

合衆
神倉

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第6巻3号

Vol. 6 No. 3

(通巻第40号)

浚渫用グラブの研究 (第3報)

グラブの部材強度および水中における巻
上げ時の抵抗について……………岩田尚生

浚渫用噴流装置に関する研究 (第3報)

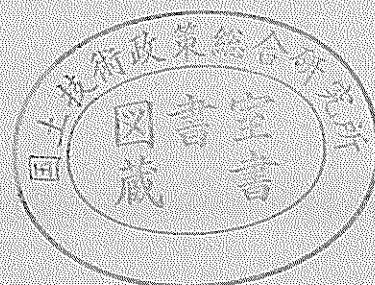
噴流装置を用いた港湾工事事用機械につい
ての2, 3の実験……………岩田尚生

ホッパーの沈澱効果に関する研究

ホッパーの積込効率について……………入江義次・青木幸男

1967年1月

運輸省港湾技術研究所



浚渫用グラブの研究 (第3報)

—— グラブの部材強度、および水中における巻上げ時の抵抗について ——

目 次

要 旨	1
1. ま え が き	2
2. グラブの着地時の衝撃応力についての実験および実験結果	
2.1 実験の目的、および実験	2
2.2 実験結果、および考察	3
3. グラブのつかみ過程における部材応力についての実験、および実験結果	
3.1 実験の目的、および実験	6
3.2 実験結果、および考察	6
4. 水中からグラブを巻上げる際に、グラブが受ける抵抗力についての実験、および実験結果	
4.1 実験の目的、および実験	8
4.2 実験結果、および考察	8
5. グラブ部材の応力計算について	
5.1 浚渫用グラブ計画の手順	10
5.2 着地時の衝撃応力の計算	10
5.3 つかみ過程中の部材応力の計算	12
5.4 巻上げ時の部材応力の計算について	14
6. 本報告の結論	15
7. 総 括	15

Study on the Jet-Apparatus for Dredging (3rd Report)

— On the Application of Jet-Apparatus for the Machines Used for the Port and Harbour Construction —

Hisao Iwata *

Synopsis

In the first and the second report of this series, we presented the theory and special characteristic of the jet-apparatus and the utilization of the jet-apparatus for the pressure increaser in the suction pipe. In this 3rd report, we present the problem of the use of the jet-apparatus for the machines used for port and harbor construction.

Most of the machinery equipments used for the port and harbor construction, and machines in dredgers are used in the water or on the water. So, the utilization of jet-apparatus using the water jet-nozzles are very convenient for use so far as their mechanism and handling are concerned, and despite the inefficiency of the single use of the jet-apparatus itself, it can improve the working efficiency of machines as a whole when it is attached to them.

From the idea above mentioned, we showed here in this report the experimental results gained by the three kind of model machines used as the application of the jet-apparatus for the port and harbor construction.

Following are the main features of model machines.

- 1) The machine used for the hanging up and shifting concrete-blocks in the water or in the air, utilizing the water jet-apparatus.
- 2) water and sand transport equipment used for the transport of sand by the hydraulic power from the hopper of the dredgers and hopper burges.
- 3) Model testing apparatus for the investigation of the relation on the distance between the tip of nozzle and suction mouth, and relation on the shape of suction mouth and pressure capacity regarding jet-apparatus in which the water jet is spread out from the outside of the suction-pipe.

According to the experimental results gained by these model machines, each machine was proved to be able to display the sufficient efficiency which was planned at the design of each machine.

* Chief Research Engineer, Machinery Division

浚渫用噴流装置に関する研究 (第3報)

—— 噴流装置を用いた港湾工専用機械についての 2、3 の実験 ——

岩田 尚生*

1. まえがき

本論文の第1報と第2報において、噴流装置の理論と特性、および噴流装置を浚渫用ポンプ吸込管加圧装置として利用する問題について紹介した。本報告では引続いて噴流装置を港湾工専用機械に応用する問題について述べる。

港湾工事における施工用機械や作業船の機械装置は、水中または水上において運転されるものが多いために、水噴射ノズルを用いた噴流装置を使用すると、その機構や取扱い面で便利なことが多く、噴流装置単独の能率は低くても機械装置全体としての作業能率を向上させることができる。上記のような考え方から、本論文の題目とは多少外れるものもあるが、噴流装置の港湾工専用機械への応用について、3種類の試作機械装置による実験結果を紹介することにした。

試作機械装置の内容は次の通りである。

- (1) 空気中および水中においてコンクリート製の方塊類の移動作業を行なうに適した噴流装置応用のつり上げ装置。
- (2) しゅん渫船や土運船の泥そうから土砂を水力輸送する場合に使用するための噴流装置を用いた土砂の混合供給装置。
- (3) しゅん渫用ポンプの吸込口外部から、吸込口に向けて噴射する型式の噴流装置において、ノズルと吸込口間の距離や吸込口形状と加圧能力の関係等を調べるためのポンプしゅん渫船のサクシオンヘッド模型。

上記の試作機械装置による実験結果では、何れも製作の際の計画能力に対して、充分満足の性能を発揮することができた。

2. 噴流式つり上げ装置についての実験、および実験結果

2.1 実験装置、および実験方法

はじめに、しゅん渫用としての噴流装置ではないが、われわれの港湾工事に関係のある作業について、噴流装置の応用例を紹介する。

港湾工事において、コンクリート方塊等の掘付、あるいは撤去作業の場合等に、つり具のかけ外しは、水面上の作業はよいとしても、水中において行なうには殆んど潜水夫の手によって行なわれており、そのために水上作業が可能な程度の波浪、潮流の場合にも、潜水作業が困難なために中止される例もあり、また潜水夫を使うことは、その作業に危険を伴うことが考えられる。本噴流式つり上げ装置は、上記のような作業における作業能率の向上と危険防止を目的とするもので、図-1にその構造を示す。これは噴流装置の吸込側に発生する負圧を利

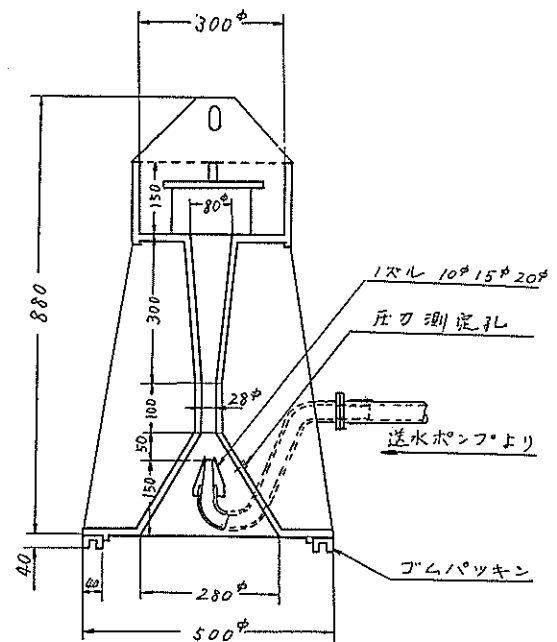
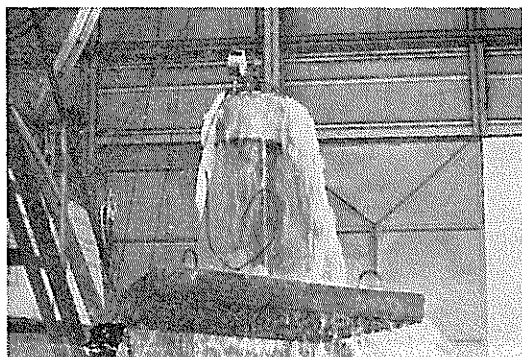


図-1 噴流式つり上げ装置

* 機械部 主任研究官



写真—1 噴流式つり上げ装置の実験(空气中)



写真—2 水中実験状況

用して方塊類等を吸いつけようとするもので、送水ポンプの吐出側弁の閉閉により簡単に吸いつけたり取り外ししたりすることができる。本つり上げ装置による方法と一般に鋼板や硝子の持上げに使用されているポンプ吸引方法とを比較すると、空中と水中で連続的に使用するに際して、吸込管の浮力や屈曲の問題、および空気と水の何れでも短時間に吸引して真空状態に近づけるための特殊ポンプを必要としない点で本つり上げ装置が有利であると思われる。

本つり上げ装置は、空中と水中でのつり上げ荷重が、1000kg以上となるように計画、試作したものであり、この能力は小型のつり上げ装置として実際面でも使用できる規模のものである。実験は本つり上げ装置をコンクリートブロック(1×1×0.1m)の上に乗せた状態における空中と水中での負圧の測定、およびコンクリートブロックを実際につり上げた状態での作動試験を行なった。コンクリートブロックの上に本つり上げ装置を安置した状態でコンクリート表面と本つり上げ装置下周のゴムパッキンの間に最大5mm位の隙間ができる程度の凹部があり、さらに実験に際しては、実際面での使用状態を考

慮して、コンクリート表面に砂粒を撒いてつり上げた。ゆえにこの実験は、滑らかなコンクリート表面に接触させてつり上げるのではなく、実際面を考慮してかなり苛酷な条件において実施したものである。

2.2 実験結果, および考察

噴流式つり上げ装置の吸盤部が平面に密着している図一2の状態を考えてみよう。先ず図の断面1と断面2の間で次の関係が得られる。(文献—1)

$$\frac{Pd - Ps}{\gamma_w} = \frac{Vd^2}{g} \left(\frac{Ad}{Aj} - 1 \right) - f_1 \frac{Vd^2}{2g} \dots\dots\dots(1)$$

ここに Pd=断面2における圧力 (kg/m²)

Ps=断面1における圧力 (kg/m²)

γ_w =水の単位体積重量 (kg/m³)

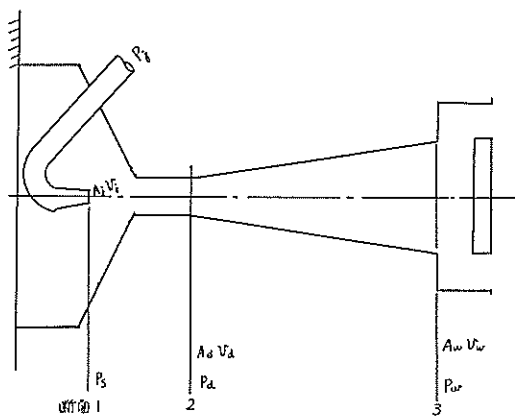
Vd=断面2における流速 (m/sec)

g=重力の加速度 (m/sec²)

Ad=断面2の面積 (m²)

Aj=ノズル口断面積 (m²)

f₁=断面1~2間の摩擦損失水頭係数



図—2 噴流式つり上げ装置の配置

次に断面2と断面3の拡大管部分について次式を得る。(文献—2)

$$\frac{Pw - Pd}{\gamma_w} = \frac{Vd^2}{2g} \left\{ 1 - \frac{Ad^2}{Aw^2} - f_2 \left(1 + \frac{Ad}{Aw} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ここに Pw=断面3における圧力で、これは外部の大気圧、または静水圧に等しいと仮定する。(kg/m²)

A₃=断面3の面積 (m²)

f₂=拡大管の損失水頭係数

式(1)と式(2)から、

$$\frac{Pw - Ps}{\gamma_w} = \frac{Pd - Ps}{\gamma_w} + \frac{Pw - Pd}{\gamma_w} = \frac{Vd^2}{2g} \left\{ 2 \left(\frac{Ad}{Aj} - 1 \right) - f_1 + 1 - \frac{Ad^2}{Aw^2} - f_2 \left(1 - \frac{Ad}{Aw} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots(3)$$

上式と $V_j^2/2g=Cv^2(P_j-P_s)/\gamma_w$ の関係から、

$$\frac{P_w-P_s}{P_j-P_s} = Cv^2 \frac{A_j^2}{Ad^2} \left\{ 2 \left(\frac{Ad}{A_j} \right) - f_1 + 1 - f_2 \left(1 - \frac{Ad}{Aw} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots(4)$$

ここに V_j =ノズル口からの噴出速度 (m/sec)
 P_j =ノズル口直前でのジェット圧力 (kg/m²)
 Cv =ノズル口から噴出に際しての速度係数
 で流量係数は1の場合を仮定した。

式(4)によって求めた計算値と本実験結果の測定値を比較したものを図-3に示す。図において測定値は計算値よりもやや小さな値を得ている。これはコンクリート面とゴムパッキン間の砂粒の隙間から侵入する空気や水の影響も考えられるが、断面3以後の流れの損失水頭を計算式に含んでいないことにもよると思われる。本つり上げ装置を安置した状態において、コンクリート面とゴムパッキン間に5mm程度の隙間があっても、これは負圧の増大とともにゴムが押しつぶされて殆んど完全に密着される。またコンクリートブロックをつり上げた状態において、横方向からの外力に対しても充分安全で、コンクリートブロックが他の構造物に衝突しても外れて落下するようなことはなかった。

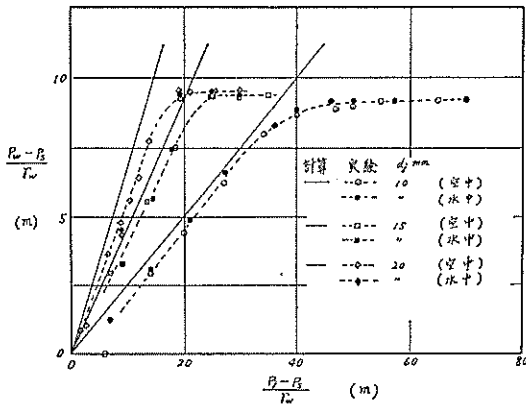


図-3 噴流式つり上げ装置の実験結果

上記の実験結果は文献-2の結果とその傾向がよく一致している。これらの実験結果により、この種類のつり上げ装置は負圧9m以上を得ることが比較的容易であり、この負圧に吸盤面積を乗じて吸いつき力を求める。そこで参考のために本つり上げ装置の面積比の値に対し、負圧9mを得るに必要なノズル口直前のジェット圧力、流量、水馬力を求めたものを図-4に示した。本つり上げ装置は負圧9mにおいて吸いつき力約1200kgであ

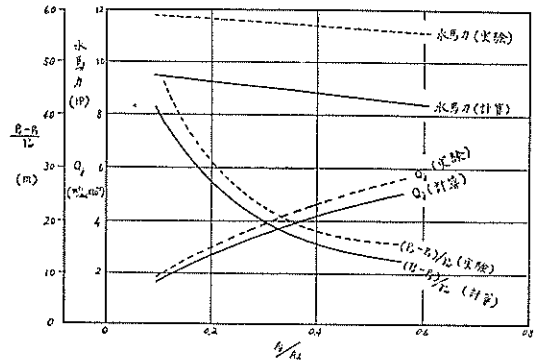


図-4 負圧9mを得るに必要な水馬力等の値

るが、これに要する水馬力は約12IPでよいことがわかる。つり上げに際してはつり上げ装置を巻上げるための巻上げ機械を必要とする。ゆえに、本つり上げ装置は、つり具のかけ外しやロープ作業を行なう作業員や潜水夫にとってかわる機能を備えるものである。

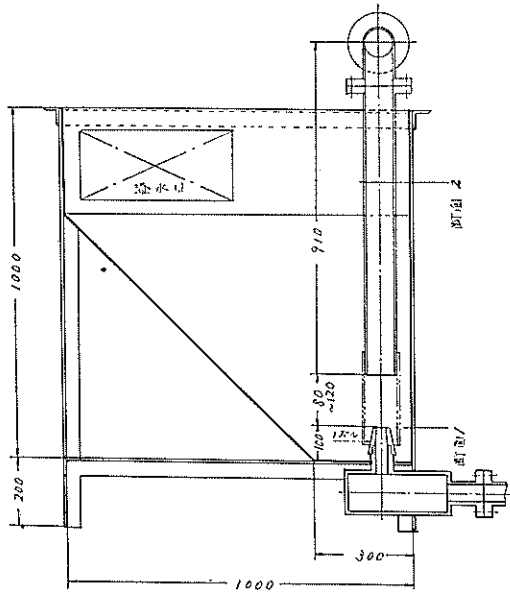
以上の結果により、本つり上げ装置は、実際面の港湾工事において充分活用できるものと思われる。

3. 噴流式混合供給装置についての実験、および実験結果

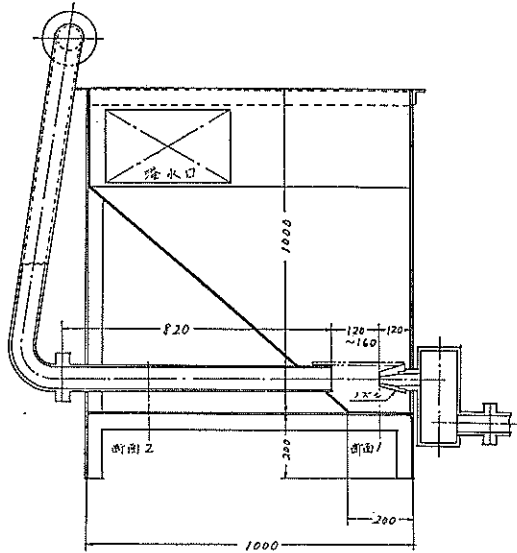
3.1 実験装置、および実験方法

作業船の泥そうから外部へ土砂を水力輸送するような場合に、一般には土砂の攪拌、および輸送用の水を泥そう内へ供給しながらサンドポンプで排送する方法が用いられている。この方法は、泥そう内の土砂の攪拌作用とサンドポンプによる排送作用を個々に行なっており、混合土砂の量が過大とならぬように絶えず定量の土砂量を供給するための操作が必要である。本噴流式混合供給装置は、上記のような作業に使用して操作を簡単にするもので、その構造取扱いを容易にして作業能率を向上させようとするものである。これを一般のサンドポンプによる方法と比較すると、管口に向って噴射するジェットによって土砂の混合作用と輸送作用を同時に行なわせることができること、および管口とノズルの距離を定めれば、一定の含泥率を保って順次に排送できること等の利点がある。本実験では図-5と図-6に示すように、ノズルと輸送管を水平と垂直方向に配置した2種類の混合供給装置を使用した。その設計に際しては、ジェット圧力2kg/cm²、1水馬力当りの土砂輸送量が3m³/h程度の能力となるように計画した。

実験は先ず垂直ノズル型の混合供給装置について送水

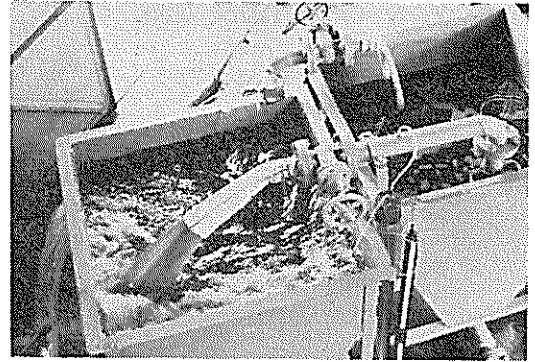


図—5 垂直ノズル型混合供給装置

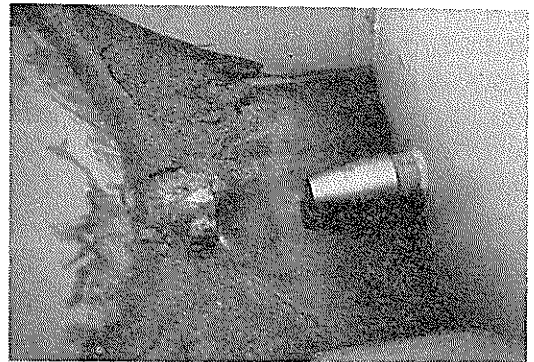


図—6 水平ノズル型混合供給装置

時特性を調べ、次に夫々の混合供給装置について砂を輸送する実験を行なった。砂を輸送する実験では、2つの混合供給装置の一方に約0.3m³の砂(足洗産砂0.5~1.5mm)を入れ、これを他の装置に輸送するときのジェット、および輸送管圧力、含泥率等を測定した。輸送管流量はノズルからの噴出流量に等しようにし、その値はジェット圧力とノズル直径から計算によって求めた。この



写真—3 噴流式混合供給装置の実験状況



写真—4 ノズルと輸送管の配置(水平ノズル型)

実験の輸送管内におけるレイノルズ数は $3.4 \times 10^4 \sim 1.7 \times 10^5$ の範囲であった。

3.2 実験結果、および考察

管口の外部から管口に向かって噴射する型式の噴流装置性能は次式によって表わすことができた。(文献—1)

$$\frac{P_d - P_w}{P_j - P_w} = 2C_v^2 \frac{A_j}{A_d} \left(1 - \frac{\gamma_{md}}{\gamma_w} \cdot \frac{A_j}{A_d} \cdot \frac{Q_d^2}{Q_j^2} \right) \dots \dots (5)$$

ここに P_d = 輸送管内圧力 (kg/m²)

P_j = ジェット圧力 (kg/m²)

P_w = 管口外部の圧力 (kg/m²)

C_v = 噴出時の速度係数で収縮係数は1の場合を考えている。

A_j = ノズル口断面積 (m²)

A_d = 輸送管断面積 (m²)

γ_{md} = 土砂混合水の単位体積重量 (kg/m³)

γ_w = 水の単位体積重量 (kg/m³)

Q_d = 輸送管流量 (m³/sec)

Q_j = ジェット流量 (m³/sec)

上式で輸送管内における摩擦損失水頭は含まれていないので、これは輸送管全体の損失水頭計算に含めて算出さ

りたい。式(5)の関係は、面積比 A_j/A_d の値が大きい範囲では、実験によって補正する必要があった。本混合供給装置の送水特性も、図-7に示すように式(5)の計算値とは一致せず、他の測定結果と同様の傾向の補正曲線が得られた。

次に砂を輸送する実験を行なった結果を表-1に示す。この実験は、はじめに泥そう内の砂の上面まで注水した状態にして輸送を開始するのであるが、泥そう内に水が無く、やや湿った状態の砂をノズルから管口までの間で直接噴流に巻込ませて輸送する実験も行なった。このような方法を用いる場合は、輸送管内は砂と水の混合液の外に空気が混入するが、実験の範囲内では、輸送管内で得る含泥率は表-1の場合と変らなかった。しかしながら、最後に泥そうの内部に残る砂の量がかなり多く、これは水が無いためにノズルと管口の間に渦が発生せず、重力によって、砂が落下しない場合に砂を巻込む能力が小さいためと思われる。

表-1の実験結果と文献-1の実験結果を比較したものを図-8に示した。文献-1の実験結果は垂直ノズル型の場合であるが、本実験の垂直ノズル型の場合よりも輸送管内で得る含泥率が大きく、本実験の水平ノズル型の場合にはほぼ等しい結果となっている。これらの実験結

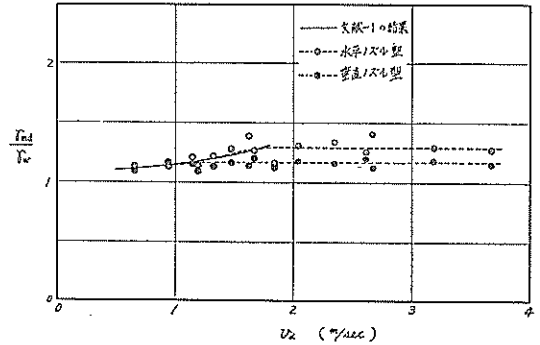


図-8 砂輸送時の V_d と r_{md}/r_w の関係 ($Q_d = Q_j$ の場合)

果から判断すると、輸送管に得られる土砂混合水の含泥率は、ノズル口から管口までの距離 l と管口直径 D に大きく支配されているように思われる。本実験の垂直ノズル型は $l/D = 1.2$ 、水平ノズル型は $l/D = 1.8$ 、また文献-1の実験装置では $l/D = 1.9$ である。ノズル口と管口の距離は、輸送する土砂の性質やジェット圧力、その他の作業条件等を充分考慮して定めるべきであろう。

以上の実験結果により、この型式の噴流式混合供給装置は、粒状の土砂を水力輸送するための混合供給装置として能率的な機能を発揮することができ、実際面へも充分利用できるものと思われる。

4. ポンプしゅん濞船の吸込口における加圧用ジェットノズル位置についての実験、および実験結果

4.1 実験装置、および実験方法

管口の外部から管口に向かってジェット噴射する型式の噴流装置をポンプしゅん濞船の吸込口部分に使用すると、カットで切崩した土砂を噴流に巻込む作用と、吸込管内の加圧作用を同時に行なわせることができる。この場合にノズル位置と吸込口の間隔が大きい程、土砂を混合する能力は大きくなるが、一方において吸込管内の加圧能力は小さくなっていく。本実験は上記のような装置において、加圧能力を減じることなく、充分な土砂混合作用を行なわせることのできるノズル位置と吸込口の距離を調べる目的で実施した。土砂の混合能力については、すでに述べた噴流式混合供給装置の実験結果からも予測することができるし、これを解明するための他の実験も予定しているので、ここではノズル位置と吸込口の距離を変えるときに吸込管内の加圧水頭がどのように変化するかを調べる実験を行なった。実験は図-9に示す

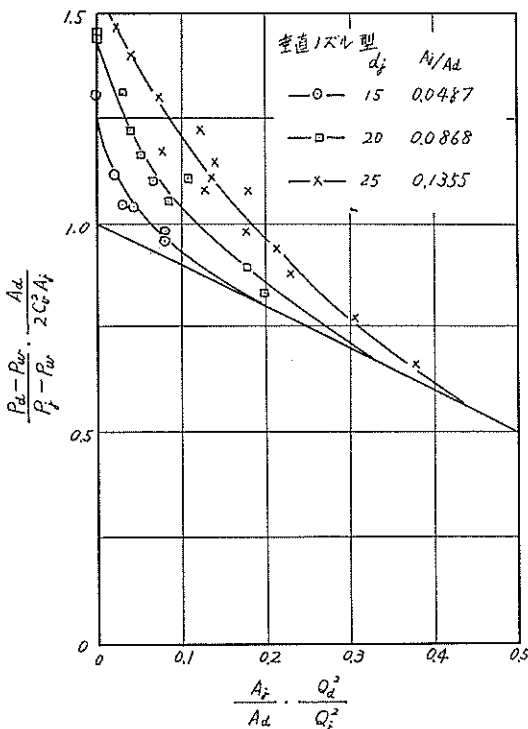


図-7 噴流式混合供給装置の送水特性

表-1 噴流式混合供給装置の実験記録

装置種類	ノズル直径 dj	ジェット圧力 (Pj-Pw)/ γ_w	噴射速度 Vj	流量 Qj=Qp	輸送管内の流速 Vd	含泥率 q/Qd	混合比重 γ_{md}/γ_w	備考
	(mm)	(m)	(m/sec)	(m ³ /sec)	(m/sec)			
水平ノズル型	15	10	13.6	0.00234	0.65	0.148	1.121	$\ell/D=1.8$
	15	20	19.2	0.00339	0.94	0.152	1.125	"
	15	30	23.6	0.00416	1.15	0.247	1.203	"
	15	40	27.2	0.00479	1.32	0.271	1.222	"
	15	50	30.8	0.00533	1.47	0.327	1.268	"
	15	60	33.4	0.00590	1.63	0.475	1.390	"
	20	10	13.6	0.00427	1.18	0.177	1.145	"
	20	20	19.2	0.00603	1.67	0.321	1.263	"
	20	30	23.6	0.00739	2.04	0.367	1.301	"
	20	40	27.2	0.00852	2.35	0.410	1.337	"
	20	50	30.8	0.00965	2.67	0.490	1.402	"
	25	10	13.6	0.00667	1.84	0.191	1.157	"
	25	20	19.2	0.00944	2.61	0.291	1.239	"
	25	30	23.6	0.01156	3.19	0.355	1.291	"
25	40	27.2	0.01333	3.68	0.333	1.273	"	
垂直ノズル型	15	10	13.6	0.00234	0.65	0.122	1.100	$\ell/D=1.2$
	15	20	19.2	0.00339	0.94	0.205	1.168	"
	15	30	23.6	0.00416	1.15	0.193	1.158	"
	15	40	27.2	0.00479	1.32	0.160	1.131	"
	15	50	30.8	0.00533	1.47	0.205	1.168	"
	15	60	33.4	0.00590	1.63	0.175	1.143	"
	20	10	13.6	0.00427	1.18	0.125	1.105	"
	20	20	19.2	0.00603	1.67	0.137	1.112	"
	20	30	23.6	0.00739	2.04	0.221	1.181	"
	20	40	27.2	0.00852	2.35	0.190	1.156	"
	20	50	30.8	0.00965	2.67	0.140	1.115	"
	25	10	13.6	0.00667	1.84	0.158	1.130	"
	25	20	19.2	0.00944	2.61	0.256	1.210	"
	25	30	23.6	0.01156	3.19	0.234	1.192	"
25	40	27.2	0.01333	3.68	0.180	1.148	"	

ように軸方向に移動する2個のノズルと吸込口を形づくつた異形管、および直管部分(管径6吋)からなる装置によって行なつた。ノズルの直径は7mmと10mmの2種類を用い、ノズル口断面積と吸込口断面積の比 A_j/A_d の値は夫々0.0041と0.0080になつた。吸込口の反対側の直管部分の管端には、オリフィスを設けて管内の流量を測定するようにした。

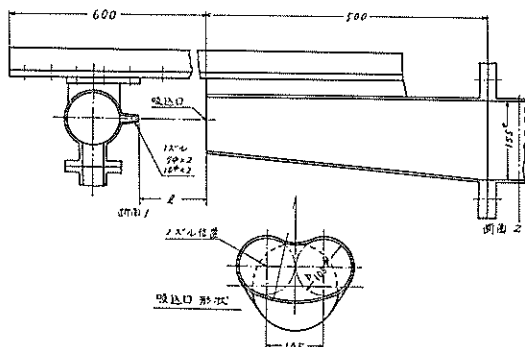


図-9 ポンプ浚渫船の吸込管加圧装置模型



写真-5 吸込管加圧用ジェットの実験装置

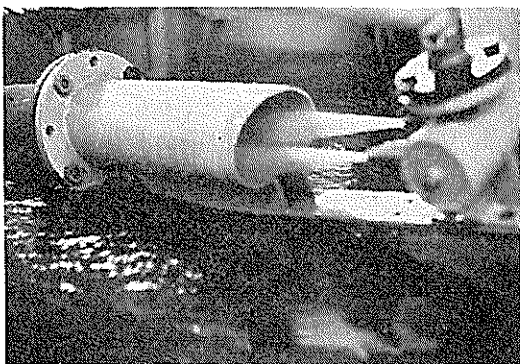


写真-6 ジェット噴射状況

4.2 実験結果、および考察

ポンプしゅん濇船の吸込口の外部から吸込口に向つて噴射する形式の加圧装置は、一般の吸込管内、または吸込口部分でジェット噴射する型式の加圧装置と比較すると、すでに述べた噴流式混合供給装置の実験結果からもわかるように、ジェット流量 Q_j と吸込管内流量 Q_d の等しい場合でも土砂を混合して輸送することができるのであるから、流量比が1以上の範囲では、当然流量比に制限されることなく、能率のよい使用点を選ぶことができる利点がある。一般の吸込管内や吸込口部分で噴射する型式のものは、噴射箇所土砂混合水を薄めることになるから流量比が1に近い範囲では使用しない。このような吸込口の外部から吸込口に向つて噴射する型式の加圧装置の能力は、ノズル口における動力と吸込管内で得る動力の比を考へて次のように表わすことができた。(文献-1)

$$\frac{Q_d(H_2-H_1)}{Q_j H_j} = C_v^2 \frac{A_j Q_d}{A_d Q_j} \left(2 \frac{\gamma_{ml}}{\gamma_w} \frac{A_d O_d^2}{A_j O_j^2} \right) \dots (6)$$

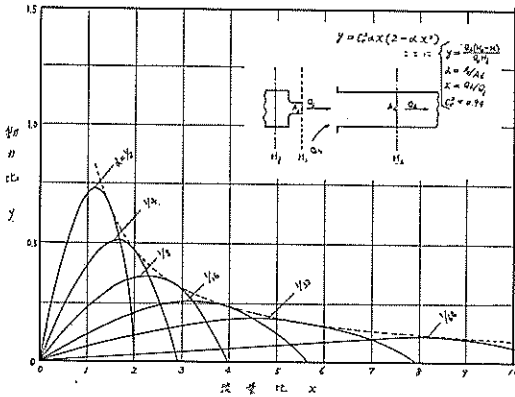
ここに H_2 =断面2(吸込管)における全水頭(m)
 H_1 =断面1における被駆動水全水頭(m)
 H_j =ノズル口における駆動水全水頭(m)

上式の右辺の記号は式(5)までのものと同様である。上式の左辺に (H_2-H_1) の記号を用いたのは、一般の吸込口以後の管内で噴射する型式の加圧装置では、断面1の圧力を基準にして断面2の全水頭 H_2 と断面1の被駆動水全水頭 H_1 の差 (H_2-H_1) をとる場合と、吸込口外部の静水頭 H_w との差 (H_2-H_w) で表示する場合が考えられるので、これを区別するためである。本実験の場合は断面1と吸込口外部の圧力は等しく、断面積 $A_3=\infty$ と仮定しているので $H_1=0$ である。式(6)の関係を図示すると図-10のようになり、動力の比は面積比が大きく流量比が小さい程で、 $A_j/A_d=0.5$ 、 $Q_j/Q_d=1$ の場合に動力の比は0.7を超える。ゆゑに面積比 A_j/A_d の値は大きい程有利であるが、実験を行なうに當つては、面積比の大きいと式(5)や式(6)の計算値と実験値が一致しなかつたり、実験値に他の影響が入ってくるので、面積比の小さい範囲の実験装置により、吸込口とノズルの距離を種々変えて加圧水頭を求めた。

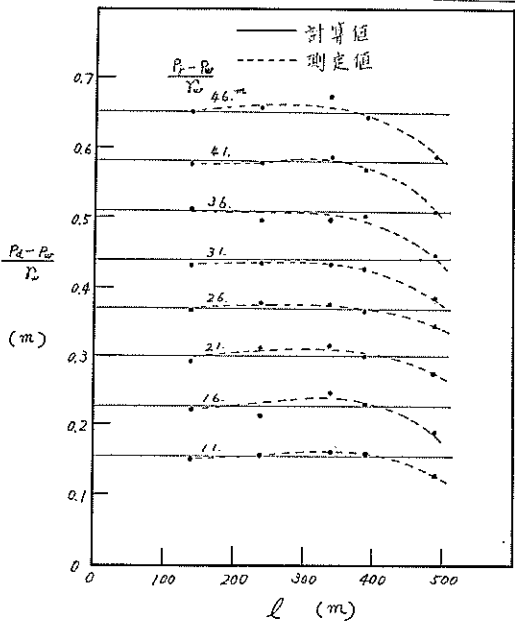
さて実験結果の一例を図-11に示す。図において $l=500\text{mm}$ になると加圧水頭 $(P_d-P_w)/\gamma_w$ の値が急に減少することがわかる。これはノズル口からの距離に比例して噴流の直径が大きくなり、噴流の勢力の一部が吸込口の外側を通過して逃げ去るようになるためと思われる。ここで吸込口の断面積は吸込管の直管部分の断面積よりも大きく、吸込口において 207cm^2 、直管部分において

189cm² でこの間は順次に変化している。このような場合の加圧水頭の計算に際して何れの断面積をとるかについて種々問題があるが、本実験結果では断面積の小さい直管部分の計算値がよく一致した。

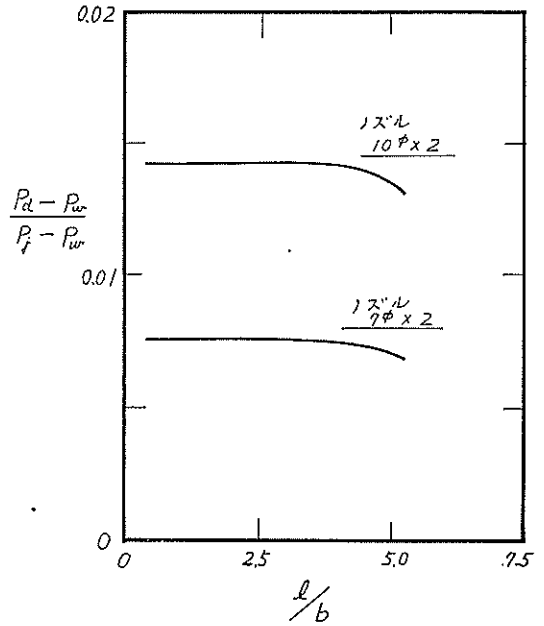
以上の実験結果により、吸込口とノズル位置の間隔 l は、面積比の小さい範囲では吸込口短巾 b の約4倍以下がよいと思われる。これは加圧能力を低下させないための範囲である。十分な土砂の混合能力を得るための範囲としては、噴流式混合供給装置の実験結果からも判断できるように吸込口短巾 b 以上の距離が必要と思われる。ゆえにポンプしゅん濇船に吸込口外部から吸込口に向



図—10 流量比、面積比と動力比の関係



図—11 吸込口からノズルまでの距離 l を変えるときの加圧水頭 $(P_d - P_w) / r_w$ の変化



図—12 l/d と圧力 の関係 (b = 吸込口短巾)

て噴射する型式の加圧装置を装備する場合の吸込口とノズル位置の間隔は、その構造配置の問題で種々の制限を受けることも多いが、 $l/b=1\sim4$ の範囲が適当であろう。

5. 本報告の結論

以上噴流式つり上げ装置、噴流式混合供給装置、およびポンプしゅん濇船の吸込管における加圧用ジェット装置についての3種類の実験結果を紹介した。夫々の実験の結論をまとめると次のようになる。

- (1) 噴流式つり上げ装置は、計算値よりもつり上げ能力がやや劣り、負圧の限界値は9m余であった。本つり上げ装置は設計時に計画した機能を充分発揮し、空中、水中の何れにおいてもコンクリートブロックのつり上げ移動作業が可能であった。本つり上げ装置は実際面へ利用することにより、作業能力を向上させることができると思われる。
- (2) 噴流式混合供給装置は、垂直ノズル型、水平ノズル型の何れも泥そう内の砂を能率よく輸送管へ送り込むことができた。輸送管内の含泥率はノズルから管口までの距離と管口の直径の比によって限界値が決まるようである。本装置は作業船泥そうからの土砂混合排送装置として実際面で充分利用できるとと思われる。
- (3) ポンプしゅん濇船の吸込管における加圧用ジェッ

トノズルの取付位置は、吸込口短巾の1～4倍の範囲が土砂の混合作用と吸込管内の加圧作用を同時に行なうに適していると思われる。

上記の実験結果は、試作した夫々の装置についてのものであり、これを更に大型化したり、形を変えたりする場合には、実際面においてあるいは予期せぬ問題が生じることも考えられる。しかしながら、現段階においては充分その機能を発揮できると考えている。今後あらゆる角度から種々検討してみる予定である。

6. 総 括

港湾工事における噴流装置利用の問題については、本論文の第1報から第3報までに紹介したしゅん濇を主とした応用例以外にも数多くあり、今後更に開発、実用化について調査する必要があると思われる。しかしながら、これらの噴流装置の基礎的な問題は、本論文において紹介してきた理論と実験結果から解明することができる。ゆえにこの第3報をもつて本論文を一応完結させることとしたい。

本論文においては、噴流装置を直接実際面で計画、設計するに便利のように、その考え方をまとめ種々の実験結果を整理解明した。本論文の主な内容を次に記す。

- (1) 第1報では噴流装置の性能計算に必要な理論式を求め、これと実験結果を比較するとともに、しゅん濇用として用いる際の噴流装置特性の表示法について述べた。
- (2) 第2報ではしゅん濇用ポンプの吸込管加圧装置としての噴流装置を取上げ、特に管口の外部から管口

に向って噴射する型式の噴流装置が、土砂の混合作用と吸込管の加圧作用を同時に行なうために加圧装置として特に有利であることを確かめた。

- (3) 第3報では噴流装置の二、三の応用例を示し、噴流装置を他の種々の目的に利用する際の計画、設計資料として提供した。

本論文の第1報から第3報までの内容で、特に注意して頂きたい点は、しゅん濇用としての噴流装置の能率の表示を輸送管内における含泥水の動力と、噴流装置の駆動に必要なジェット用ポンプから供給する駆動水の動力との比で示した点である。これは一般のエゼクタの効率の定義とは異なる点で、しゅん濇作業の能力を考える上において、この表示方法がより合理的であるために提案したものである。

以上で「しゅん濇用噴流装置に関する研究」を一応完結することとしたが、本論文の内容には筆者らの認識不足のため不備な点も多々あると思われる。各位の御批判、御叱正をお願いするものである。終りに、本研究において始終御指導、御助言を頂いた機械部長松田任氏をはじめ本論文の第1報と第2報に記した当研究所の関係各位に改めて御礼申上げる次第である。

参 考 文 献

1. 港研報告「第3巻3号」、「第4巻10号」浚濇用噴流装置に関する研究（第1報、第2報）
2. 港研資料 No. 20 噴流装置を用いた吸盤型つり具の吸着力について。岩田尚生。

（昭和41年12月28日受付）

港湾技術研究所報告 「浚渫用噴流装置に関する研究」

— 正 誤 表 —

巻 号	場 所	誤	正
Vol. 3 No. 3	P. 4 下から11行目	重力の加速度 (m/sec)	重力の加速度 (m/sec ²)
	P. 4 下から1行目	次式	次式を得る
	P. 6 上から5行目	hd=0	hd=0
	P. 6 上から7行目	$\left[\frac{(1+\xi_s)A_j^2}{2A_s^2\xi_s} + \frac{A_j}{A_s} \right] = 0$	$\left[\frac{(1+\xi_s)A_j^2}{2A_s^2\xi_s} - \frac{A_j}{A_s} \right] = 0$
	P. 6 下から4行目	$C_v^2 \left(\frac{A_j}{A_j'} \right)$	$C_c^2 \left(\frac{A_j}{A_j'} \right)$
	P. 8 下から5行目	$\left[\frac{2+\xi_d}{\gamma} + \frac{\lambda\pi DL}{8Adg} \right]$	$\left[\frac{2+\xi_d}{2g} + \frac{\lambda\pi DL}{8A_dg} \right]$
	P. 10 上から7行目	(Pd-Ps) Qj	(Pd-Ps) Qd
	P. 10 上から15行目	Nは吸送側と	Nは吸込側と
	P. 11 上から7行目	$\frac{d-P_w}{\gamma}$	$\frac{Pd-P_w}{\gamma}$
	P. 11 上から12行目	噴射 ξ_s の	噴射し ξ_s の
	P. 13 上から10行目	Lx==	Lx=
	P. 13 上から13行目	求める	求まる
	P. 13 上から14行目	流速比の関係は(10)	流速比の関係は式(10)
	P. 13 図-9	計算例の圧力比流速比の関係	計算例 I の圧力比一流速比の関係
	P. 14 上から3行目	$\xi_r \left(1 - \frac{Ad^2}{Ad'} \right)$	$\xi_r \left(1 - \frac{Ad}{Ad'} \right)^2$
	P. 15 図-11	吸込加圧装置	吸込管加圧装置
	P. 15 下から3行目	$\frac{Pd-P_w}{\gamma} = \frac{(Pd-P_s)}{\gamma} + \frac{(P_s+P_w)}{\gamma}$	$\frac{Pd-P_w}{\gamma} = \frac{(Pd-P_s)}{\gamma} + \frac{(P_s-P_w)}{\gamma}$
	P. 16 下から8行目	実験ノズル用は	実験用ノズルは
	P. 18 下から2行目	$V_j^2/2gC^2$	$V_j^2/2gC_v^2$
	P. 19 下から6行目	例を表-1に示す	例を表-2に示す
	P. 20 上から1行目	摩擦損率水頭	摩擦損失水頭
	P. 20 下から9行目	噴流装置模型が	噴流装置模型で
	P. 21 下から6行目	面積比 Ad/Ad	面積比 Ad/Aj (Aj/Ad で表わすこともある)
	P. 21 下から4行目	計算表を表に示す	計算結果を表-7に示す
	P. 22 図-22		図-34のグラフと入替
	P. 24 上から15行目	(Pd-Ps) Ad+Fi	(Pd-Ps) Ad+ $\int c_e \dot{V} dl$
	P. 25 下から6行目	流量を増減せしめた	流量 Qd を増減せしめた
P. 25 下から6行目	圧力比の関係	圧力比と流速比の関係	
P. 25 下から2行目	損失水頭係数入の	損失水頭係数 λ	
P. 27 下から11行目	面積比 $\frac{Ad}{A_j}$	流量比 $\frac{Q_d}{Q_j}$	

巻 号	場 所	誤	正
Vol. 3 No. 3	P. 27 図—34		図—22のグラフと入替
	P. 31 表—3—(b)	$\frac{Q_j V_j}{A_g}$	$\frac{Q_j V_j}{A_{dg}}$
	P. 40 表—7	$\frac{-C+C^2-BD}{B}$ Q_d/Q_j	$\frac{-C \pm \sqrt{C^2 - BD}}{B}$ Q_d/Q_j
Vlo. 4 No.10	P. 3 右上から3行目	曲管上部	曲管部分
	P. 4 左下から3行目	加圧水頭を加算し	加圧水頭 h_j を加算し
	P. 5 右上から14行目	本報告では割合する。	本報告では割合する。
	P. 5 左上から15行目	ジェット噴射	ジェット噴射
	P. 14 左下から2行目	レイノルズ数は 5×10^5 以下	レイノルズ数は、 8×10^5 以下
	P. 17 左下から5行目	管内流速によって	管内流速 V_d によって
P. 21 左下から16行目	一般の効率で表示	一般の効率 η で表示	