

放水路掘さく・ポンプ浚渫船の能率的利用法について

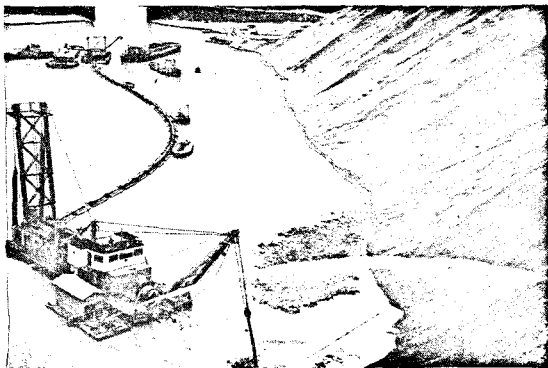
— 河北浮干拓のバージローディング方式 —

北陸農政局河北浮干拓建設事業所 正員 田 仲 昌 一 郎

I. はじめに

農林省直轄河北浮干拓建設事業における計画の骨子は、内灘砂丘に延長1670mの新放水路を開さくし、河北浮へ流入する洪水を日本海へ直接排除して、浮面積2248.1haのうち1,415.6haの干拓地を造成するものである。したがって、この放水路の掘さく工量7,070.4mを掘さく・運搬・干拓堤防盛土する作業は最も重要な工事のひとつになっている。

本工程の掘さくそして運搬する施工法としては、干拓堤防盛土箇所までの平均運搬距離約300mからして、ポンプ浚渫船によって掘さくし、その運搬は土運船によって施工することが最も経済的であった。このためポンプ浚渫船は、放水路断面を整形しばかり土砂を高効率で掘さくし、土運船へ積載するようなバージローディング方式を満足させる必要があった。これらの検討の結果その施工機械としては、ディーゼル600PSポンプ浚渫船とその後尾にサンドローダー（砂積込船）を付属させることとしたが、本文はこの施工計画において主にポンプ浚渫船の能率の検討にあつての考え方と試験等による性能の解析結果を報告して、参考に使いたい。



(ジェット噴射水によって崩壊させた土砂をD.C600^{PS} S.P船(手前)で掘さくして、サンドローダーから土運船(後方)へ積載する。

表-1. D.C600^{PS} ポンプ浚渫船設計仕様

設計揚水量	1,600 ^{m³/h}	回転数	415 ^{r.p.m} (450-395)
排送距離	800m	排送管径	410 ^{mm}
インバーク径	1,150 ^{mm} (1,060)		

サンドローダー仕様

船体長さ	17.40	操船用ウインチ	3台
巾	8.0	排送管径	410 ^{mm}
深さ	1.0	その他	運送設備 繋船用スパート

II. バージローディング方式とポンプ浚渫船の運転の考え方

1. サンドローダー（砂積込船）について

この船は、ポンプ浚渫船から水上管によって排送されてきた土砂を、クラン臂で土運船へ積載させるローディングステーションとしての作業目的を有している。したがってポンプ浚渫船は、土運船の接舷積込みとは無関係に連続運転が可能であり、高い稼働能率が得られる。

2. ポンプ浚渫船の運転計画

本工程の場合のポンプ浚渫船の運転計画の基本的な考え方としては、近距離排送を行って能率を上げることであるが、(1)各機関に過負荷状態を生じさせず、低揚程で大きな揚水量を上げること。(2)土質条件からポンプ浚渫船の吸入能力、排送能力と含砂率の関係を把握し最適送砂距離を検討すること

が、与えられた D.C 600PS ポンプ装置船を最も合理的に使用する条件となる。そしてこれを検討した結果(1)についての対策は、インペラ径を 960mm に短縮すること、ディーゼル機関であるため運転時の回転数を 380 RPM 程度におとすこととした。(2)については、現地において各実験試験を行い、以下のような解析結果を得た。

Ⅲ. ポンプ装置性能とその解析

1. 砂丘土壌と管内流速と含砂率

内灘砂丘土砂は、平均粒径 0.3mm 程度、均等係数 2.30 の非常に均一な組成を有した中砂(土比重 $\gamma_s = 2.68$)である。この土壌の管径に対する流速と含砂率との関係を次の理論から検討して、実験から図-1を得た。

$$\text{シュランド実験式 } \frac{V_s}{V_m} = \sqrt{2gD(\gamma_s - 1)}$$

$$\therefore 2Fe^2 = \frac{V_s^2}{gD} \cdot \frac{1}{\gamma_s - 1}$$

$\therefore$ フルード数 $Fr = \frac{V_m}{\sqrt{gD}} \cdot \frac{1}{\gamma_s - 1}$ と同一なので

$$F = \frac{V_m}{\sqrt{gD}} \cdot \frac{1}{\gamma_s - 1} \text{ とおくと } F = 2Fe^2 \text{ である。}$$

V_s : 限界沈降速度(%) Fr : 液中固体の粒径と含砂率によって変る係数

γ_s : 固体土比重 2.68 g : 9.8(m/s²)

D : 管径 0.41(m)

$$= \frac{V_s^2}{9.8 \times 0.41 \times 1.68} = \frac{V_s^2}{6.75}$$

2. 実用性能曲線

実用性能曲線は、ポンプ装置船の性能試験から、湧水時、送砂時の各機器データを実験して描くことができるが、その解析手順と結果は次のようである。

A. 管路損失, 土質係数 β , $\lambda = 0.022$, $\rho = 1.5$

B. 吸砂時における流速低下量 ΔV

$$\Delta V = \frac{x_0 (\gamma_s - 1)}{1 + \beta x_0 (\gamma_s - 1)} \left\{ (\beta - 1) \frac{V_m}{2} + 0.8 \right\} = \frac{1.68 x_0}{1 + 1.5 \times 1.68 x_0} \left\{ 0.5 \frac{V_m}{2} + 0.8 \right\}$$

x_0 : 集砂器含砂率 $x_0 = \frac{V_s}{V_m} x$

x : 管路含砂率 γ_s : 土比重 1.68

V_m : 湧水時流速(%)

上式の計算から表-2を得る。

図-1. 掃流相似係数-含砂率

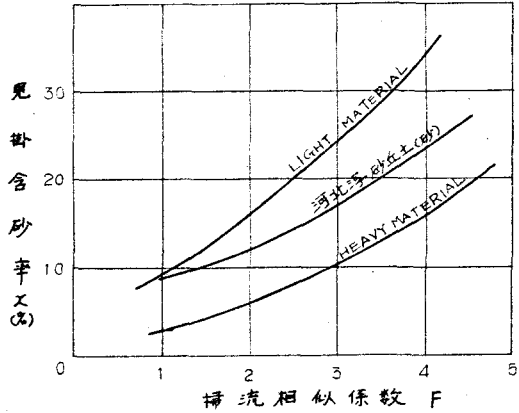


表-2 $\Delta V - x$

		(m)							
$x(\%)$	x_0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
5	0.0313	0.082	0.088	0.094	0.100	0.106	0.112	0.118	
10	0.0627	0.153	0.164	0.175	0.187	0.198	0.209	0.221	
15	0.094	0.214	0.230	0.246	0.267	0.278	0.294	0.310	
20	0.125	0.267	0.287	0.307	0.327	0.347	0.367	0.387	
25	0.1565	0.316	0.339	0.363	0.386	0.410	0.434	0.457	

表-3 $G - V_m$

		(%)					
V_m	V_s	400	450	500	550	600	
3.5	x_0	0.145	0.175	0.205	0.236		
	G	385	465	544	626		
4.0		0.118	0.147	0.174	0.204	0.232	
		358	435	528	620	716	
4.5		0.095	0.124	0.150	0.178	0.206	
		324	422	510	606	702	
5.0		0.071	0.097	0.122	0.150	0.175	
		269	367	462	568	664	
5.5		0.046	0.064	0.088	0.113	0.137	
		167	267	367	472	572	
6.0		0.041	0.054	0.066	0.080	0.093	
		50	155	255	364	470	
6.5			0.040	0.030	0.052	0.073	
			49	148	256	360	

表-4 $G - V_m$

F	x	V_m	$G(\%)$
3	0.17	4.5	364
3.5	0.20	4.85	460
4	0.225	5.2	558
4.5	0.26	5.52	682

C. 吸入原圧と含砂率 $x_0 - x_0$

$$V_m = \Delta V + V_w = \Delta V + h_v$$

$$\Delta V = x_0(c_s - 1)(ch_u + \beta h_v)$$

V_m : 吸砂時原圧 ΔV : 吸砂による原

圧増加量 V_w : 清水時原圧 h_v : 浸

没深度 $10''$ h_v : 清水時吸入抵抗

吸入原圧の変化量は含砂率に比例することから
上式の計算結果で 図-2 を得る。

D. 浸没土量 G

$$G = 3.600 \times x_0 \times V_m \times A \times \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

G : 浸没土量(%) V_m : 送砂時管内

流速 A : 管断面積 0.1227^2

$$= 3.600 \times x_0 \times V_m \times 0.1227^2 \times \frac{2.65}{1.0}$$

上式から、表-3 のように吸入原圧による浸
没土量が計算される。

E. 実用性能曲線

上の強計算から送砂距離と浸没土量との関係
をあらわしたのが図-3 であるが、一方任意の
管内流速を得た場合の排送管と含砂率は、図-
1 の関係によって決ってくる。表-4 は管内流
速によって送砂可能な土量と考えられ、その結
果は図-3 の太線で表わされる。このことは、
ポンプ浸没船は常に吸入能力と排送能力がバラ
ンスした状態で運転されなければならないこと
を示すが、原圧が一定の場合、近距離排送はポ
ンプの吸入能力によって浸没土量が左右され、遠距離排送では管内流速によって支配されることも明
らかに示されている。

IV むすび

本工事の場合、実際には砂丘を一度ジェットポンプによる噴射水で崩壊させ、その土砂をルーズな状
態にしてから浸没するようにして、送砂時の原圧は500mm程度を常に保させるようにしている。し
たがってこの場合の排送距離は180程度が、最高効率450%程度を揚げる最適距離と考えられ、通常
DC600PSポンプ浸没船効率の約2倍の結果を得ている。一般にポンプ浸没船の使用法としては、最高
効率を発揮できる最適排送距離で施工することが、最も経済的な施工法となるが、とくにバージロー
ディング方式のように排送距離が加減できるような場合、最適距離の検討は重要なことと思われる。こ
こでは、ひとつの方法として本工事の解析例を述べたが、その要訣は(1)浸没土量を知る、(2)ポン
プ浸没船の土質による吸入能力と排送能力を把握することである。

図-2 吸入原圧—含砂率

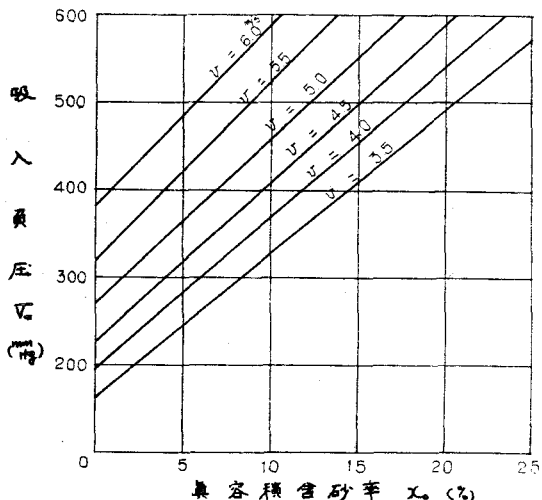


図-3 DC600PS (ポンプ) 実用性能曲線

