



(苫小牧工業港全景)

中継ポンプによる しゅんせつ工事

—苫小牧工業港の場合—

田 中 一 郎*

春 田 精 二**

1. ま え が き

最近、臨海工業地帯造成のためにしゅんせつ、埋立事業が盛んに行なわれており、その事業量は港湾関係事業の半分以上を占めているといわれる。このような事業量の増大とともにしゅんせつ船の要求度がいちじるしく高まっている。特に埋立事業ではポンプしゅんせつ船が最も効率的であるために、過去数年間のポンプしゅんせつ船建造は非常な活況を呈した。

一方、埋立事業、特に民間事業の規模が拡大するとともに、しゅんせつ土砂の排送距離は増大し、ポンプ船の大型化を促進する傾向にある。土砂の長距離輸送方法としては、ポンプを大型化して高揚程のポンプを使用するのが適切であるが、管内流速を同時に増大することは非

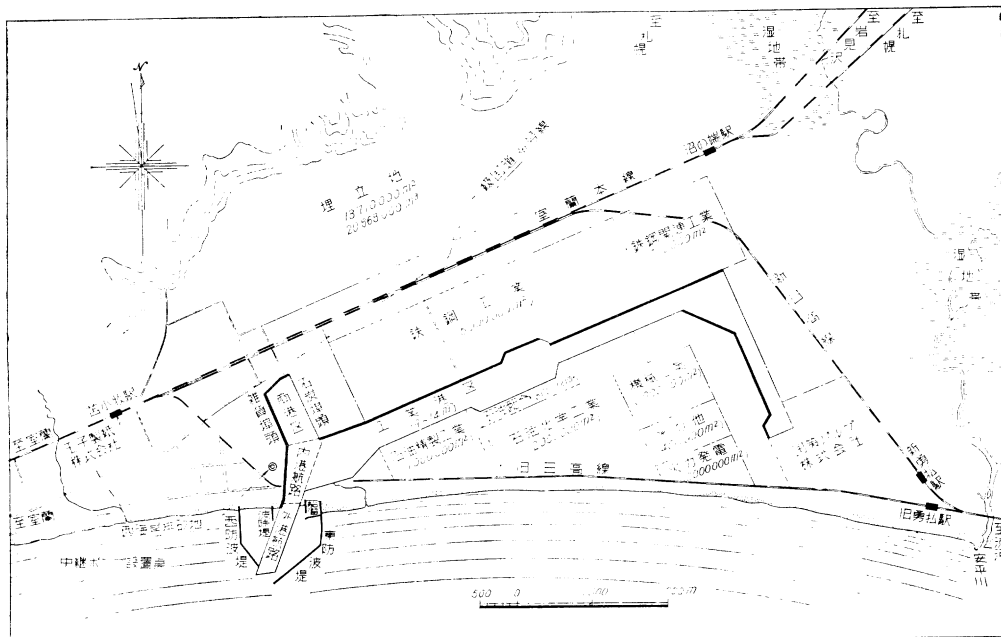
常な高揚程を必要とし、現在の渦巻ポンプでは 80 m 程度が限度である。

長距離に高流速で土砂を排送するためには、管路途中に中継ポンプを入れて加圧中継する方法が考えられる。本港の内港しゅんせつ工事のために建造した中継ポンプは、わが国でも最大の 1 800 ps の規模を有し、現在までに約 930 000 m³ のしゅんせつを行なったので、この工事の内容と計画を中心に、その問題点を述べて今後の参考に供したい。

2. 苫小牧港の概要

北海道総合開発を強力に推進するため、苫小牧地区に臨海工業地帯を造成する目的で昭和 26 年に開始された苫小牧港建設工事も、去る 4 月 25 日、待望の第一船を

図-1 苫小牧工業港平面図



* 正員 前 北海道開発局苫小牧港建設事務所長 (現 道開発局港湾部建設課長)

** 正員 前 北海道開発局苫小牧港建設事務所浚渫第一係長 (現 運輸省港湾局建設課)

迎えて開港した次第である。

本港は図-1に見られるようになだらかな海浜に掘り込まれた全くの人工港で、東西防波堤の間に掘り込まれた航路が内港の商港区と工業港区に続いている。

商港区は東側の石炭埠頭と西側の雑貨埠頭よりなり、石炭埠頭には10000t岸壁など7バースを、雑貨埠頭には15000t岸壁など5バースが計画されており、このうち石炭岸壁の2バースが今回完成をみた。

工業港区には幅員300~400mの主水路の両側に工業原材料および製品の輸移出入のための埠頭が計画され、この埠頭を利用する鉄鋼、石油、木材の各コンビナートを中心に関連産業が配置される。

本港完成までに要する総事業費は約234億円で、このうち前期計画として、昭和45年度までに約145億円を見込んでいる。本港は前述のように内陸への掘込式港湾であるため、工事の主体はしゅんせつ船と陸上機械によるしゅんせつ工事であり、全体のしゅんせつ土量は約80000000m³に達する。このうち前期計画のしゅんせつ土量は53727000m³で、その施工内訳は表-1のようになっている。

表-1 苫小牧港しゅんせつ計画(昭和36~45年)
(単位:1000m³)

地区	施工方法		ポンプしゅんせつ船	ジッパーパケット船	ドラグサクシジョンその他	計
	陸機	上機				
外港	—	—	—	—	3600	3600
商港区	12237	—	4520	2470	3940	23167
工業港区	12700	—	—	6850	6470	26020
木材、漁港区	—	—	—	—	940	940
計	24937	—	4520	9320	14950	53727

3. 地 質

苫小牧港は勇払原野の中央に位置しているが、この原野の表層は樽前山より噴出した厚さ1~2mの火山灰でおおわれている。火山灰の下部には厚さ約0.5mの低位泥炭層が伏在しその下層は粗砂、礫、細砂などの比較的単純な互層で形成されており、その主要成分はN値が40以上のよく締まった礫混りの粗砂である。この層は厚さ4~12mで、この上下に細砂、中砂などのレン

図-2 しゅんせつ地区断面図

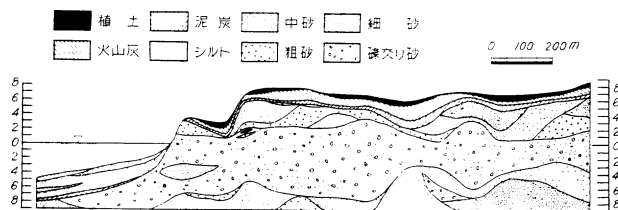


表-2 土砂の比重, その他

土 質	真比重	見かけ比重	間げき率	均等係数
シルト	2.72	1.59	41%	2.0
微細砂	2.74	1.69	38	2.6
細砂	2.60	1.87	28	10.3
礫混り粗砂	2.73	1.75	36	10.9

ズ状の層が存在していて、これらの層は沖積層に属すると考えられる。

しゅんせつ地区の断面は図-2に示すようで、このうちポンプしゅんせつ船の分担する-3~-9mの部分は礫、粗砂、細砂よりなり、その代表的な数値は表-2に示すようである。

4. 中継ポンプを採用した理由

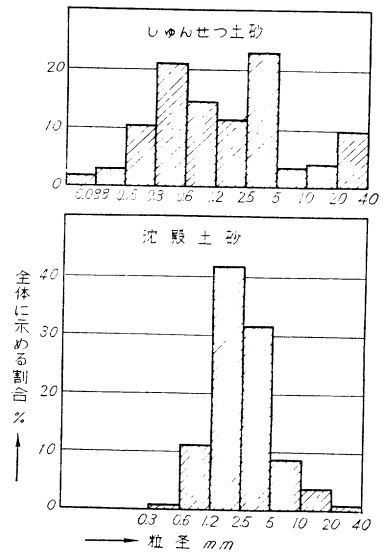
本港のしゅんせつ工事に従事しているしゅんせつ船は昭和35年に建造された1500psの非航式電動ポンプ船で、昭和35年、工事に着手したところ、つぎのような理由でしゅんせつ率が低下することがわかった。

(1) しゅんせつ土砂の粒度分布

しゅんせつ土砂の大部分を占める礫混り粗砂は0.5mm以上の粗粒分が主要成分で、礫の最大径は30cmに達するものがある。ヘドロ質しゅんせつの場合にはヘドロが海水中に懸濁して重水状態となり、土砂が浮遊しやすいが、上記のように細粒分の少ない土砂が排砂管内を流れる場合は、土砂と海水とが分離しやすく粗粒分は管底をすべり、あるいは転動しつつ輸送されることになる。この傾向は流速が小さいほど、また細粒分の少ないほどいちじるしいと考えられる。特に沈殿が進み、管断面の10~20%以上になると海水と接する上面だけが移動し、下層部の土砂はほとんど移動しないのでしゅんせつ率が悪くなるのである。

なお、沈殿土砂は図-3に示すように1.2~5.0mm

図-3 沈殿土砂の粒径別柱状図



の粗粒分が特に多く、この上下の粒径を持つ土砂は浮遊、あるいは転動して輸送されやすいことを示している。

(2) ポンプの特性

主ポンプ用のモーターが 60 サイクルに対する設備であったため、北海道における 50 サイクルの電力に対しポンプの回転数が低下して必要な周速度が出なかったこととともに、ポンプの特性曲線（流量—揚程曲線）がフラットであるために送泥時の含泥率変化、沈殿の増加などにより生じる負荷の変動に対して、わずかな必要水頭の減少がいちじるしい流量（流速）の低下をきたし、安定した運転ができなかった。

(3) 現場条件

しゅんせつ現場は、地盤高が +7m で、しゅんせつ深度の -9m までの急ながけとなっているためにしゅんせつ土厚が厚く、そのために前面の土砂がカッター先に崩落してサクシオン管が閉塞状態となることがしばしばであった。このために含泥率が急激に上昇し、前記の悪条件と重なり管内の沈殿をうながした。

以上のような原因により生じた沈殿土砂は送水運転により排掃したが、送水運転時間が実質の送泥時間に対して意外に多く、ひどいときには送泥時間の 2 倍以上の送水運転を行ない、運転時間あたりのしゅんせつ能率は平均して 100 m³/hr 程度の低能率であった。

この対策として、われわれはつぎの方法をとった。すなわち第一に現場条件を改善し、含泥率をできるだけ一様に保つためにしゅんせつ土厚を薄くし、カッターにかかる土厚を一定にする。つまり現場を上層（地表～+2m）、中層（+2m～-3m）、下層（-3m～-9m）の 3 層にわけ、これを別々にしゅんせつすることにした。

工費を検討の結果、上層および中層はパワーショベル、ドラグラインなどの陸上機械による運搬埋め立てが経済的であることから、ポンプ船は下層部のしゅんせつのみを行なうこととした。下層部は細砂の割合が多く、この意味でもポンプしゅんせつに適しているといえる。

実際に施工する場合はこの下層をさらに 3m ずつの 2 層にわけて 2 回掘りとした。

第二にポンプの改善で、回転数を 60～、300 rpm から 50～、370 rpm のモーターに取り替えるとともにインペラーは最大径の 1720 mm とし、周速度の増大につとめた。これによりモーター出力は従来の 1500 ps が 1800 ps となった。

以上のようにしゅんせつ工事の能率を上げるいろいろな手段を講じたのであるが、苫小牧港の全体計画では工業港北側の湿地帯をしゅんせつ土砂により埋め立て、住宅地を造成することになっている。埋立地までの距離は 3000～3500 m であり、低流速なら大型ポンプ船を使用すれば土砂を輸送することができる。

ところで、本港の各土質に対して経済的な限界流速、つまりポンプしゅんせつが経済的であるような最低流速をしゅんせつ試験により求めた結果

表—3 土質ごとの限界流速

土 質	流 速
礫	6.1 m/s
砂(30%)混り礫	5.4
粗 砂	4.7
細 砂	4.1

表—3 のような値を得た。

いま、かりに埋立地まで粗砂を限界流速 4.7 m/s で排送するとして必要な総揚程を計算すると 104～120 m 程度の揚程を持つポンプが必要となる。ところが、現在のしゅんせつ用渦巻ポンプとしてこのような大揚程のポンプはなく、せいぜい 80 m ぐらいである。したがって、どうしても中継ポンプを途中に入れて管路途中で不足の揚程を補なわねばならない。

このほか本工事に中継ポンプを採用した理由を列挙すればつぎのとおりである。

① 管内流速が大きき抵抗曲線が急な場合には、中継ポンプを入れて直列運転をするほうが並列運転よりも有利である。すなわち流量を一定にし、流速を上げるためには中継ポンプを直列にしたほうがよい。

② 高揚程のポンプを使用するのにくらべると、管路途中で揚圧するので管内の圧力があまり大きくなく、ジョイントや管路の保守上安全である。

③ 本工事のように排砂地がほぼ一定の場所で配管延長があまり変わらない場合には陸上に中継ポンプを設置しても、設備を移動することが少ないので費用が少ない。

④ 本港の場合には中継ポンプは一段ですむので運転技術上からも比較的楽である。

以上により中継ポンプを使用することになったが、その馬力や特性はできるだけしゅんせつ船の主ポンプと同一であることが望ましいので、馬力は 1800 ps とし、大きさについてはできるだけ流速を増大することを目標としてインペラーの大きさを決めた。

5. 中継ポンプ仕様の決定

昭和 36 年度から 37 年度にかけこの排砂箇所は本港の西海岸（陸上管換算距離 2500 m）とし、将来は北側の埋立地（距離 3500 m）に排砂することを予想して、こ

表—4 中継ポンプ設計条件

記 号	項 目	単 位	case A	case B
<i>d</i>	管 径	mm	610	610
<i>l</i>	換算延長	m	2500	3500
<i>v</i>	計画流速	m/s	5.3	4.7
<i>H_t</i>	実 揚 程	m	4.0	10.0
<i>η</i>	効 率	%	60 以上	60 以上
<i>Q</i>	流 量	m ³ /h	5560	4940

の2つの場合についてポンプの大きさを求めてみた。
つぎに計算の概要を述べる。

- (1) 基本条件
- (2) 抵抗, 揚程曲線

基本式; 送水時

$$H_{rw} = \lambda \cdot \frac{v_w^2}{2g} \cdot \frac{l}{d} \dots\dots\dots (1)$$

$$H_{fw} = H_{rw} + H_t \dots\dots\dots (2)$$

送泥時

$$H_{rm} = \{1 + \beta(\tau_m - 1)\} H_{rw} \dots\dots\dots (3)$$

$$H_{fm} = \tau_m \cdot H_t + (\tau_m - 1)H_u + H_{rm} \dots\dots\dots (4)$$

流速低下量

$$\Delta v = \frac{x(\tau_s - 1)}{1 + \beta x(\tau_s - 1)} \left\{ (\beta - 1) \frac{v_w}{2} + 0.8 \right\} \dots\dots (5)$$

含泥率; 見かけ含泥率 $x=6\%$ (平均) $\sim 12\%$ (最大)

土質係数; case A $\beta=4$ (粗砂)

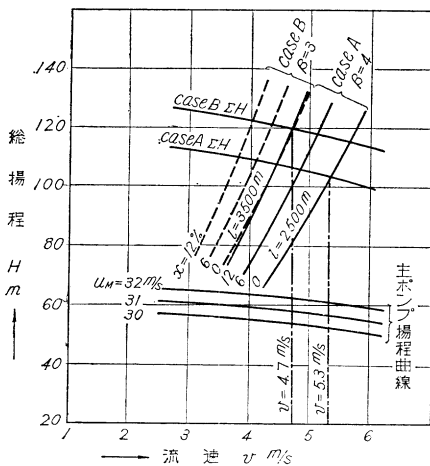
case B $\beta=3$ (細砂)

吸入深度; -3m から -9m のしゅんせつにつき

$$H_u = 6\text{m}$$

以上より抵抗曲線を求めたのが図-4で, 計画流速 $v_A=5.3\text{m/s}$ および $v_B=4.7\text{m/s}$ をとおり主ポンプの揚程曲線に平行な総揚程曲線との交点を使用点とする。中継ポンプの揚程曲線は図の ΣH_A および ΣH_B と主ポンプの揚程曲線との差である。

図-4 基本揚程曲線

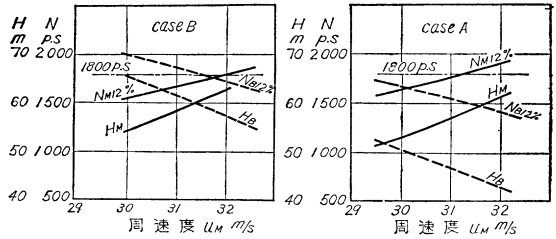


主ポンプおよび中継ポンプの馬力は $N=r \cdot Q \cdot H / 75 \eta$ により算定される。ただし η はポンプ効率で流量により変化するが, 通常 63% 程度である。

(3) 主ポンプの周速度に対応する H と N

中継ポンプの揚程曲線は主ポンプの周速度 u_M により変わるが, さらに送泥時には使用点が移動する。 $u_M=31\text{m/s}$ を標準としてその前後の周速に対する馬力と揚程を求めたのが図-5で, 図中の添字 M と B はそれぞれ主ポンプと中継ポンプを意味する。

図-5 u_M に対する H と N



(4) 中継ポンプの仕様

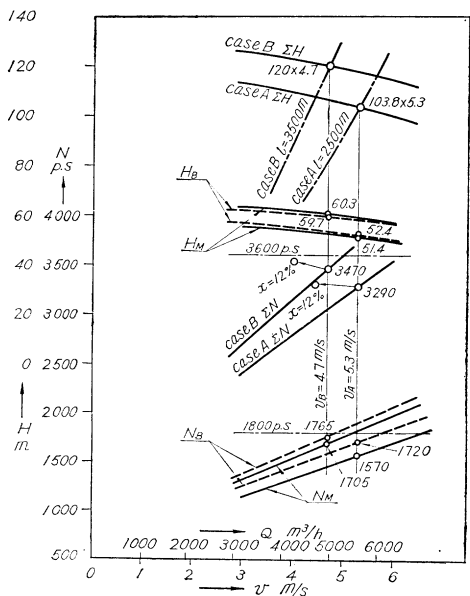
図-5より case A では $u_M=31.3\text{m/s}$ 以上, case B では $u_M=31.5\text{m/s}$ 以下の場合に主ポンプあるいは中継ポンプが 1800ps をオーバーすることがわかる。また中継ポンプの大きさを決定する場合には, 主ポンプの load を若干軽減したほうが摩擦に対して安全側となる。そのためには主ポンプの周速度 u_M はなるべく小さいことが望ましいので u_M はそれぞれ $u_{MA}=29.6\text{m/s}$, $u_{MB}=31.5\text{m/s}$ として中継ポンプの大きさを算出した。最終的なインペラーの大きさを表-5に示す。

表-5 ポンプの要目

	case A		case B	
	主ポンプ	中継ポンプ	主ポンプ	中継ポンプ
インペラー径 mm	1570	1960	1670	2060
回転数 rpm	360	292	360	292
周速度 m/s	29.6	30.0	31.5	31.5

これによりしゅんせつ時の揚程曲線と馬力曲線を描くと図-6となる。図に見られるように主ポンプと中継ポンプの揚程および特性はほぼ同じであるので, 運転操作

図-6 中継ポンプ馬力揚程曲線



上からも無理が少ないと思われる。

(5) 中継ポンプの位置

中継ポンプの位置は、中継ポンプの吸入側で管内の圧力が負圧にならないように定める必要がある。この入口での圧力(残圧) $4p$ の値は従来 $0.5 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ の範囲がよいとされている。また吐出側の圧力についても同時に管の耐圧を考慮して支障のないように検討されねばならない。本工事の場合、 $4p = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ では土砂崩れなどによる急激な吸入口閉そくの状態になれば、負圧になるおそれのあることから残圧を 1.0 kg/cm^2 として位置を定めた。この場合、吐出側の圧力は最大 $7.0 \sim 7.5 \text{ kg/cm}^2$ となり、管路保守の面からは支障がないと考えられる。

主ポンプの分担する管路延長 L_M は、管路の抵抗係数が等しければ主ポンプの分担する揚程に比例するから

$$L_M = (H_M - H_t - 4p) \frac{2g}{v^2} \cdot \frac{d}{\lambda}$$

により求めることができる。船内管 72 m, 海上管 200 m として 0 号から中継ポンプまでの距離を求めると、case A で 454 m, case B では 945 m となる。

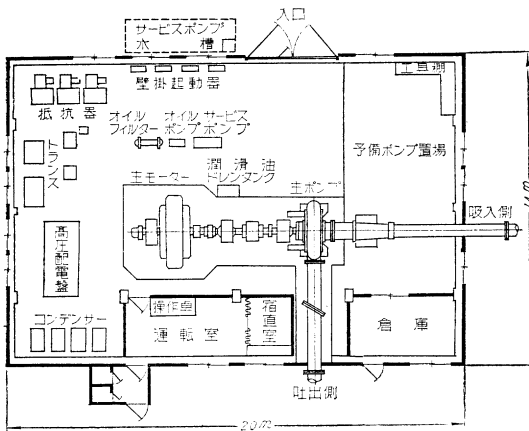
以上の計算で陸上管換算係数は船内管 2.4, 海上管 1.3 とした。

6. 中継ポンプの建設

予定位置に建設された中継ポンプの要目はつぎのとおりである。

- ブースターハウス 鉄骨およびパイプ構造 280 m²
- 中継ポンプ 形式; 片側吸込一段渦巻ポンプ
- 能力; 4 500 m³/hr × 60 m
- 管径 吸入側 635 mm 吐出側 610 mm
- インペラー径 最大 2 060 mm
- ポンプ回転数 292 rpm
- 主原動機 1 800 ps モーター

図-7 中継ポンプ室機械配置図



組立全長 9 020 mm

中継ポンプ室の機械配置を 図-7 に、またその建設状況を 写真-1~3 に示す。

ハウスの基礎はくい打ちとし、機械部分には、さらに厚さ 60 cm の鉄筋コンクリートを打ち 震動に備えた。また機械すえつけや修理のために 10 t つりの天井走行クレーンを備えつけ、ポンプの給水は約 800 m 離れた海面から給水ポンプで揚水することにした。ハウス内にはこのほか本船や変電所との通信用に有線および無線電話機各 1 組を装置した。ポンプの運転は 3 名ずつ 2 交代で行なうが、手動運転のほか、主ポンプの残圧に応じてモーターの回転数を自動的に変えうる自動制御装置も備えている。

写真-1 ブースターハウス全景

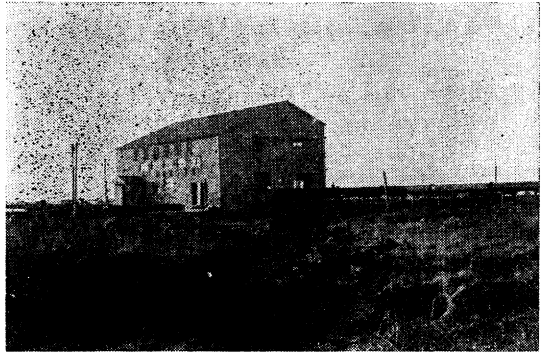


写真-2 ポンプおよびモーター

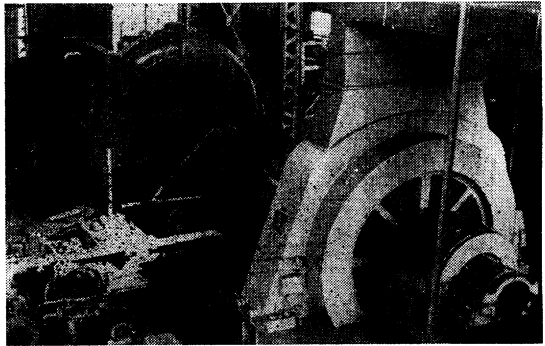
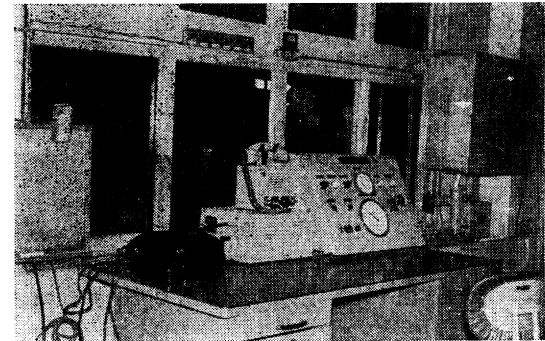


写真-3 運転室内部



中継ポンプを経由するパイプラインには、0号付近、中継ポンプの吸入側、それに吐出口までの途中に計3個の圧力調整弁を取りつけ、ポンプの始動、停止時に管内外に空気を流通させ、管路やポンプに無理がかからないようにした。

これら諸設備の建設、すえつけには約4カ月を要したが、その建設費用の内訳はおよそつぎのとおりである。

ポンプ関係	26 654 000 円
モーター関係	26 957 000 "
制御器関係	6 140 000 "
通信装置	2 632 000 "
付属電気設備	2 015 000 "
建家	7 500 000 "
機械のすえつけ配線	2 139 000 "
機器運搬	4 200 000 "
陸上管	31 800 000 "
諸雑費	1 208 000 "
合計	111 245 000 円

7. 工事実績について

中継ポンプを使用したしゅんせつ工事はこれまでも数例あるが、本工事のように大型のものは例がなく、工事の実施に際し若干の不安があったが、実際に行なった結果は非常に順調で現在までに約 930 000 m³ をしゅんせつした。

同一土質を同一流量でしゅんせつするとして、ポンプ船単独の場合と中継ポンプを使用した場合との能率の差を実績より求めると、中継ポンプを使用した場合の能率低下量は約5%程度と見られる。また、運転技術上から見れば、中継ポンプ側の原因による運転休止は休止時間のわずか1~2%程度で、1日あたりの運転時間はむしろ中継ポンプ使用のほうがよいという皮肉な結果になっている。これは運転者のなれもあるだろうが、少なくとも操作上の支障はほとんどないと考えられる。

現在までの実績を参考までにつぎに掲げる。

土質	細砂および粗砂
しゅんせつ土量	929 300 m ³
運転時間	4 003 時間
陸上管換算延長	2 300~2 500 m

しゅんせつ日数	205 日
1日あたり平均運転時間	19.5 時間
1時間あたり平均しゅんせつ能率	232 m ³
1時間あたり平均使用電力量	
しゅんせつ船	1 747 kWh
中継ポンプ	1 249 kWh
m ³ あたり平均使用電力量	
しゅんせつ船	7.53 kWh
中継ポンプ	5.38 kWh

8. 管類の摩耗について

中継ポンプ設計に際して管内流速の増大を主眼にしたが、流速の増大とともにポンプや排砂管内を通過する土砂のためにケーシング、インペラー、排砂管などの摩耗が目だってきた。これら摩耗部の肉盛溶接のために1カ月に1週間程度の定期整備を行なっているが、溶接棒の使用量はケーシング内部を約1cmの厚さに肉盛りするのに約1tを、カッターナイフの新品に対して補強肉盛りするのに約350kgを必要とした。これら船内摩耗部の耐久時間について実績を調査したところ表-6のようであり、標準にくらべてカッターナイフとケーシングの摩耗が目だっている。

排砂管については、曲管の下部が最も早く消耗し、ついで海上管のゴムジョイント後方がひどいようである。

排砂管の耐用土量は管の使用場所、状態によって異なる。いま、ある管路についてv m³しゅんせつしたときに使用不能になった管がn本であったとすると、その管路についての平均耐用土量は $\Sigma nv / \Sigma v$ 、すなわち本数の

図-8 排砂管の耐用土量

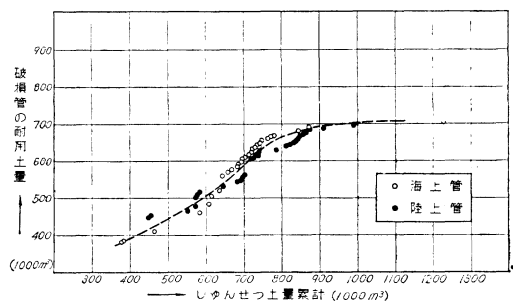


表-6 摩耗部品耐用土量(時間)

部 品 名	苫小牧港実績			埋立協会 普通土砂	港湾工事設計要覧, 埋立工学		
	礫	礫混り粗砂	粗砂		砂利	粗砂	細砂
カッターナイフ	(1 435) 143 600	(1 077) 196 500	(1 499) 303 300	250 000	(300) 54 000	(1 500) 370 000	(2 400) 720 000
インペラー	(1 035) 74 000	(1 487) 266 200	(1 833) 387 500	350 000	(500) 90 000	(1 000) 250 000	(1 700) 510 000
ケーシング	(1 394) 135 900	—	(2 576) 499 700	1 500 000	(1 500) 270 000	(3 000) 740 000	(5 000) 1 500 000

重みつき平均で示されると考えられる。本工事の礫混り粗砂に対する実績を調査すると 図-8 のようであった。図よりこの土質に対する排砂管の耐用土量は約 700 000 m³ であると推定される。図-8 では海上管(厚さ 8 mm)、陸上管(厚さ 6 mm) ともに同じ耐用期間であるが、これは海上管に付属するゴム スリーブ 後方の渦流が海上管の消耗を早め、さらに主ポンプに近いために内圧が大きく破裂しやすいためと考えられる。

9. 中継ポンプの経済的検討

しゅんせつ工事で排砂管長、土質などの現場条件が同一であるとき、これをしゅんせつ船単独でしゅんせつするのと中継ポンプを併用する場合とを比較し、どちらが経済的かを考える必要がある。そこで現場条件を同一にしてしゅんせつ船単独の場合と、途中に中継ポンプを入れた場合との流速試験を行なってみた。これによると、いま、たとえば主ポンプの揚程が 50 m、送水流速 4.75 m/s、陸上管延長 2 390 m のときに中継ポンプを使用すれば、流速は 20% 増大して 5.70 m/s となり、流量も 5 000 m³ が 6 000 m³ となる。したがって含泥率を一定としてもしゅんせつ能率は 20% 増大することになる。また、流速の増加により送水運転時間は減少し、含泥率は増加すると考えられ、しゅんせつ能率は 20% 以上の増加を見るはずである。一方、中継ポンプを使用すると工事費はその分だけ増加する。各土質に対して中継ポンプを使用することによる能率増加の割合を上記の場合について計算すると、つぎのようである。

礫	能率増加量	102%
粗砂 50% 礫 50%	〃	69%
粗砂 70% 礫 30%	〃	48%
粗 砂	〃	20%
中砂, 細砂	〃	20%

これは管の延長が 2 390 m の場合であり、延長が異なれば能率増加量も異なってくる。

また、中継ポンプを使用すると工事費はしゅんせつ船単独の場合にくらべて約 30% 増加する。したがって上記の場合について考えると礫あるいは礫混り粗砂に対しては中継ポンプを使用したほうが工事単価は安くなり、粗砂、中細、細砂の場合は高くつくことがわかる。

以上の方法で排送距離ごとに流速、能率の増加量を求め、ポンプ船単独工事と中継ポンプを使用した工事との工事単価の比を求めた。これを 図-9 に示す。

図-9 中継ポンプの経済性

(ただし N_m, N_B とも 1800 f.s)

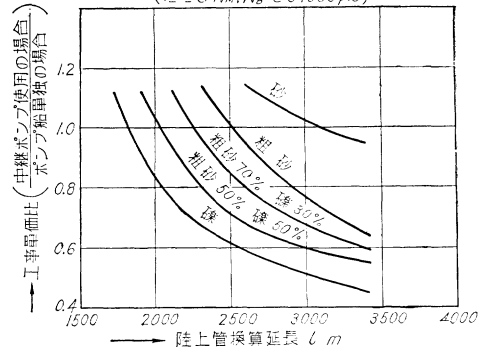


図-9 より中継ポンプを使用すべき排送距離は、工事単価比が 1.0 以下の距離であることがただちにわかる。この経済的限界距離とでもいべき排送距離を土質ごとに示すとつぎのようである。

礫	1 830 m
粗砂 50% 礫 50%	2 050 m
粗砂 70% 礫 30%	2 250 m
粗 砂	2 530 m
砂	3 100 m

以上の検討は現に中継ポンプが適当な位置にあるとして計算したが、移設や新設の場合はその費用を別途考慮すべきことはもちろんである。

本年度施工した 475 000 m³ の工事について上記の方法で比較してみると、中継ポンプを使用したことによる工費の節約は、約 35 000 000 円、m³ あたり約 74 円であった。

10. あとがき

以上、中継ポンプを使用して行なったしゅんせつ工事の計画と実績、さらに、その経済的な検討を行なったが、このような大型の中継ポンプを使用したしゅんせつ工事はわが国にも例がなく、設計、施工面上でいろいろな問題が生じた。特に苫小牧港では土砂の処理方法、工事能力、施工方法などについてさらに多くの問題点があり、これらを合理的に解決して能率的かつ経済的に港を完成するよう努力したいと思っている。最後に御指導を戴いた長谷川源太郎氏と本工事の調査、試験にご協力された東海臨港開発KKの方々へ厚く感謝の意を表する。

(1963. 1. 19・受付)

[編集部注]: 本稿は 4 月 25 日苫小牧港開港にともない一部修正をしました。

中村 廉次 氏 著「北海道のみなと」頒布について

標記「北海道のみなと」ご希望の方は学会で実費で頒布しておりますのでお申込み下さい。

体 裁: B5判 254 ページ・折込付図多数・上製
 実 費: 950 円 (送料 学会負担)
 申 込 先: 東京都新宿区四谷一丁目 (振替 16828 番)