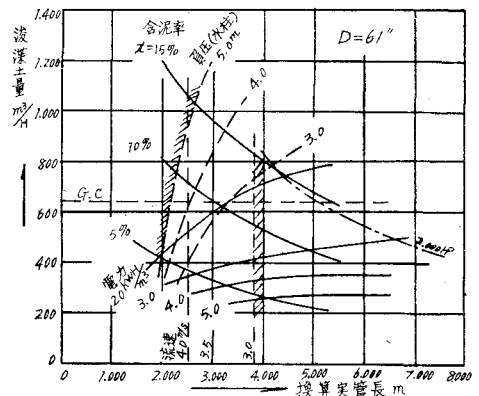


図-6 実用性能線図

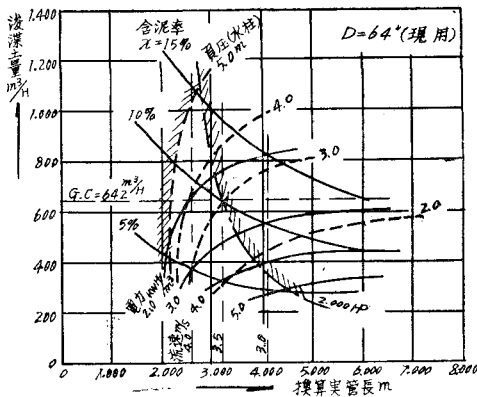


図-7 実用性能線図

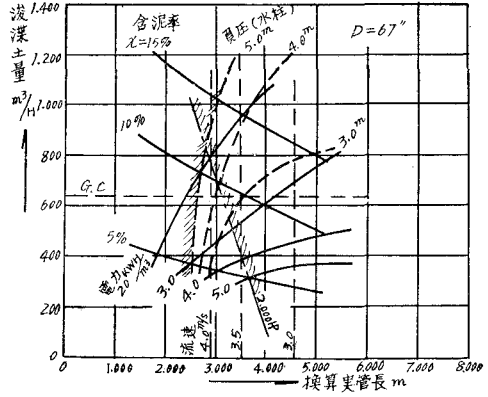


図-8 実用性能線図

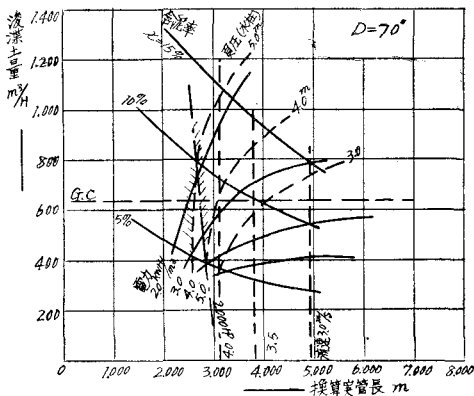


図-9

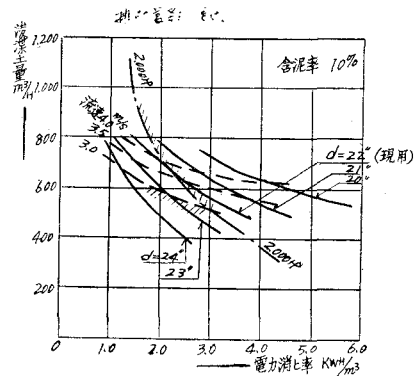


図-10 排砂管径を変更せる場合

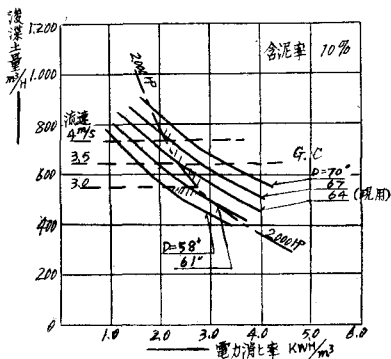


図-11 インペラー径を変更せる場合

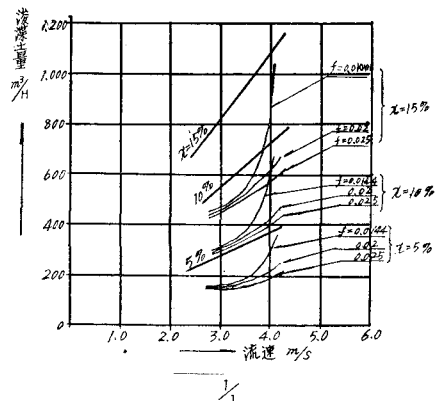


図-12

$$M = V r_0 C_a \exp(12.7 t \frac{a}{r_0}) P$$

$$P = 1.63 \left(1 + 0.34 \sqrt{\frac{f}{8}} \right) (e^{-18.7t} + e^{-6.7t})$$

$$t = \frac{w}{U_*}, \quad \frac{U_*}{V} = \sqrt{\frac{f}{8}}$$

ここに M = 土砂輸送量 m^3/s , C_a = 濃度 (ただし $a/r_0 = 1.0$)
 U_* = 摩擦速度 m/s , V = 管内流速 m/s , f = 管路の抵抗

係数, w = 土砂の沈降速度 m/s .

本航路浚渫土砂の沈降速度は, 図-2の粒度試験結果から平均粒径 $0.08 m/m$, 比重 2.4 , Krey's formula³⁾により

$$d < 0.15 \text{ cm}, \quad d = \frac{0.007}{r-1} w^{1.2} \quad (r \text{ は比重}),$$

$$w = \sqrt{\frac{d}{\left(\frac{0.007}{r-1} \right)}} \approx 0.011 \text{ m/s}$$

$f=0.0144, 0.020, 0.025$ に対し, $V=30, 35, 40$ m/s, $C_a=0.05, 0.10, 0.15$ の場合の土砂輸送量を求めると次表のとおりである。

表一8

f C_a	V (m/s)	0.0144			0.020			0.025		
		3.0	3.5	4.0	3.0	3.5	4.0	3.0	3.5	4.0
	m^3/H									
0.05	157	180	320	153	176	205	150	173	180	
0.10	315	361	640	306	352	409	300	346	390	
0.15	472	541	960	459	528	614	450	519	570	

すなわち, 流速の低下とともに土砂輸送量は急激に減少するが変化の大なる点は $V=3.5$ m/s 付近であつて, このことから判断すれば本工事の場合流速は 3.50 m/s 以上を与えておけば浚渫能率の大きな低下はなかつたものと推察される。上記の計算は沈降速度, 濃度などの決定に厳密を欠く点があるのでなお今後検討を要するが最小流速を判断する一つの資料となるものと思われる。

(3) 本航路浚渫工事に関する松島丸の性能の要約

本工事は海底管 1,144m をふくみ総換算実管長約 3,000 m に対する長距離浚渫土砂搬送の実例であつて実用性能縮図も短距離運転の場合と異なつた形態を示している。図-13 は換算排送距離約 1,000 m の場合の実用性能線図であるが管長 1,500 m 付近で浚渫土量は最大となる。したがつて実際の管長がそれよりも短い場合は所要の絞り開度を算出し, 換算管長を浚渫土量最大の位置に近づけて運転するのが通例である。つぎに松島丸の長距離搬送に関する性能を要約する。

① 排送距離が増大すれば負圧および管内流速が低下し, これに反し電流は大となる。したがつて排送距離の増大にともない, 水馬力が低下し軸馬力が増大する結果となり効率は著しく低下する。

② 換算管長 3,000 m 程度の運転ではインペラー径を 64"

以上とし流速を増加させると馬力の限界に近づく, むしろインペラー径を 61~58" とするか管径を 23" 程度とし流速を低下させた方が実用性能線図上の使用範囲が広まり, 電力消費率も低下する。

③ 吸入負圧を増加させると含泥率がとなり浚渫土量は増加するが負圧の最大はほぼ水柱 5.0 m が限度である。(表-7)

④ 本工事の浚渫土砂は沈泥まじり細砂であつて, ポンプ船としては掘削し易い土質である。したがつて 3,000 m 程度の換算管長でも粗粒の土砂であるか, または細粒の土砂でも換算管長 3,000 m 以上となれば継送ポンプを考慮しなければならない。

あとがき

以上により本航路浚渫工事についての報告を終るが長大海底管による浚渫土砂搬送の事例は少なく, 且つ新造船を取扱つたため運転実績皆無の状態であつたため本船の使用につき当初不明の点が多かつた。流速, 電力消費率の關係については浚渫土量そのものは, 流速大なる程増大するのであつて $1 m^3$ 当りの電力消費率が大きとなつても能率が上がり, 工期が短縮されれば需用電力料はそれだけ少なくなるわけである。したがつて一義的に電力消費率だけで工事全体の得失を論ずるわけにいかないであり, 与えられた土質, 浚渫土量, 排送距離に対しいかなる流速が適当であるかは各工事ごとに検討されなければならないものと思う。また含泥率は吸入負圧を増加することにより大となるが, 負圧にも限度がある。現在のポンプ船の含泥率が 5~10% と低いのは従来のオープンタイプカッターの形状にも原因があると考えられるのでもつと稼働濃度のよいカッターを考察する必要があると思われる。今後, 港湾における浚渫埋立工事はますますポンプ浚渫船に長距離運転を要求する傾向にある。本工事の実績は今後のかかる類似の工事の設計資料として考えたい。終りに本工事の施工, 調査にさいし協力いただいた阪神築港 K.K. 安藤, 久滋両氏, 松島丸乗組員, 室蘭港修築事業所々員の方々に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) 長谷川：浚渫ポンプの性能および使用法 (昭和 30 年 6 月)
- 2) 長谷川：ポンプ船の性能試験法 (土と基礎 Vol. 2 No. 4)
- 3) 長谷川・八木：ポンプ浚渫船の性能ならびに高効率な使用法について (港湾技術要報 No. 7)
- 4) 長谷川・八木・徳永：浚渫ポンプの性能とその使用法 (1958)
- 5) 小川元：管内における浮遊砂の流砂量について (土木学会誌 40-9)
- 6) 安藤：津国丸の性能について (昭和 30 年 8 月)
- 7) 日本港湾協会：港湾構造物設計要覧 P. 372
- 8) 物部：水理学 P. 251

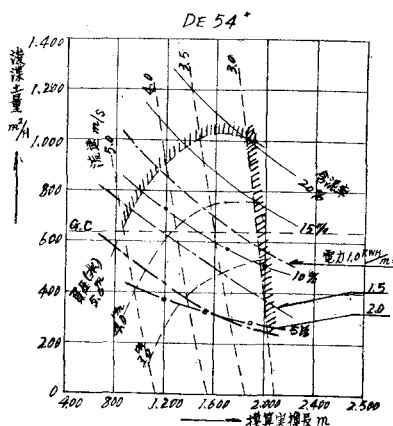


図-13 実用性能線図