

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT

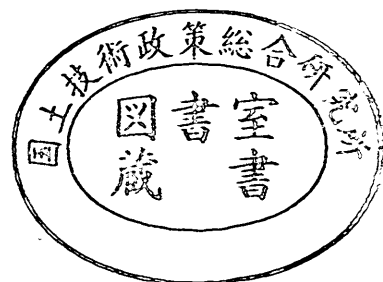
---

VOL. 12

NO. 4

DEC. 1973

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



1973

# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第12巻 第4号 (Vol. 12, No. 4), 1973年12月 (Dec. 1973)

## 目 次 (CONTENTS)

1. 波と流れによる砂移動に関する実験  
..... 田中則男・小笹博昭・小笠原昭..... 3  
(Experiments on Sand Movement by Waves and Currents  
.....Norio TANAKA, Hiroaki OZASA and Akira OGASAWARA)
2. 楕円柱体近似による固定船体に働く波力の理論および実験  
..... 合田良実・高山知司・笹田 正..... 23  
(Theoretical and Experimental Investigation of Wave Forces on a Fixed Vessel  
Approximated with an Elliptic Cylinder  
..... Yoshimi GODA, Tomotsuka TAKAYAMA and Tadashi SASADA)
3. 空港アスファルト舗装のわだちぼれ  
..... 森口 拓・浅島豊明・渋谷英男..... 75  
(Rutting of Asphalt Pavements for Airports  
..... Hiraku MORIGUCHI, Toyoaki ASAJIMA and Hideo SHIBUYA)
4. 連続載荷方式による急速圧密試験  
..... 梅原靖文・松本一明・成田 実・梅田裕史.....131  
(Rapid Consolidation Test Under Continuous Loading  
.....Yasufumi UMEHARA, Kazuaki MATSUMOTO, Minoru NARITA  
and Hirojumi UMEDA)
5. 各種地盤における平均応答スペクトル  
..... 土田 肇・倉田栄一・石坂徳三・林 聡.....171  
(Average Response Spectra for Various Site Conditions  
..... Hajime TSUCHIDA, Eiichi KURATA, Tokuzo ISHIZAKA  
Satoshi HAYASHI)
6. 太径鉄筋を用いたコンクリートはりのひびわれ  
..... 関 博.....201  
(Crack Characteristics of Reinforced Concrete Beams with Large-sized Deformed Bars  
.....Hiroshi SEKI)
7. ドラグヘッドに関する研究 (第1報)  
——ドラグヘッドの基礎形状について——  
..... 八木得次・奥出 律・是石昭夫.....233  
(Study of Drag Suction Head (Part 1)—On the Basic Geometry of Draghead—  
..... Tokuji YAGI, Tadasu OKUDE and Akio KOREISHI)

## 7. ドラグヘッドに関する研究 (第1報)

—ドラグヘッドの基礎形状について—

八木 得次\*・奥出 律\*\*・是石 昭夫\*\*\*

### 要 旨

ドラグヘッドの土砂吸込性能に影響を及ぼす諸因子のうち、もっとも基本的な要因と考えられる吸込面積比 ( $A_g/a_p$ ) と辺比 ( $B/L$ ) の2つをとりあげ、ドラグヘッドの吸込土量がポンプ流量  $Q$  とドラグヘッド走行速度  $V_H$  に共にどう変化するかを調べた。そして土砂吸込性能が最大となる基礎形状を見出した。

供試ドラグヘッドは、 $B/L$  が一定で  $A_g/a_p$  が異なるもの5種類と、 $A_g/a_p$  が一定で  $B/L$  が異なるもの5種類である。実験は、走行速度 0, 0.051, 0.087, 0.132, 0.173 m/s の5速度について、ポンプ流量 0~0.4 m<sup>3</sup>/min の範囲で行なわれている。

ドラグヘッドが停止状態にあるとき、土砂吸込性能が最大となる形状は  $A_g/a_p \doteq 3$  で  $B/L \doteq 1$  の関係をもつが、ドラグヘッドが走行状態にあるときは、 $A_g/a_p \doteq 5$  で  $B/L \doteq 1$  の関係をもつことが明らかとなった。

掘削跡の形状に関する考察では、ドラグヘッド停止時の掘削幅  $b$ 、限界吸込面積  $A_{cr}$ 、掘削深さ  $Z_c$ 、掘削量  $G_o$ 、また、ドラグヘッド走行時の掘削幅  $b$ 、掘削深さ  $Z_c$  および掘削跡横断面積  $S$  をそれぞれ次式で表わすことができた。

$$b/B = m_b \exp(n_b Q)$$

$$A_{cr}/A_g = m_A \exp(n_A Q)$$

$$Z_c = m_z Q^{n_z}$$

$$G_o = m_G Q^{n_G}$$

$$S = m_s Q^{n_s}$$

ここで、 $B$ =ドラグヘッド幅、 $A_g$ =ドラグヘッドの吸込口面積である。なお、これらの式における係数はいずれも、吸込口面積比、辺比、ヘッド走行速度、初期掘削土厚、ベッド土質等の関数でとなる。

---

\* 機材部 流体輸送研究室長  
\*\* 機材部 水力浚渫主任研究官  
\*\*\* 機材部 流体輸送研究室

## 7. Study of Drag Suction Head (Part 1) —On the basic geometry of draghead—

Tokuji YAGI\*

Tadasu OKUDE\*\*

Akio KOREISHI\*\*\*

### Synopsis

In order to find out the best geometry of the draghead with high efficiency, the authors have investigated the variation of the output of model dragheads changing the pump delivery and the trailing speed. In this paper the emphasis is concentrated on the study of the effect of two important factors, that is, suction area ratio  $A_g/a_p$  and breadth length ratio  $B/L$ .

The experiment has been conducted with five models having constant  $B/L$  but various  $A_g/a_p$  and another five having constant  $A_g/a_p$  but various  $B/L$ , for five different trailing speeds, or 0, 5.1, 8.7, 12.6, and 17.3 cm/s, and for the pump delivery up to 0.4 m<sup>3</sup>/min.

The analysis of the experimental results revealed that when the draghead was in stationary condition the best basic shape was of  $A_g/a_p=3$  and  $B/L=1$ , while in moving of  $A_g/a_p=5$  and  $B/L=1$ .

Consideration into the configuration of cut gives the experimental formulas for the width  $b$ , the maximum suction area  $A_{cr}$ , the depth  $Z_0$ , and the volume of cut  $G_0$  at the time of draghead in stationary condition, while for the width  $b$ , the depth  $Z_0$  and the cross sectional area of cut  $S$  at the time of draghead in motion, as follows:

$$b/B = m_b \exp(n_b Q), \quad A_{cr}/A_g = m_A \exp(n_A Q), \quad Z_0 = m_z Q^{n_z}, \quad G_0 = m_G Q^{n_G}, \quad \text{and} \quad S = m_S Q^{n_S}$$

in which  $B$  is breadth of draghead and  $A_g$  is the area of suction mouth, respectively. The coefficient  $m$  and the exponent  $n$  are a function of such factors as suction area ratio  $A_g/a_p$ , breadth length ratio  $B/L$ , trailing speed  $V_H$ , initial depth of excavations, and the condition of the bed.

---

\* Chief of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

\*\* Senior Research Engineer, Machinery Division

\*\*\* Member of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

## 目 次

要 旨 .....	233
1. ま え が き .....	237
2. 実 験 条 件 .....	237
2.1 実 験 装 置 .....	238
2.2 細 砂 ベ ッ ド .....	238
2.3 ド ラ グ ヘ ッ ド の 形 状 .....	239
2.4 ド ラ グ ヘ ッ ド の 接 地 条 件 .....	240
2.5 走 行 速 度 .....	241
3. 実 験 結 果 と そ の 解 析 .....	241
3.1 ド ラ グ ヘ ッ ド 停 止 時 に お け る 土 砂 吸 込 性 能 .....	241
(1) 掘 削 幅 と 掘 削 深 さ .....	241
(2) 限 界 吸 込 面 積 と 掘 削 跡 断 面 積 お よ び 掘 削 量 .....	243
3.2 ド ラ グ ヘ ッ ド 走 行 時 に お け る 土 砂 吸 込 性 能 .....	246
(1) 含 泥 率 と 吸 込 土 量 .....	246
(2) 掘 削 幅 と 掘 削 深 さ お よ び 掘 削 跡 横 断 面 積 .....	246
(3) 走 行 速 度 の 影 響 .....	252
4. 最 適 基 礎 形 状 と 土 砂 吸 込 性 能 .....	255
5. あ と が き .....	257
参 考 文 献 .....	257

## 1. まえがき

ドラッグヘッドの土砂吸込性能はドラッグサクシヨン浚渫船の浚渫能力を決めるもっとも重要な要因であるといっても決して過言ではない。それは、ドラッグヘッドが海底を掘削し、同時に土砂を吸上げるという2つの働きをする浚渫システムの入口要素を構成しているからである。

わが国ではドラッグサクシヨン浚渫船の数も少ないためか、ドラッグヘッドに関する研究は今までほとんどなされていない。現在、各浚渫船が装備するドラッグヘッドは、いわゆる、古典的なカリフォルニア型がもっとも多いようである。カリフォルニア型ドラッグヘッドの特長は、比較的広範囲の土質に適用できるということ、自動調節型の場合は海底地形の変化に順応してトウ部が上下し、常に好ましい状態で接地することなどが言われている。しかしながら、このカリフォルニア型ドラッグヘッドを設計するに際しても、吸込口面積(グレート部面積)、辺比、吸込口流入速度等の諸因子をどう決めるべきか、それに関する適切な資料はない。

欧米、特にオランダやドイツでは、ドラッグヘッドの研究開発が盛んで、種々の工夫を凝らした漸新な形のドラッグヘッドが発表され、その一部は実用化されているようである<sup>1)~3)</sup>。しかしながら、残念なことに、それらの詳細は明らかにされていない。

このような内外の状況に鑑み、ドラッグヘッドに関する研究が計画された。本研究の目的は、ドラッグヘッドの土砂吸込機構とその性能を明らかにすると共に、より優れた性能をもつドラッグヘッドを開発することである。

ドラッグヘッドの土砂吸込性能に影響を及ぼす因子は多数ある。本報ではそのうちもっとも基本的な、しかし、もっとも重要な因子と考えられる吸込面積比  $A_0/a_p$  (ドラッグヘッドの吸込口面積  $A_0$  と吸込管断面積  $a_p$  との比) と辺比  $B/L$  (ドラッグヘッドの幅  $B$  と長さ  $L$  との比) とをとりあげ、この2因子によって規定されるドラッグヘッドの形状をその基礎形状と呼び、ドラッグヘッド走行速度  $V_H$  とポンプ流量  $Q$  とが土砂吸込性能にどのような影響を及ぼすかを模型実験で調べ、そして、土砂吸込性能が最大となる最適基礎形状について考察する。

ドラッグヘッドは、通常、走行状態で使用されるものであるが、本報では、ドラッグヘッドが停止状態にある場合の土砂吸込性能についても考察する。この結果は、ドラッグヘッドの基本性能を知るための資料となるだけでなく、

海底鉱物資源等を hydraulic な方法で採取する際の主要因子であるサクシヨンマウスの形状選定に対しても有効な資料となるであろう。

## 2. 実験条件

### 2.1 実験装置

図-1 と 写真-1 に使用した実験装置を示す。

①は長さ×幅×深さ=6m×47cm×45cm の大きさの鋼製の水路で床上約52cm の位置に設置されている。水路の一端は貯水槽となっており注水口と溢水口がある。貯水槽と水路の間は堰で区切られている。水路の中央約3m は両側壁とも強化ガラスで作られた観察窓となっているので、広い視野で中を透視することができる。

ポンプ装置②は走行台車③上にあり、水路と平行に敷かれた軌条④の上を移動する。⑤はこの駆動装置で電動機と無段変速機とからなり、エンドレスのワイヤーロープを介して台車をけん引している。台車の走行速度は0~0.173 m/s の範囲の任意の速度を選択できる。ドラッグヘッドの移動速度は台車速度と同じである。ポンプの仕様は、口径が50mm で流量×揚程=0.42 m<sup>3</sup>/min×25m である。ポンプ系の配管は 写真-1 にもその一部が見えるが、吸込側は2インチのガス管を使用し管長約1.83m である。吐出側は1½インチのガス管で管長約1.65m である。水路の基準水面から吐出管水平部までの高さは1.1m となっている。吸込管はリンク機構とゴムスリーブの組合わせによりドラッグアームの角度を自由に調節することができる。吐出管の垂直部に仕切弁を設け、これによりポンプの流量が調節された。

吐出水は⑥の排水槽で土砂を分離し、水のみ循環樋⑦を経てもとの貯水槽へ戻る。ポンプ流量が大きい場合は循環水だけでは水路の水位を一定に保つことができないので、循環水用ポンプ⑧を併用し、排水槽内の水を貯水槽に強制循環させた。

流量の計測は、小流量のときはあらかじめキャリブレーションを行なったバケツで、また大流量のときは排水槽上を移動する台車にのせた計量箱⑨で行なった。計量箱内の土砂水の体積と計量時間からポンプ吐出流量を、また体積とその重量とから土砂水の吐出濃度を求めた。

なお、本装置は本研究用として特に製作された施設でないため、実験内容の選定、例えばドラッグヘッドの大きさ、走行速度等の選定に際しいくつかの制約を受けた。

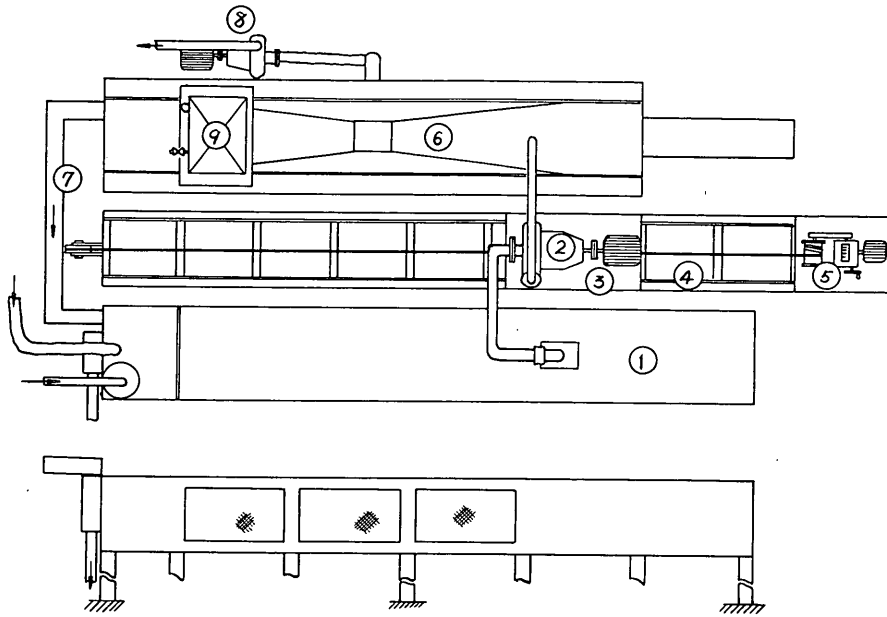


図-1 実験装置概略図

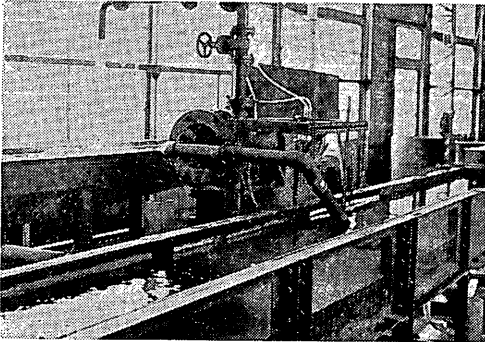


写真-1 実験装置

## 2.2 細砂ベッド

模型海底となる砂ベッドを 図-1 の水路の中に作った。図-2 にその構造を示す。

まず、水路の底に鋼製の格子を敷き、その上に金網(並目)、合成繊維網(細目)、綿布および 20~30mm の小石をこの順番に敷いて、最後に供試砂を約 15 cm の厚さに容れた。この結果、水路の排水は非常によく、しかも排水口からの砂の流失はわずかであった。

供試砂は 表-1 の物性をもつものを使用した。粒径と

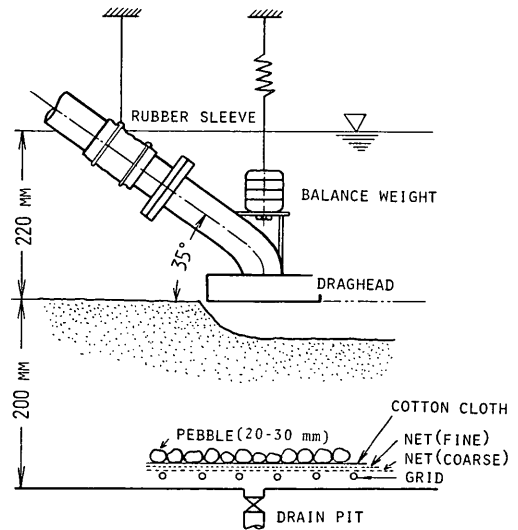


図-2 砂ベッドとドラグヘッド設定条件

しては細砂の分類に属するが粗砂領域に近い細砂である。ベッド土質はベッドの硬さ、粘着力等に関する重要な要因であり、したがって、ドラグヘッドの土砂掘削機構と掘削跡形状を規定する最大要因となる。

表-1 供試砂の物性

分類	産地	中央粒位 $d_{50}$ mm	均等係数 $d_{60}/d_{10}$	篩分け係数 $\sqrt{d_{75}/d_{25}}$	真比重 $\rho_s$	間隙率 $p$	沈降速度 $V_0$ cm/s	水中での静止摩擦角 $\phi$
細砂	高萩	0.19	1.36	1.08	2.66	0.40~0.45	3.5	47°

本実験では、砂ベッドの状態が結果に及ぼす影響は大きいので、試験条件が常に一定となるよう、ベッドの調整には特に入念に行なった。

まず、水路の水を半分程排水し、新しい砂を供給しながらベッドの砂を十分に混合したのち一定高さに水平に均した。つぎに、水を完全に排水し、ローラで締め硬め、再び注水して試験状態とした。ローラをかけ終った状態ではベッドの表層はかなり硬く締まっているが、水を入れると硬さが戻ってしまい、当初予期した硬さが得られなかった。これは砂が比較的粗く粘性がほとんどないと、ベッド砂層が薄いためローラの転圧効果があまりなかったためと思われる。

ベーン試験器(羽根幅×高さ=1cm×4cmの十字形で最大容量10mm-kg)でベッド表層4cmの硬さを測定すると、トルク値は4.2~6.5mm-kg程度であった。

表-1に示した水中での静止摩擦角 $\phi$ は、アクリル板上に供試砂を薄層かつ一様に接着し、その上にのせた砂粒が水中で滑り始めるときの角度である。この角度は、ベッド表層の砂粒が水流によって移動し始める運動を論ずる時に必要となるが、ここで得られた値は岩垣<sup>67)</sup>や横田<sup>8)</sup>の実験値に近い。

### 2.3 ドラグヘッドの形状

ドラグヘッドの形状としてとりあげるべき基本要因は、吸込口の面積とその外形であろう。前者は吸込管断面積と吸込口面積とのバランス(比率)の問題であるのに対し、後者はその形状として幅広いものがよいか、あるいは細長いものがよいかという、いわゆる、形の問題である。

実用されているドラグヘッドには種々の形状のものがある。しかし本報では、ドラグヘッドの基本形状ということに重点を置き、したがって、構造的にも簡単な矩形箱形の吸込口をもつものを取りあげた。図-3に使用したドラグヘッドの外形を示す。(a)は吸込管を曲げただけのものであり、後述のHEAD No. H-1がこれに相当する。(b)は本試験で使用したドラグヘッドの一般形で、吸込管の先端に矩形箱形の吸込口をつけたものである。

実験は、全部で10個のドラグヘッドについて行なわれたが、これは5個づつ2つのグループに分けられる。第1のグループは、辺比 $B/L$ が一定で吸込面積比 $A_g/a_p$ が異なるもの、HEAD No. H-3~H-6である。第2のグループは、 $A_g/a_p$ が一定で $B/L$ が異なるもの、

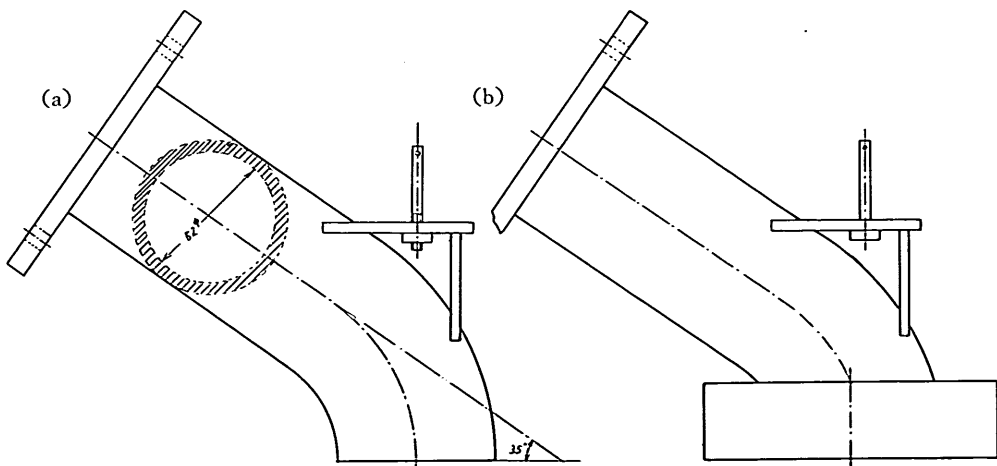


図-3 ドラグヘッド形状



表-2 ドラグヘッドの形状

## (1) 第1グループ

HEAD No.		H-1	H-2*	H-3	H-4	H-5	H-6
項目							
幅	B mm	52	69	92	106	118	130
長さ	L mm	52	52	69	80	90	98
高さ	H mm	—	26	26	26	26	26
吸込口面積	$A_g$ cm <sup>2</sup>	21.2	35.9	63.5	84.8	106.2	127.4
$B/L$		1.00	1.33	1.33	1.33	1.31	1.33
$A_g/a_p$		1.00	1.69	3.00	4.00	5.01	6.01

\* 実験に使用せず

## (2) 第2グループ

HEAD No.		H-10	H-20	H-30	H-40*	H-50	H-60
項目							
幅	B mm	71	81	92	—	121	137
長さ	L mm	119	104	92	—	70	62
高さ	H mm	26	26	26	—	26	26
吸込口面積	$A_g$ cm <sup>2</sup>	84.5	84.2	84.6	—	84.7	84.9
$B/L$		0.60	0.78	1.00	1.33	1.73	2.21
$A_g/a_p$		3.99	3.97	3.99	4.00	4.00	4.00

\* H-40 と H-4 は同形

〔注意〕 寸法はいずれも内径で、アクリル板の厚さは 4 mm

HEAD No. H-10~H-60 である。図-3 の (a) の形状をもつ HEAD No. H-1 は、吸込口が円形であるため厳密にはいずれのグループにも属さないのであるが、 $A_g/a_p=1$ ,  $B/L=1$  として第1のグループに入れた。

ドラグヘッドの浸漬機構等に関する相似側が不明の現在、模型実験は実物により近い大きさのドラグヘッドで行なわれることが望ましいが、実験施設等の制約もあり、表-2 の寸法のものを作成使用することにした。

模型ドラグヘッドは土砂の吸込状況を観察できるよう、いずれも透明のアクリル樹脂で製作した。吸込口に対する吸込管の位置も土砂吸込性能に影響をもつ一因子と考えられるが、ここでは一応吸込口の中央とした。

実物のドラグヘッドは、通常、カリフォルニア型のように吸込口に格子（グレート）をつけているものが多い。これは大きな異物等がポンプに吸込まれるのを防ぐ役割をすると共に、土砂の吸込性能を増大するといわれている。本実験ではベッド砂層もさほど硬くなく、また、異物の混入も考えられないのでグレートはつけていない。

ドラグヘッドのTOW部が上下に自由に動きうるもの、あるいは VISOR は、ヘッドと土面との間隔を小さくし、その結果流入速度が増大し、SCORING 効果が大となって土砂吸込性能が上がるといわれている。事実、ドラグヘッド吸込口への水流によって土砂粒子が運ばれるという土砂吸込機構を考えれば、吸込口での流入速度は大きい程よい。ここでとりあげたすべてのドラグヘッドに対し VISOR 等の効果を論ずることは時間的にも無理であるので、吸込口には可動部のない形状を採用した。

## 2.4 ドラグヘッドの接地条件

ドラグヘッドのベッドに対する接地条件は 図-2 のように決めた。ドラグアームの角度はベッド面に対し 35° に設定した。この角度は大体実船に近い条件である。

ドラグヘッドはドラグアームの先端にフランジで結合する構造をとったが、アームとヘッドの間にはゴムスリープがあり、またヘッド中央をばね秤で懸垂したので、ヘッドは多少上下左右に動きうる状態にあった。

このような状態にセットすると吸込口はほぼ土面に対し水平となる。実験ではドラグヘッドの安定性を増すた

めと、吸込口が土面に一様かつ水平に接地するようバランスウェイトをのせた。この意味で、バランスウェイトは接地圧とは関係なく、本条件下では接地圧は零である。

初期掘削土厚（ドラッグヘッドが土面下にもぐりこむ深さ）は吸込土量に直接関係する要因ではあるが、そのドラッグヘッドがもつ基本的性能は初期掘削土厚に関係しないと考え零とした。つまり、ヘッドは土面に接触して位置する状態に置かれた。

水深はオーバフローレベルで -22cm である。この基準水深は吸込ポンプ流量と供給水のバランスにより多少変動するが、実験範囲内の流量では、この水深でポンプが空気を吸込むなどといった支障は生じなかった。

### 2.5 走行速度

ドラッグヘッドの移動速度は、あるドラッグヘッドの吸込土量が最大となる理想的な船速を知る上で重量な因子である。筆者等は、ドラッグサクシオン浚渫船の最適浚渫速度を調べる実船試験を種々の条件下で行なった<sup>9)~11)</sup>。ドラッグサクシオン浚渫船の浚渫作業時における対地船速は、海底土質条件、ドラッグヘッド形状、船動力等により異なるものであるが、1.5~5 kt の範囲を越えることはないようである。

模型実験を行なう場合には相似律なる考えを必ず導入しなければならない。前にも述べたように、現在、ドラッグヘッドの浚渫機構等に対する適切な相似律はない（この問題はいずれ本研究シリーズでとりあげたいと考えている）。

ここでは、実船との関連はひとまず置いて、ドラッグヘッド移動速度がもつ土砂吸込性能への影響を調べることを目的に、次の5速度を選んだ。

$$V_H = 0, 0.051, 0.087, 0.132, 0.173 \text{ m/s}$$

実験は上記5速度につき、ポンプ流量を 0.05~0.4m<sup>3</sup>/min の範囲で変化させながら各々のドラッグヘッドの土砂吸込性能を調べ比較した。

## 3. 実験結果とその解析

### 3.1 ドラッグヘッド停止時における土砂吸込性能

#### (1) 掘削幅と掘削深さ

ドラッグヘッドを停止させた状態で土砂を吸込ませると、吸込口と土面との間隔が小さい間は高濃度の土砂水が吸込まれてゆくが、時間の経過と共に間隔が広がり、吸込まれる土砂の量も少なくなる。そしてある一定時間経過した後では、土砂はもはや吸込まれなくなり平衡状態に達する。平衡状態に達するまでの時間（平衡時間）

は、その時のポンプ流量と対象の土質によって決まる。本実験条件下では、平衡時間はすべて 10 分以内であった。

図-4 は平衡状態に達したときのベッドの掘削跡横断面形状を概略図示したものである。ポンプの流量が大きいと、写真-2 でもわかるように、掘削跡はほぼ円錐に近い形状となる。ところが流量が小さくなるにつれ吸込口の真下に波形の突出部が現われてくる。写真-3 はこれを見たもので、掘削跡の中央に月面の噴火口跡のような突出部が顕著に残っているのがよくわかる。この突出部の形状および土面における掘削跡形状はドラッグヘッドの辺比  $B/L$  に強く依存するようで、流量が小さいときは、吸込口形状に非常によく似た掘削跡が観察された。

このような掘削跡断面形状は、ドラッグヘッド吸込口での流速分布の状況を示唆するものといえる。写真-4 でもわかるように、土砂は吸込口、厳密には、吸込管のほぼ中央あたりからたつ巻状に吸込まれてゆく。図-4 の掘削跡形状をみてもその部分の流速が一番大きいことが想像できる。

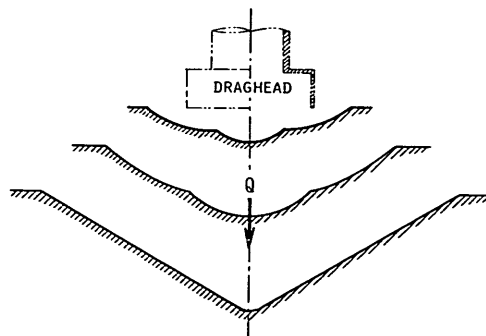


図-4 ドラッグヘッド停止時における掘削跡横断面形状



写真-2 ドラッグヘッド停止時における掘削跡 (流量大)

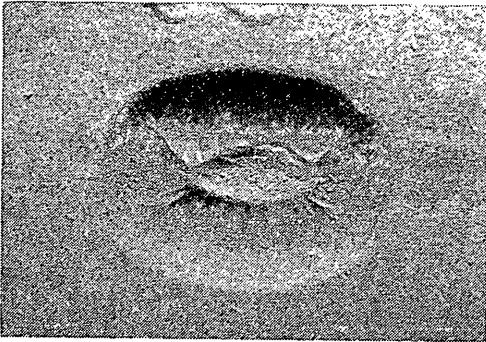


写真-3 ドラグヘッド停止時における掘削跡  
(流量小)

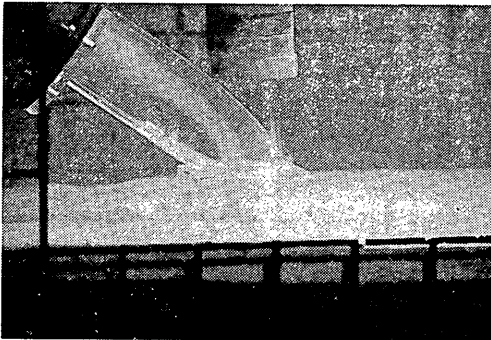


写真-4 ドラグヘッドの土砂吸込状況

さて、平衡状態に達したときの掘削跡形状、つまりドラグヘッドの横（幅）方向の掘削幅  $b$  と長さ方向の掘削幅  $l$ 、および掘削跡中央の掘削深さ  $Z_c$  がポンプ流量  $Q$  と共にどう変化するかをドラグヘッド毎に調べたのが図-5.1~5.5 である。ここで、掘削幅  $b$  あるいは  $l$  は、吸込口形状  $B$  あるいは  $L$  に強く依存するので、 $b/B$  あるいは  $l/L$  の無次元量として表わすことにした。

掘削幅  $b$  と  $l$  はいずれも流量  $Q$  の増加と共に増大し、掘削深さ  $Z_c$  も  $Q$  と共にほぼ直線的に増加している。HEAD No. H-1 と H-30 は辺比  $B/L=1$  であるから、 $b/B$  と  $l/L$  の値は図のように一致する。これは  $B/L=1$  の場合、吸込管の吸込口に対する位置はその中央であるから、吸込口での流速分布は  $B$  および  $L$  方向で対称となるからである。ところが、 $B \leq L$  の場合は、流速分布の対称性がなく、幅の狭い方向で流入速度が大きくなるので、明らかに、無次元掘削幅  $b/B$  あるいは  $l/L$  はその方向で大となっている。H-10~H-60 のグループで、H-30 を境に  $b/B$  と  $l/L$  の値が逆転しているのがこれを証明している。

つぎに、 $b/B$ 、 $l/L$ 、 $Z_c$  の絶対値が吸込面積比  $A_g/a_p$  にどのような影響を受けるかを考察しよう。いま、ポンプ流量一定で比較すると図-6.1 を得る。無次元掘削幅  $b/B$  と  $l/L$  は  $A_g/a_p$  が小さい程大きい値となるが、

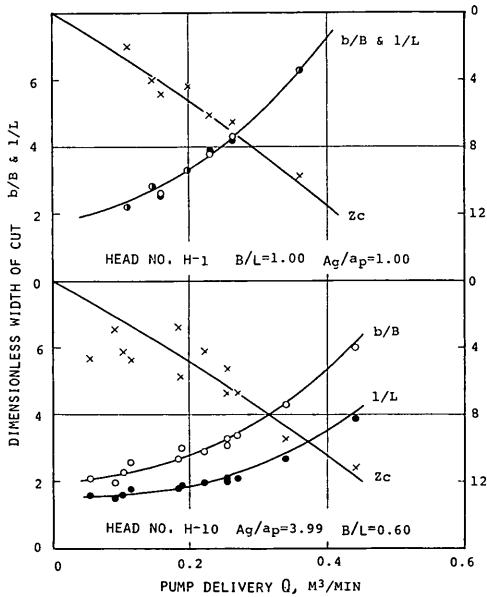


図-5.1 ドラグヘッド停止時における掘削幅と掘削深さ (HEAD No. H-1 と H-10)

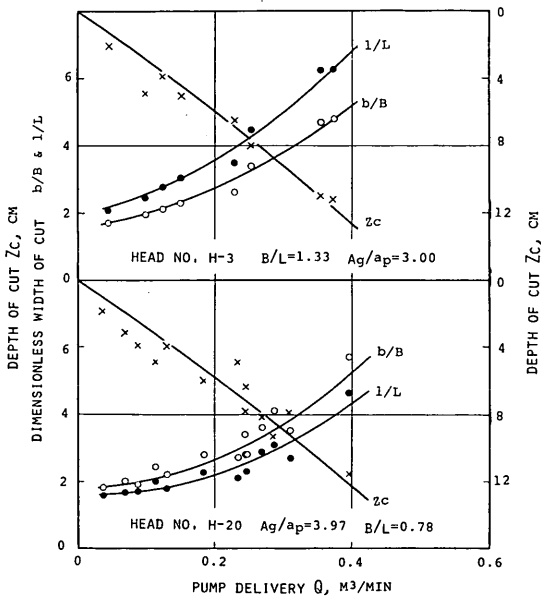


図 5.2 ドラグヘッド停止時における掘削幅と掘削深さ (HEAD No. H-3 と H-20)

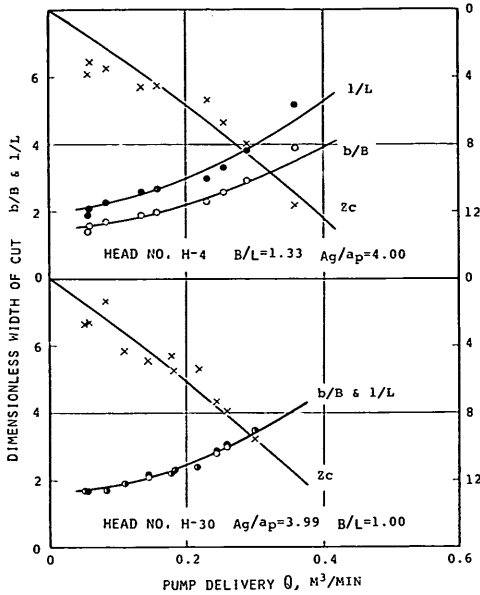


図-5.3 ドラッグヘッド停止時における掘削幅と掘削深さ (HEAD No. H-4 と H-30)

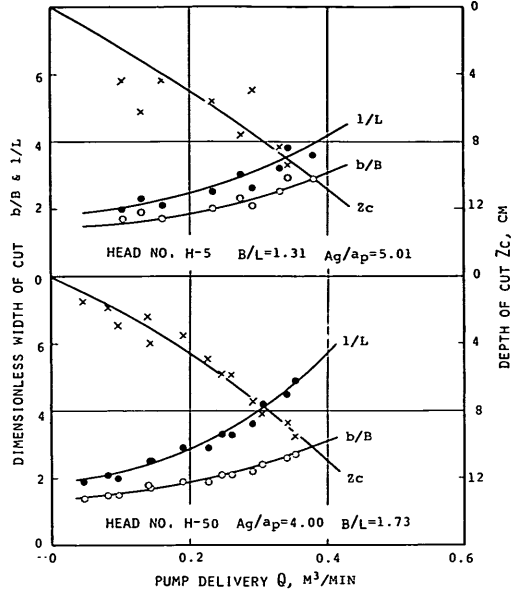


図-5.4 ドラッグヘッド停止時における掘削幅と掘削深さ (HEAD No. H-5 と H-50)

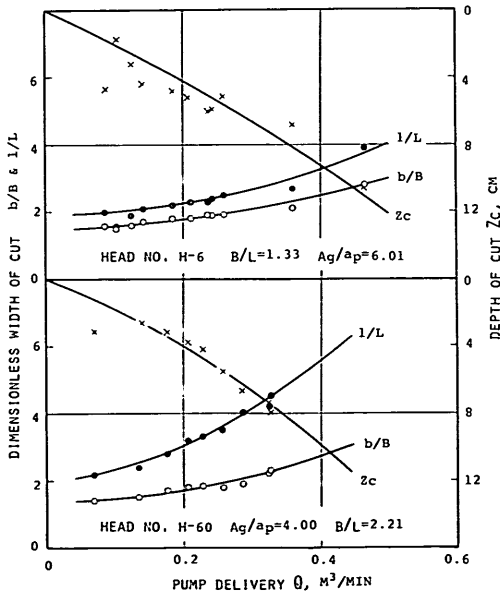


図-5.5 ドラッグヘッド停止時における掘削幅と掘削深さ (HEAD No. H-6 と H-60)

これは  $A_g/a_p$  が小さいということは、流量一定の場合、流入速度が大きいということになり、それだけ広範囲に土砂を吸込むことができるからである。

掘削深さ  $Z_c$  については、 $A_g/a_p \approx 3$  付近で最大となった。 $A_g/a_p < 3$  の範囲を破線で結んでいるのは、H-1の  $B/L$  が H-3~H-6 の  $B/L$  と異なるからである。

同様に、 $b/B$ ,  $l/L$ ,  $Z_c$  を辺比  $B/L$  に対し考察したのが図-6.2である。ここでは、 $B/L$  が小さくなると、すなわち、細長い形状のヘッドほど  $b/B$  は大きく、逆に  $l/L$  は小さくなる。この原因は先に述べた流速分布の非対称性が影響している。掘削深さ  $Z_c$  と  $B/L$  の関係では、 $B/L \approx 1$  の付近で  $Z_c$  の最大点が現われている。これらの傾向は流量が変わってもほとんど同じで、むしろ流量が大きい程顕著となっている。

(2) 限界吸込面積と掘削跡断面積および掘削量

限界吸込面積  $A_{cr}$  とは、平衡状態に達したときの掘削跡のベッド表面での大きさをいう。よって  $A_{cr}$  は、 $A_{cr}$  域以遠の土砂粒子は絶対に吸込まれることはないという吸込域の限界を表す面積である。限界吸込面積  $A_{cr}$  は、ドラッグヘッドの吸込口面積  $A_g$  に相関があるので、無次元量  $A_{cr}/A_g$  で表わした。

掘削跡断面積  $S_0$  は、 $B/L \neq 1$  のとき  $b/B \neq l/L$  であったから、ドラッグヘッドの  $B$  方向の断面積  $S_B$  と  $L$  方向の断面積  $S_L$  とは等しくない。この差は  $B/L$  が1より離れるほど著しくなるのは(1)で述べたとうりである。そこでここでは、掘削跡の平均断面積として

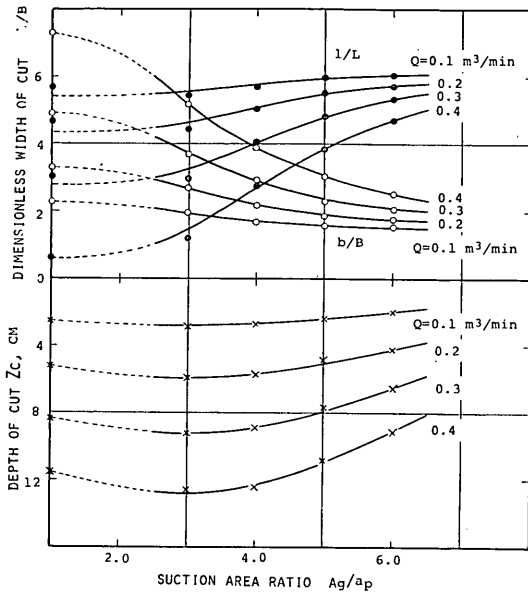


図-6.1 吸込面積比が掘削幅と掘削深さに及ぼす影響 (ドラグヘッド停止時)

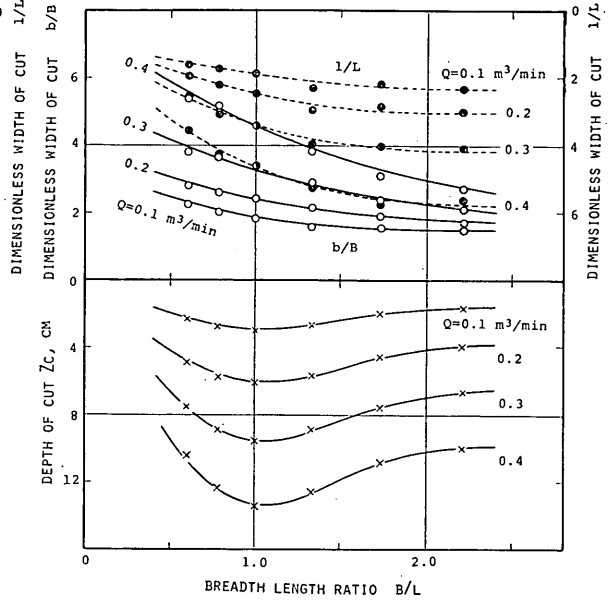


図-6.2 辺比が掘削幅と掘削深さに及ぼす影響 (ドラグヘッド停止時)

$$S_0 = (S_B + S_L) / 2$$

を考慮することにする。

掘削量の計算に際してもこれと同様のことが言える。

ここで取扱う掘削量  $G_0$  とは、 $S_B$  を基準に掘削穴が軸

対称の回転体と考えた場合の体積  $G_B$  と、 $S_L$  を基準に同様な方法で求めた場合の体積  $G_L$  との平均値

$$G_0 = (G_B + G_L) / 2$$

を意味する。

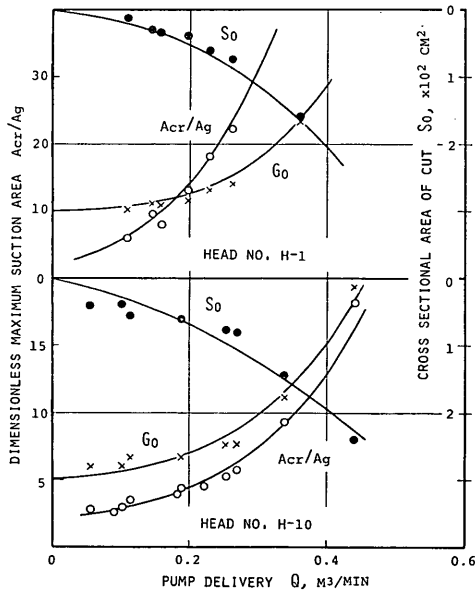


図-7.1 ドラグヘッド停止時における限界吸込面積、掘削跡断面積および掘削量 (HEAD No. H-1 と H-10)

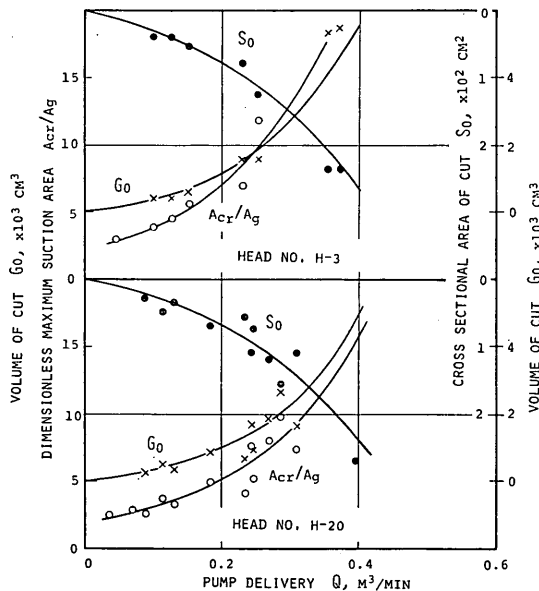


図-7.2 ドラグヘッド停止時における限界吸込面積、掘削跡断面積および掘削量 (HEAD No. H-3 と H-20)

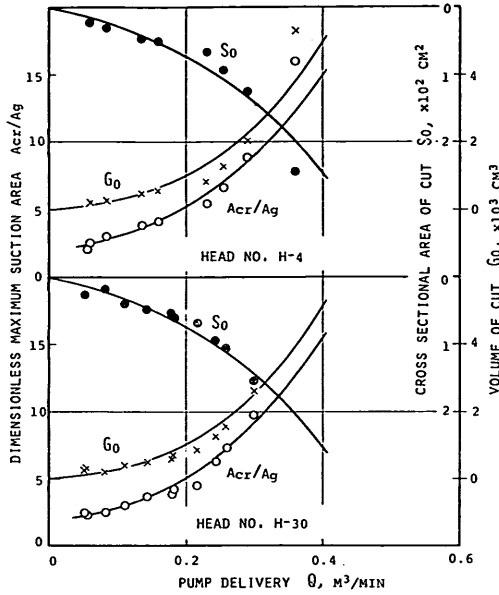


図-7.3 ドラッグヘッド停止時における限界吸込面積, 掘削断面積および掘削量 (HEAD No. H-4 と H-30)

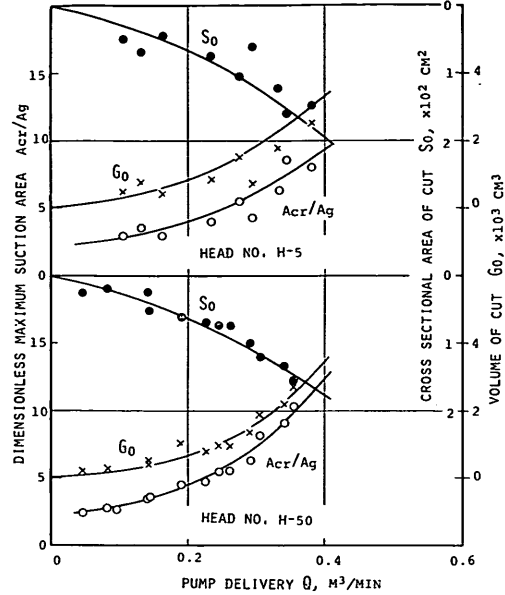


図-7.4 ドラッグヘッド停止時における限界吸込面積, 掘削断面積および掘削量 (HEAD No. H-5 と H-50)

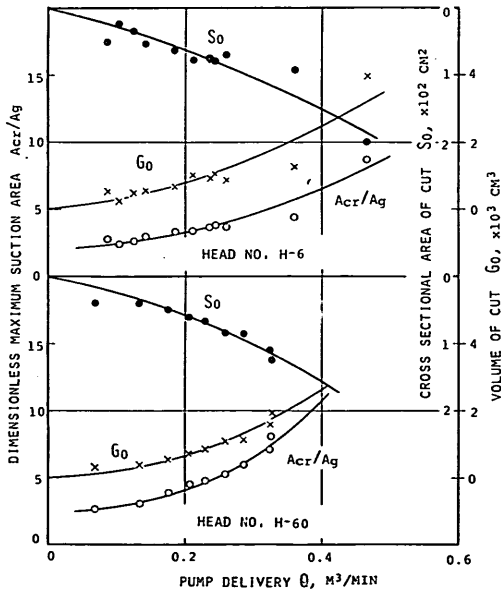


図-7.5 ドラッグヘッド停止時における限界吸込面積, 掘削断面積および掘削量 (HEAD No. H-6 と H-60)

このような考え方は, 特に流量が小さい領域で必要となるが, 流量が大きい場合は円錐形の体積と考へても大差はなかつた。

さて, ポンプ流量  $Q$  が無次元限界吸込面積  $A_{cz}/A_g$ , 掘削断面積  $S_0$  および掘削量  $G_0$  に及ぼす影響を各ドラッグヘッド毎に調べたものが 図-7.1~7.5 である。

いま, あるヘッドについてみると, 流量  $Q$  が増加すれば当然吸込口での流入速度  $U_0$  も増加するから, その結果として  $A_{cz}$ ,  $S_0$ ,  $G_0$  の各値も増加してゆくことを図は示している。

つぎに, 吸込面積比  $A_g/a_p$  がこれら変数に及ぼす影響を考察すると 図-8.1 のごとくなる。ポンプ流量  $Q$  =一定で比較すると, 無次元限界吸込面積  $A_{cz}/A_g$  は  $A_g/a_p$  が小さい程大きくなる。つまり, 吸込口での流入速度  $U_0$  に強く依存している。

ドラッグヘッドが停止時における掘削状況は, ドラッグヘッドというよりむしろサクシオンマウスによる掘削という方が好ましい。いずれにしても掘削量  $G_0$  が最も重要な数字となる。図-8.1 では  $A_g/a_p \approx 3$  で  $G_0$  が最大値をもつことが明らかとなった。

辺比  $B/L$  が  $A_{cz}/A_g$ ,  $S_0$  および  $G_0$  に及ぼす影響を調べると 図-8.2 のごとくなる。流量一定で比較すると, 3変数とも  $B/L \approx 1$  で最大値をもつ。吸込口での流

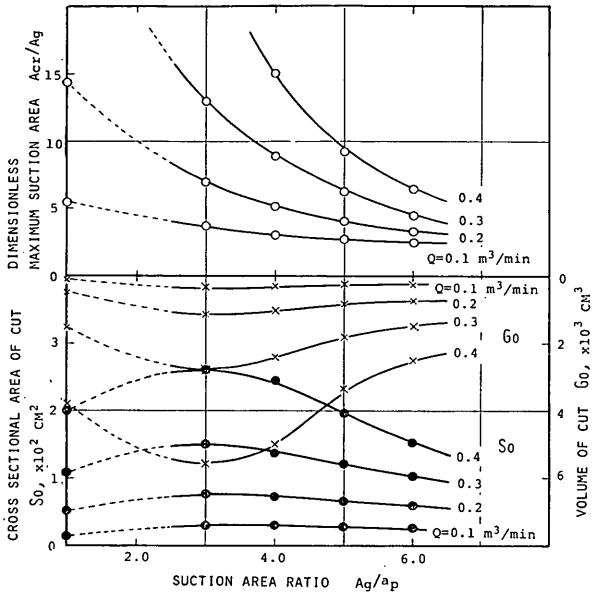


図-8.1 吸込面積比が限界吸込面積，掘削跡断面積および掘削量に及ぼす影響（ドラグヘッド停止時）

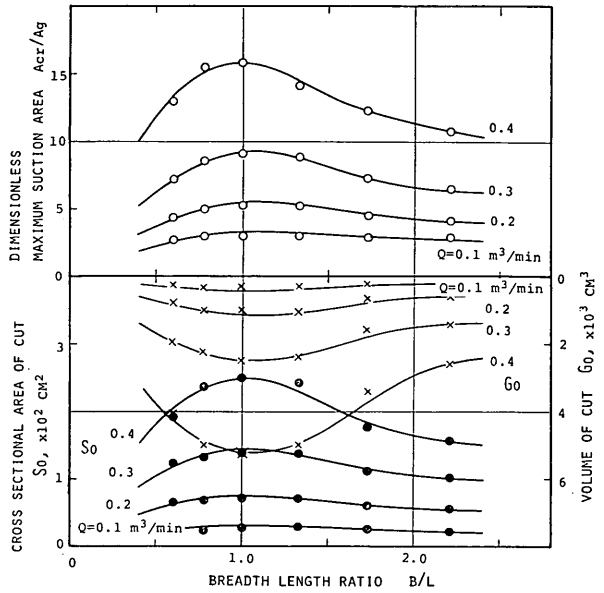


図-8.2 辺比が限界吸込面積，掘削跡断面積および掘削量に及ぼす影響（ドラグヘッド停止時）

速分布の対称性が掘削性能に大きな影響を及ぼすといえるであろう。

### 3.2 ドラグヘッド走行時における土砂吸込性能

#### (1) 含泥率と吸込土量

ドラグヘッドが速度  $V_H$  で移動すると、ベッド上の1点が吸込口の真下にある時間は  $L/V_H$  である。この時間は 3.1 で述べた平衡時間に比べて非常に短い。ドラグヘッドの土砂吸込性能とは、この  $L/V_H$  の時間内における吸込土砂量と供給土砂量とのバランスの問題と考えることができる。換言すれば、 $L/V_H$  を長くにとって深くから土砂粒子を吸上げた方が得か、あるいは  $L/V_H$  を短かくし、ベッドの表層の土砂のみを広く浅く吸込んだ方が得かの比較ともいえる。

ドラグヘッドを一定速度  $V_H$  で走らせながらポンプ流量  $Q$  を変え、吸込土砂水の吐出濃度  $C_V$  は 図-9.1 ~ 9.5 のごとく変化した。ここで、 $C_V$  は吐出土砂水の比重と砂粒子の真比重とから求めた真体積濃度である。どのドラグヘッドにおいても  $V_H$  = 一定の流量-濃度曲線は  $Q=0.1 \sim 0.15 \text{ m}^3/\text{min}$  の領域で最大となっている。

浚渫作業においては、含泥率そのものよりもむしろ単位時間に吸上げる浚渫土量が問題となる。そこで、吸込土量  $G_D$  を  $G_D = Q C_V$  より求め、図に点線の曲線でもって示した。流量  $Q$  の増加と共に吸込土量  $G_D$  は増加

してゆくが、その増加率は漸次減少しているので、 $G_D$  が最大となるある流量  $Q_0$  が存在するであろうことが推測される。

本実験条件下では既に最大点が現われた場合もあるが、ほとんどはまだ増加領域にある。

含泥率  $C_V$  および吸込土量  $G_D$  はドラグヘッド速度が大きい程大きな値となっている。

吸込面積比  $A_g/a_p$  および辺比  $B/L$  が吸込土量  $G_D$  に及ぼす影響を考察したのが 図-10.1 ~ 10.2 である。ドラグヘッド走行速度  $V_H$  とポンプ流量  $Q$  が一定の場合、 $A_g/a_p \approx 5$  で、また  $B/L \approx 1$  で  $G_D$  は最大となっている。この傾向は、 $V_H$  が変わっても、また  $Q$  が変わっても同様である。

図-10.1 と 図-10.2 を比較すると、 $B/L$  の変化より  $A_g/a_p$  の変化の方が  $G_D$  と及ぼす影響は大きいといえるであろう。辺比  $B/L$  に関する限り、 $B/L < 1$  よりも  $B/L > 1$  の方が、つまり細長い形状より幅広い方が土砂吸込性能の低下は小さく現われている。

#### (2) 掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積

ドラグヘッドが通過した後のベッドの掘削跡断面形状は、ポンプ流量  $Q$  の増加と共に 図-11 のように変わるのが観察された。流量が小さいときは、吸込口中央はやや浅く、吸込口縁においてもっとも深く掘れる。流量が

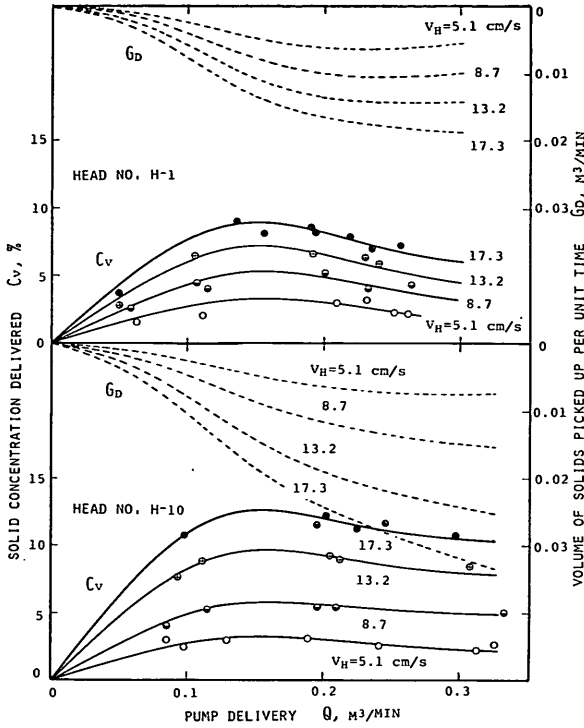


図-9.1 ポンプ流量に対する吐出含泥率と吸込土量の変化 (HEAD No. H-1 と H-10)

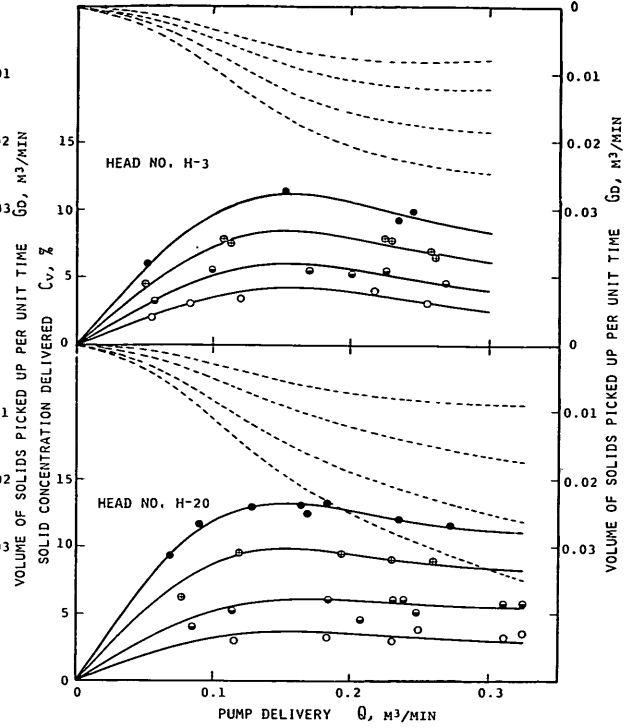


図-9.2 ポンプ流量に対する吐出含泥率と吸込土量の変化 (HEAD No. H-3 と H-20)

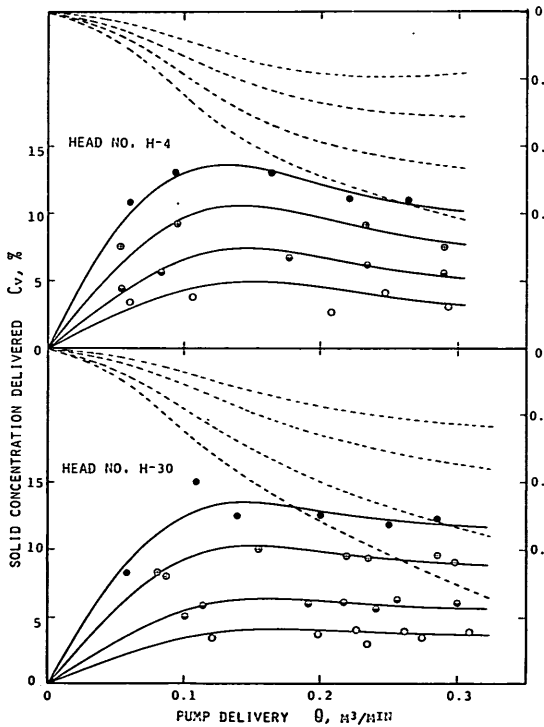


図-9.3 ポンプ流量に対する吐出含泥率と吸込土量の変化 (HEAD No. H-4 と H-30)

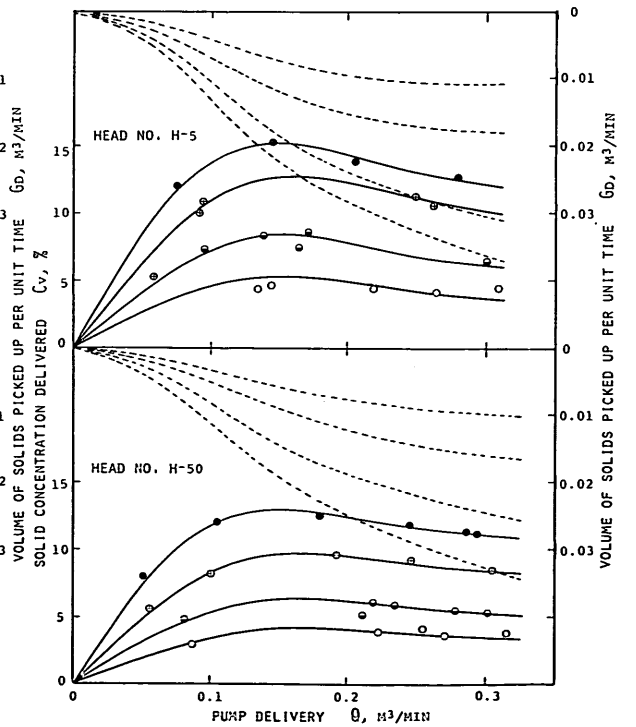


図-9.4 ポンプ流量に対する吐出含泥率と吸込土量の変化 (HEAD No. H-5 と H-50)



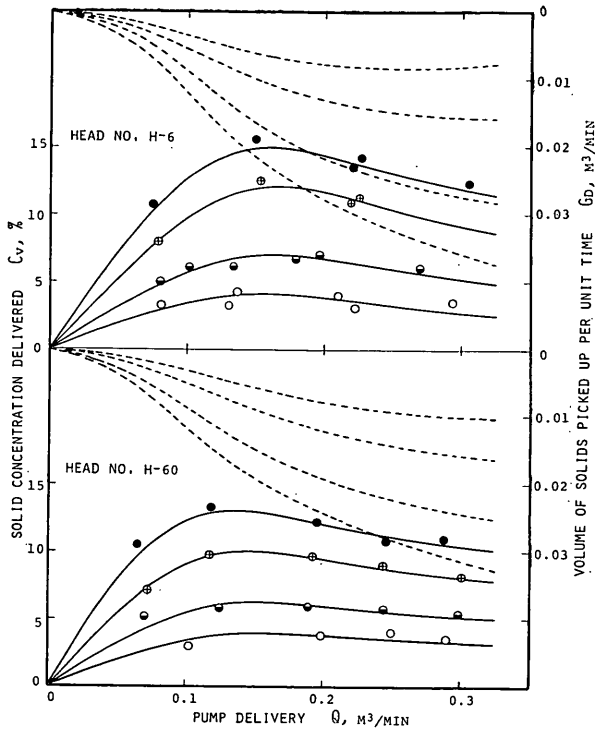


図-9.5 ポンプ流量に対する吐出含泥率と吸込土量の変化 (HEAD No. H-6 と H-60)

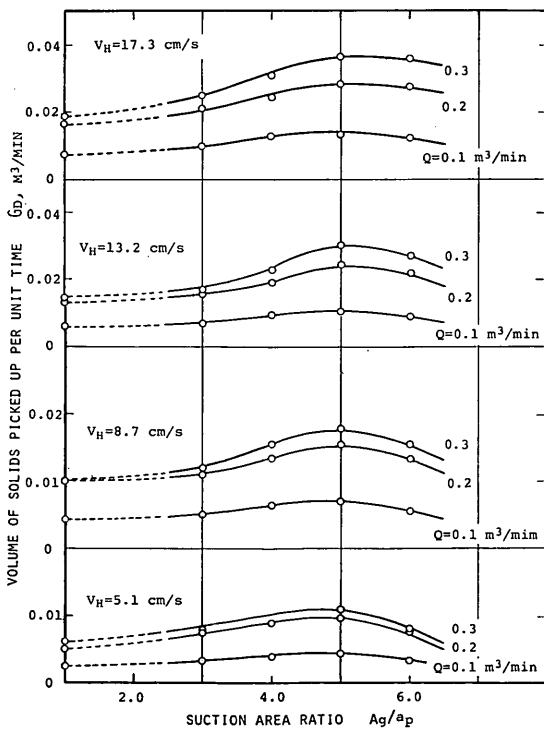


図-10.1 吸込面積比が吸込土量に及ぼす影響 (ドラグヘッド走行時)

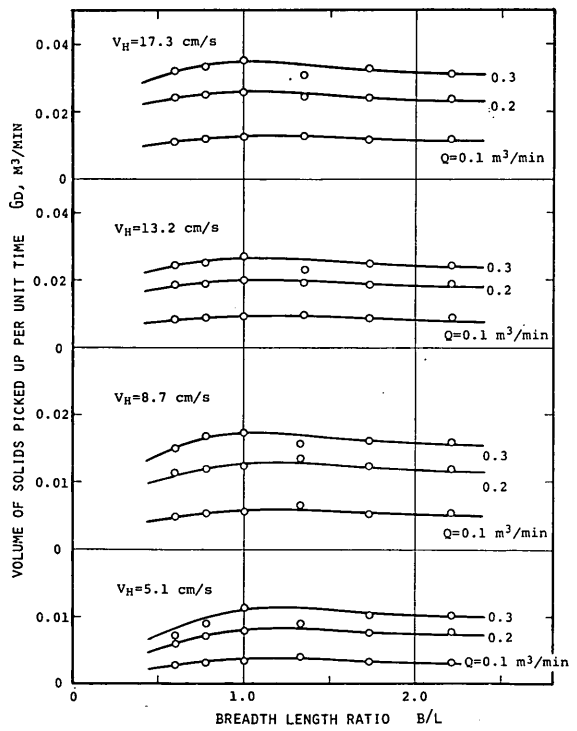


図-10.2 辺比が吸込土量に及ぼす影響 (ドラグヘッド走行時)

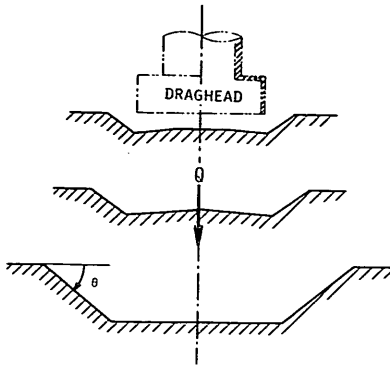


図-11 ドラグヘッド走行時における掘削跡横断面形状  
増すと中央の台地は減少し、ほぼ完全な形の台形断面となる。

掘削溝両側の斜面の傾斜は、流量および走行速度に関係なくほぼ一定で、図-12 のように  $\theta=37^\circ \pm 3^\circ$  の範囲に入っている。この角度は供試砂の水中での静止摩擦

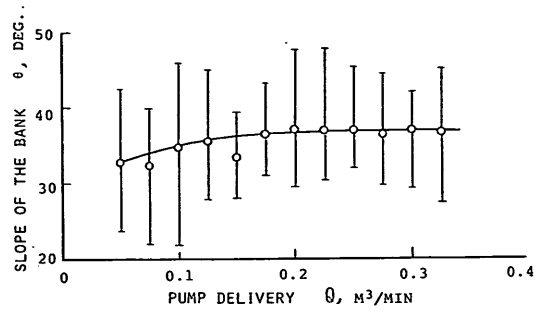


図-12 掘削跡両側の傾斜

角  $\phi=47^\circ$  より約  $10^\circ$  小さいので、斜面上の砂粒が斜面を滑り落ちゆくことはない。

ドラグヘッドの掘削跡が必ず台形に近い断面になるかどうかであるが、砂質土で粘性の小さい土質の場合は、文献(5)でも報告されているように、台形に近い断面形状に掘れるようである。

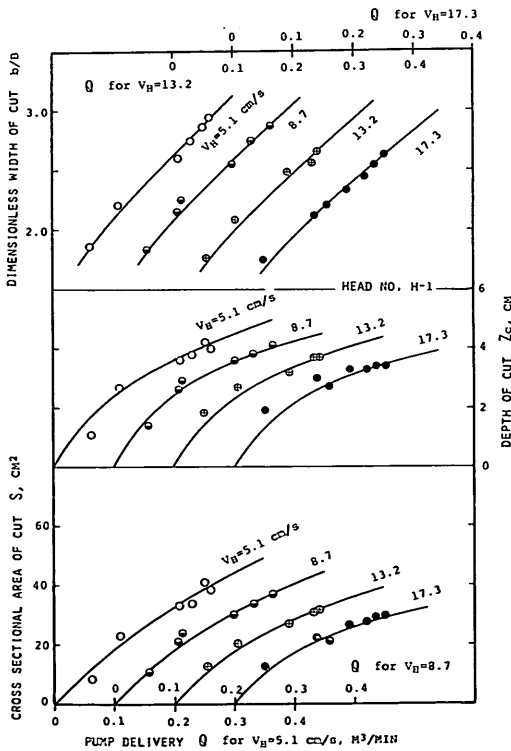


図-13.1 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-1)

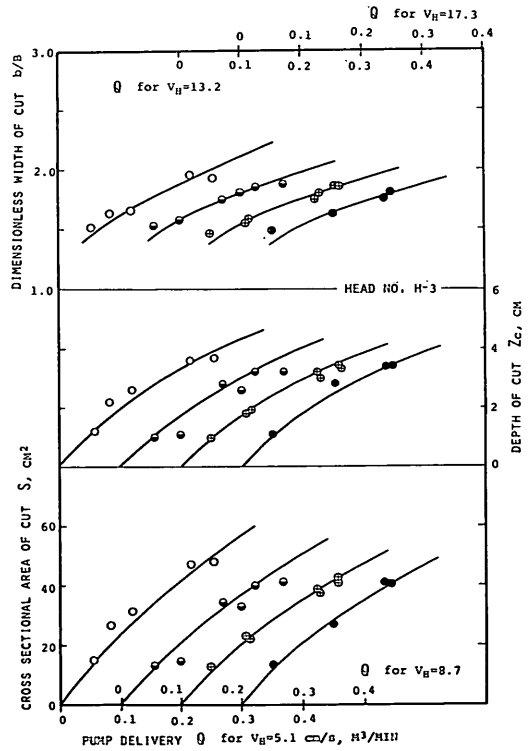


図-13.2 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-3)

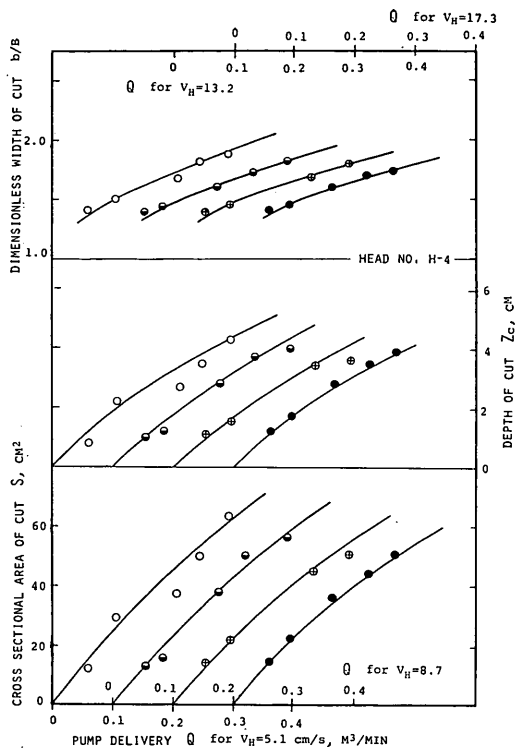


図-13.3 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-4)

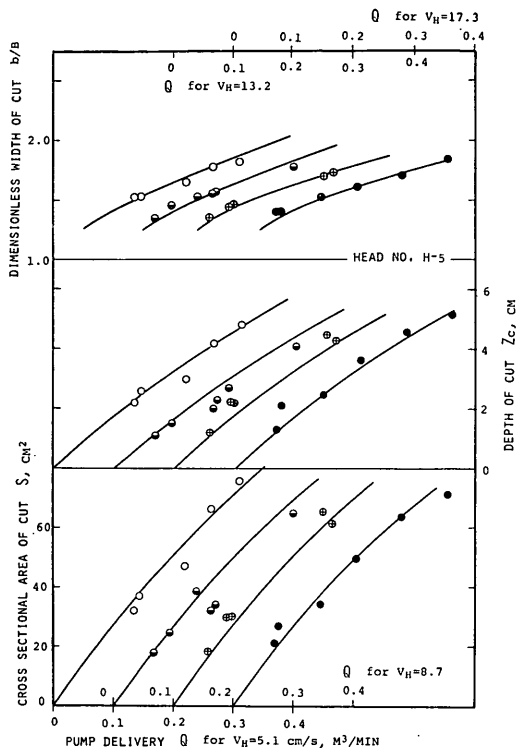


図-13.4 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-5)

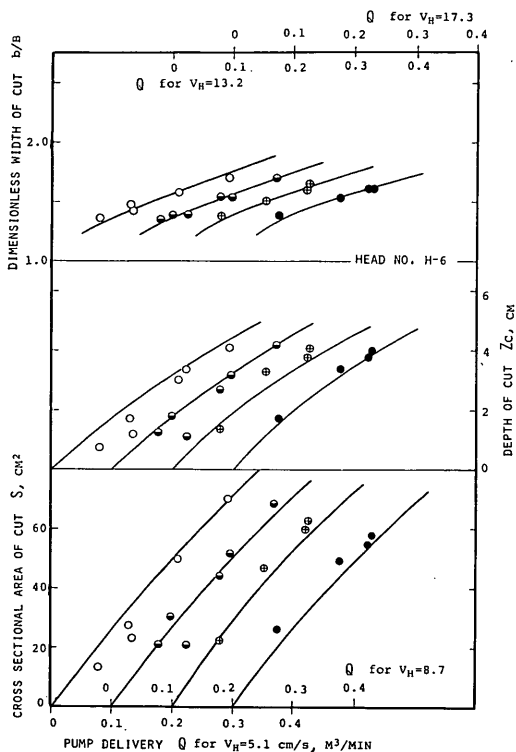


図-13.5 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-6)

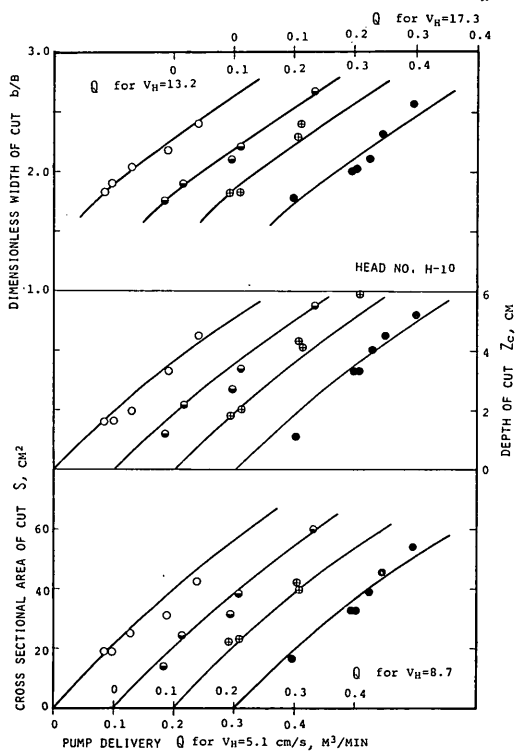


図-13.6 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-10)

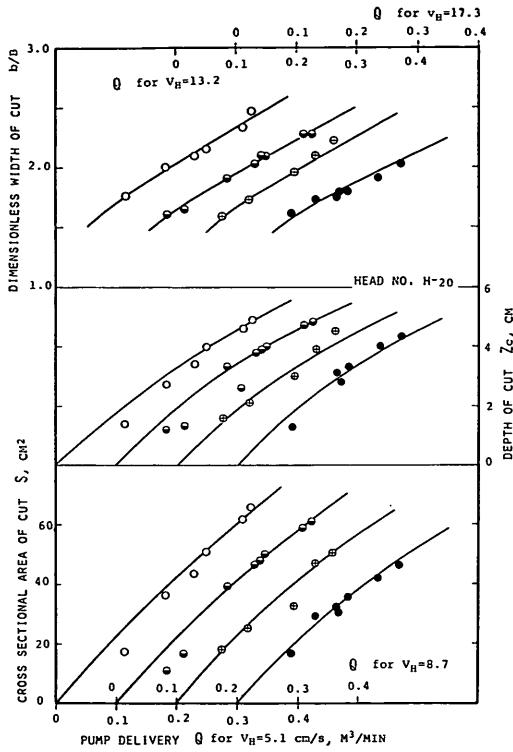


図-13.7 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-20)

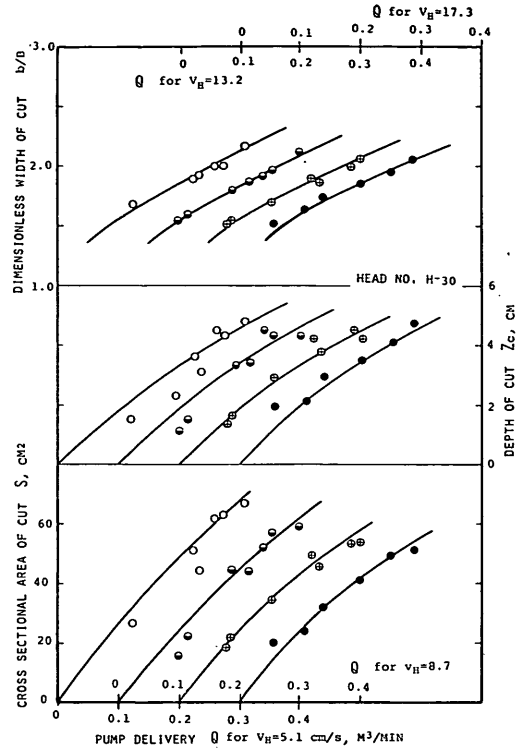


図-13.8 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-30)

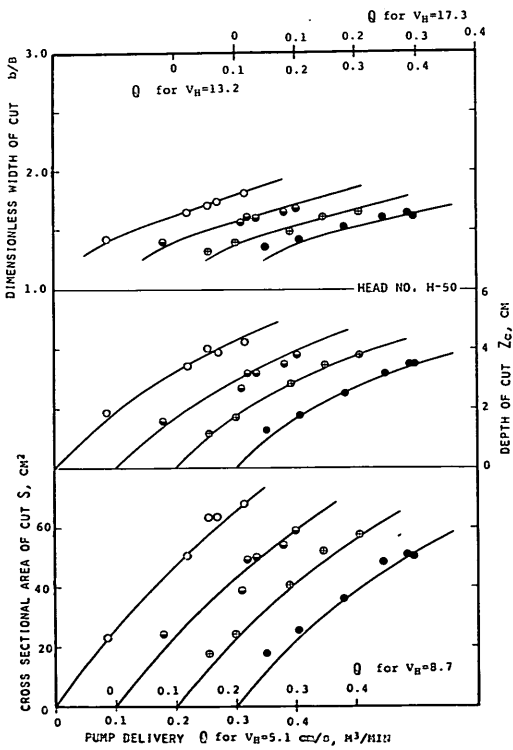


図-13.9 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-50)

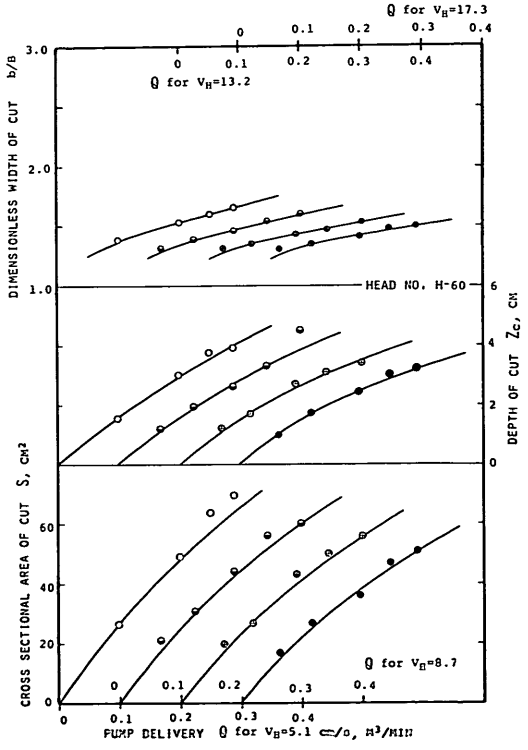


図-13.10 ドラグヘッド走行時における掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積 (HEAD No. H-60)

ドラッグヘッド走行時における無次元掘削幅  $b/B$  と掘削深さ  $Z_c$  および掘削跡横断面積  $S$  を各走行速度  $V_H$  別にまた各ドラッグヘッド別に調べたのが 図-13.1~13.10 である。ポンプ流量  $Q$  の増加と共に、 $b/B$ 、 $Z_c$ 、 $S$  とも増加しているが、図-5 および 図-7 でみたドラッグヘッド停止時の場合に比べると、その増加率は小さい。

図-14 では吸込面積比  $A_g/a_p$  と辺比  $B/L$  が掘削幅に及ぼす影響を、また 図-15 では掘削深さに及ぼす影響を調べ、走行速度別に示した。

図-14 で流量  $Q$  が一定のとき、 $A_g/a_p$  が小さいほど、また  $B/L$  が小さいほど  $b/B$  は大きくなっている。この理由は、ドラッグヘッド停止時の場合と全く同様、流入速度が大きくなっていくためである。

図-15 では、 $A_g/a_p$  が大きくなると、また  $B/L$  が小さくなると  $Z_c$  が増加してゆく様子が現われている。いずれの場合もドラッグヘッドの形状は  $L$  が長くなってゆく領域である。これは吸込口の影響下にある時間  $L/V_H$  が長くなることを意味し、したがって、それだけより深いところの土砂粒子を吸上げる率も増すことが考えられる。

つぎに、掘削土量の計算にも利用できるベッドの掘削跡横断面積  $S$  について考察しよう。

図-16 は吸込面積比  $A_g/a_p$  および辺比  $B/L$  が掘削跡横断面積  $S$  に及ぼす影響を各走行速度別に調べたも

のである。図からは、走行速度が変わっても  $A_g/a_p$  および  $B/L$  が  $S$  に及ぼす影響の一般的傾向は変わっていない。

流量  $Q$  が一定の場合、 $S$  は  $A_g/a_p \approx 5$  で、また  $B/L \approx 1$  で最大となっている。

いま、ベッド砂層の間隔率を  $p$  とすれば、吸込まれた土砂粒子の真体積  $G'_D$  は

$$G'_D = (1-p) V_H S$$

により求めることができる。この  $G'_D$  は (1) で求めた  $G_D$  と等しいはずであるから、 $V_H = \text{const}$  ならば、

$$G_D = G'_D \propto S$$

となり、図-16 の  $A_g/a_p$  または  $B/L$  に対する  $S$  の傾向は、図-10 の  $A_g/a_p - G_D$  および  $B/L - G_D$  の傾向と全く一致する。

### (3) 走行速度の影響

ここでは、ドラッグヘッドの走行速度が土砂吸込性能に及ぼす影響を述べる。これまでの考察で、各ドラッグヘッドの土砂吸込性能は、絶対値の差のみでその傾向は変わらないことがわかっているため、ドラッグヘッドの第1グループと第2グループで最高の性能を示した HEAD No. H-5 と H-30 をとりあげることとする。

まず、図-9 より走行速度  $V_H$  に対する含泥率  $C_V$  と吸込土量  $G_D$  の変化を考察する。図-17 はその結果を示

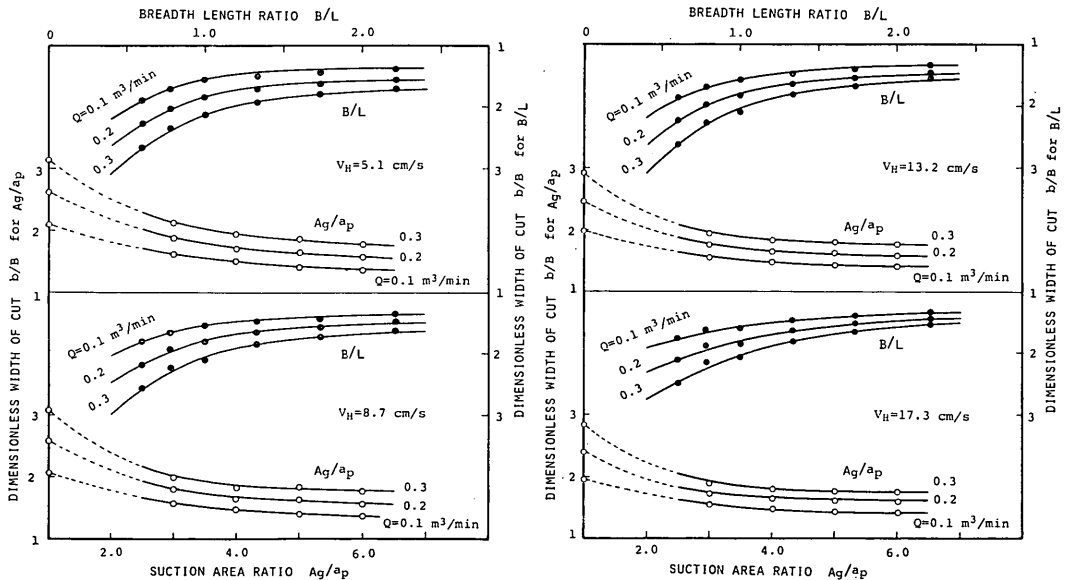


図-14 吸込面積比および辺比が掘削幅に及ぼす影響 (ドラッグヘッド走行時)

ドラグヘッドに関する研究 (第1報)

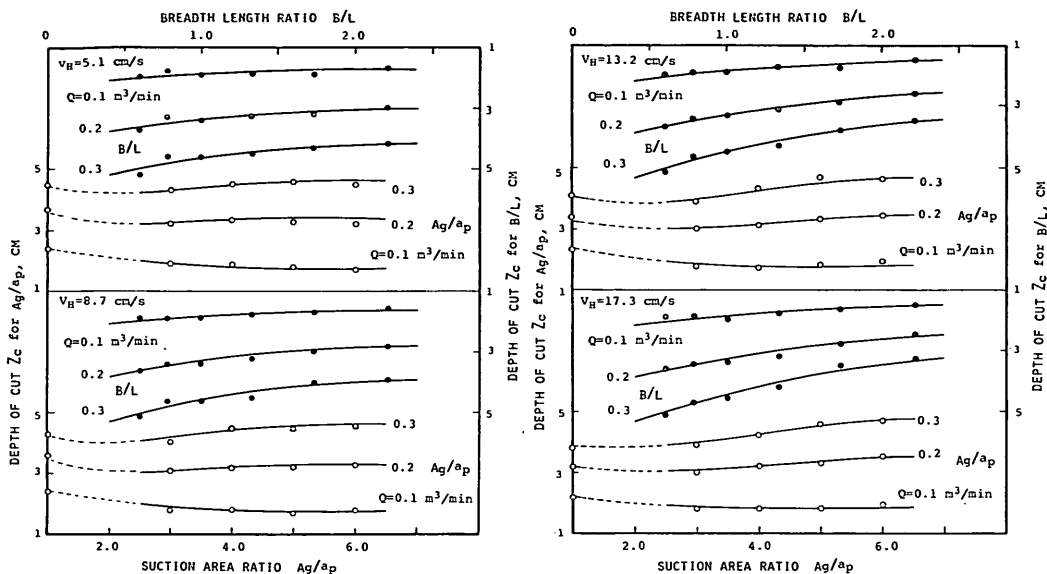


図-15 吸込面積比および辺比が掘削深さに及ぼす影響 (ドラグヘッド走行時)

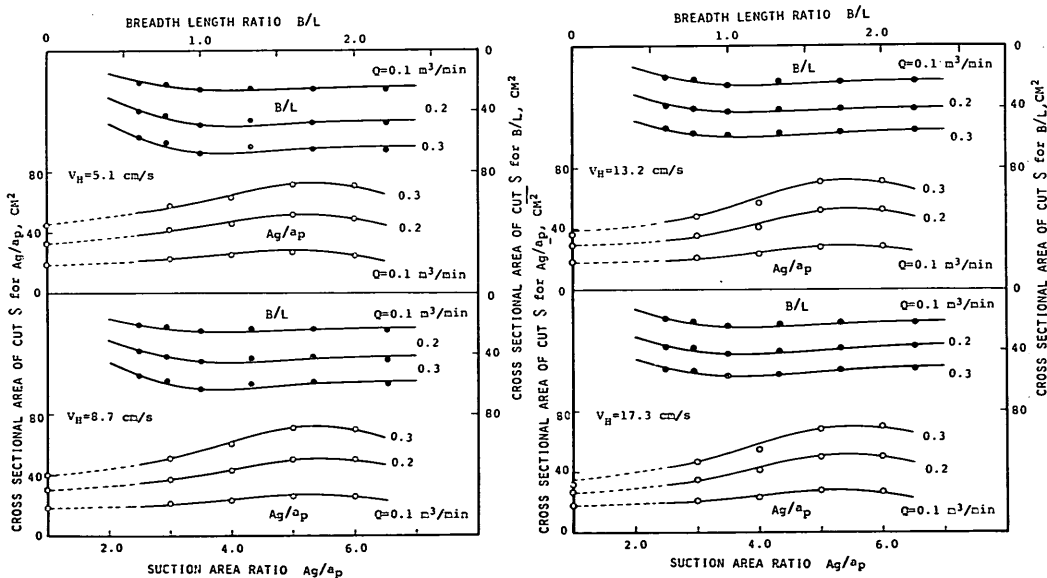


図-16 吸込面積比および辺比が掘削断面積に及ぼす影響 (ドラグヘッド走行時)

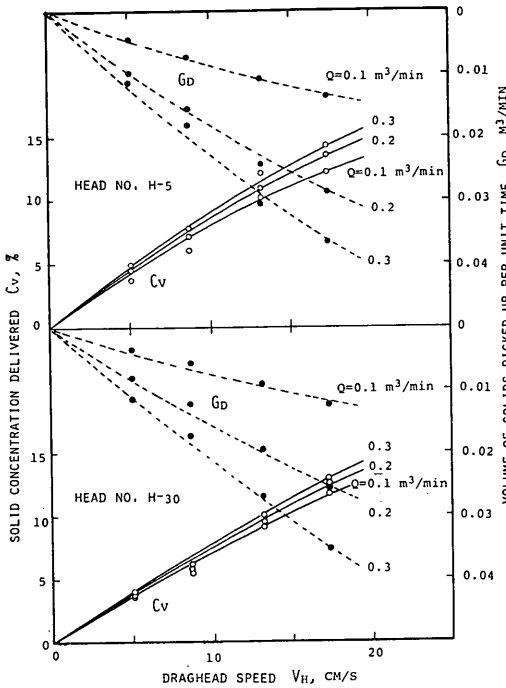


図-17 ドラグヘッド走行速度が土砂吸込性能に及ぼす影響

すもので、 $C_v$ 、 $G_D$ とも本実験の速度範囲では単調増加の状態にある。これより、あまり硬く締っておらず、しかも粘着力の小さい砂質土では、ドラグヘッドは速く移動した方が、換言すれば、浅く広く掘った方が効率はよ

いということが言えよう。

図-17で  $V_H=0$  のとき  $G_D=0$  としたがこれはつぎの理由による。 $V_H=0$  のときの掘削土量は 図-7 または 図-8 から求めることができるが、図-17で問題としている吸込土量は単位時間当りのそれである。したがって、 $V_H=0$  における掘削土量を平衡時間で割ったものがこの場合の平均「単位時間当り吸込土量」となるが、平衡時間は比較的長いので、 $V_H=0$  での単位時間当り吸込土量は非常に小さいと考えることができる。

図-18 は、ドラグヘッド走行速度と共に掘削幅、掘削深さおよび掘削跡横断面積がどう変わるかをみたものである。少なくとも本実験条件下では、 $V_H$  の影響は顕著でなく、流量のみに絶対値が依存するという事は興味ある点である。

ところで、ドラグヘッドが吸込んだ土砂量  $G_D$  は、ポンプ流量  $Q$  と土砂水濃度  $C_v$  とから求めることができる。一方、掘削跡横断面積  $S$  とドラグヘッドの走行速度  $V_H$  とからも求めることができるのは前述のとうりである。図-19はこの両者の比較を行なったもので、ここでは、ベッド砂層の間隙率は  $p=0.425$  とした。

$Q < 0.1 \text{ m}^3/\text{min}$  の領域で一般に  $G'_D = (1-p) V_H S$  が  $G_D = Q C_v$  より大きく出た。これは次のように説明されるであろう。ポンプ流量が小さくなるとベッドの砂粒は吸込管内に吸上げられてはゆくが、その一部は吸込管内あるいはポンプ内に堆積し吐出されなかったためである。事実、実験終了後ポンプ流量を少し増すと、かなりの量の砂が吐出するのが観察された。

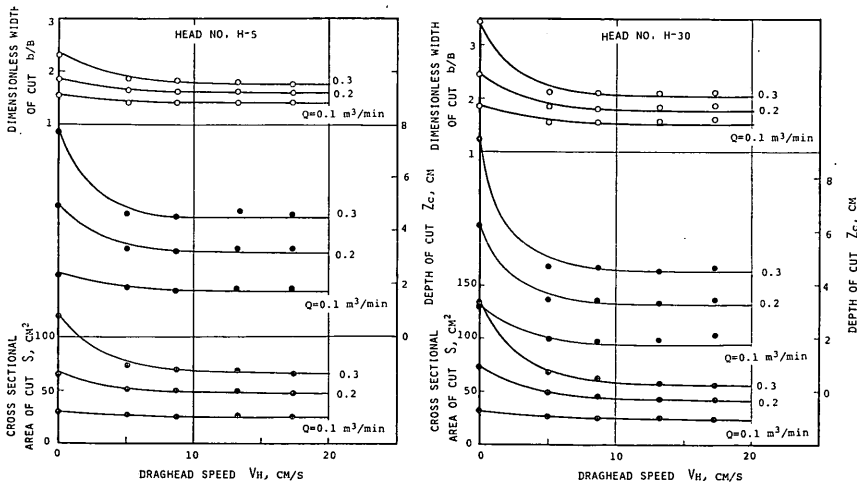


図-18 ドラグヘッド走行速度が掘削幅と掘削深さおよび掘削跡横断面積に及ぼす影響

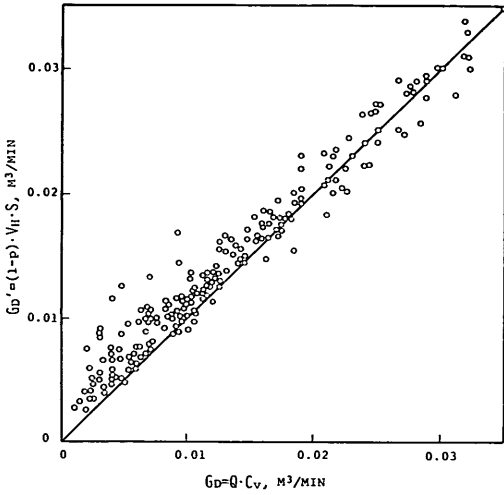


図-19 吸込土量  $G_D$  と  $G'_D$  の比較

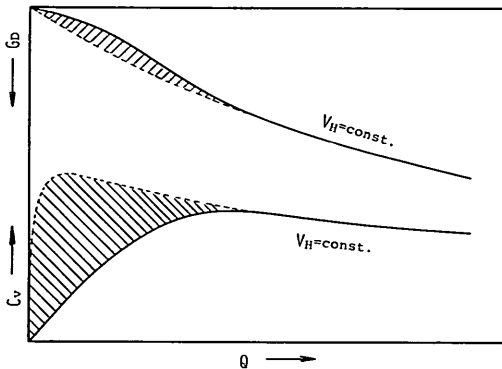


図-20  $Q$  に対する  $C_V$  および  $G_D$  の一般的傾向

$V_H$ 一定のときの  $Q-C_V$  関係あるいは  $Q-G_D$  関係は一般に図-20の実線ごとくになったが、もし吸上げられた砂粒がすべて完全に吐出されるとすれば、 $Q-C_V$  曲線は図の点線のごとく補正されるであろう。いまこの補正された濃度を用いて吸込土量の計算をすると、同図の点線で示した  $Q-G_D$  関係が得られるはずである。ここに現われた斜線部の土量の差が図-19にも現われているのである。

補正を行なった  $Q-G_D$  曲線は2次曲線で近似できるので、いまその方程式を

$$G_D = aQ^2 + bQ \quad (a < 0)$$

とおくと、 $G_D$  は  $Q = -b/2a$  の点で最大値  $G_D = -b^2/4a$  をもつ。

HEAD No. H-5 と H-30 に対し係数  $a$  および  $b$ ,

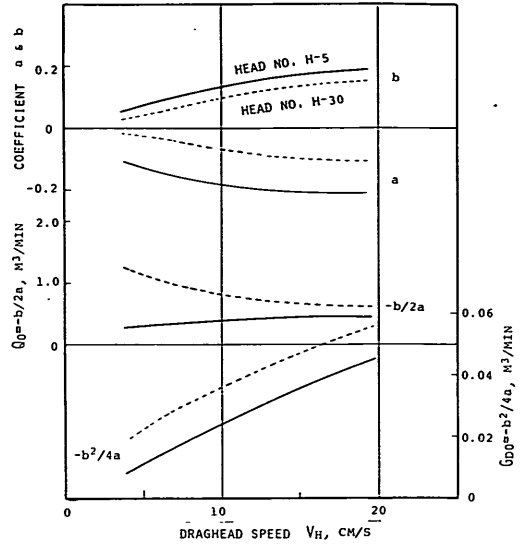


図-21 ドラッグヘッド走行速度に対する吸込土量最大点の変化

そして吸込土量が最大となる流量  $Q_0$  とその時の吸込土量  $G_{D0}$  を各走行速度につき求めると図-21のごとくなる。

このように、係数  $a, b$  はいずれも吸込面積比、刃比走行速度等の関数となっている。

#### 4. 最適基礎形状とその土砂吸込性能

3.1 ではドラッグヘッド停止時に吸込土量が最大となる最適形状が、また3.2ではドラッグヘッド走行時における最適形状がつきのように求まった。

ドラッグヘッド停止時  $A_0/a_p \approx 3, B/L \approx 1$

ドラッグヘッド走行時  $A_0/a_p \approx 5, B/L \approx 1$

刃比から最適形状を考えれば、吸込口での流速分布の対称性を考慮した形状が良いということになる。その意味では、円形のサクシオンマウスが優れているという結論が得られよう。

移動しないサクシオンマウスに対しては、これは妥当な結果と思われるが、走行させるドラッグヘッドに対しては初期掘削土厚の問題もあり、実験を行なってみないとその優劣は判らない。

走行時の最適吸込面積比が停止時の約2倍という結果について考えてみると、走行時には  $L/V_H$  が土砂吸込に重要な影響をもつということが言える。

ここで、ドラッグヘッドの土砂吸込性能を表わすため



に、掘削幅、掘削深さ、掘削量等を数式化する。

まず、ドラグヘッド停止時における無次元掘削幅  $b/B$  と限界吸込面積  $A_{cr}/A_g$ 、および走行時における無次元掘削幅  $b/B$  は一般に次式で表すできた。

$$b/B = m_b \exp(n_b Q) \quad (1)$$

$$A_{cr}/A_g = m_A \exp(n_A Q) \quad (2)$$

ここで、 $(m_b, n_b)$ 、 $(m_A, n_A)$  は吸込面積比  $A_g/a_p$ 、辺比  $B/L$ 、走行速度  $V_H$  の関数となることは既に考察したところであるが、更にこの外、ドラグヘッドの初期掘削土厚  $\delta$ 、およびベッド土質  $\beta$  等の関数にもなると考えられる。すなわち、

$$m = f(A_g/a_p, B/L, V_H, \delta, \beta) \quad (3)$$

$$n = g(A_g/a_p, B/L, V_H, \delta, \beta) \quad (4)$$

いま、ドラグヘッド停止時に対しては H-3 と H-30 につき、また走行時に対しては H-5 と H-30 につき式 (1)、(2) の各係数を求めると表-3 および表-4 となる。

式 (1) は長さの dimension をもち、式 (2) は面積の dimension をもつから、式 (1) の両辺を 2 乗すると

$$(b/B)^2 = m_b \exp(2n_b Q)$$

となり dimension は  $[L]^2$  となる。表-3 の値を調べると  $2n_b \approx n_A$  で、式 (1)、(2) の表示が妥当であることを示している。

ドラグヘッド走行時は、指数  $n_b$  は停止時の約  $1/2$  となっている。

掘削深さ  $Z_c$  は停止時、走行時とも次式で表わせた。

$$Z_c = m_Z Q^{n_Z} \quad (5)$$

ここにおける係数  $m_Z, n_Z$  も式 (3)、(4) の関数関係をもつ。本実験での  $m_Z, n_Z$  の値は表-3 および表-4 のごとくになった。

ドラグヘッド停止時における掘削量  $G_0$  は

$$G_0 = m_G Q^{n_G} \quad (6)$$

で表わされ、各係数の値は表-3 のごとくであった。

ドラグヘッド走行時における掘削土量  $G_D$  は前述のごとく、

$$G_D = m_G Q^2 + n_G Q \quad (7)$$

もしくは、掘削跡横断面積  $S$  と走行速度  $V_H$  で表わした

$$G'_D = (1-p) V_H S \quad (8)$$

により求めることができる。

ここで、掘削跡横断面積  $S$  は近似的に次式で表わすことができた。

$$S = m_s Q^{n_s} \quad (9)$$

式 (7) の  $(m_G, n_G)$ 、式 (9) の  $(m_s, n_s)$  とも式 (3)、(4) の関数関係をもっている。HEAD No. H-5 と H-30 に対する  $m_s$  と  $n_s$  の値は表-4 となった。

表-3 ドラグヘッド停止時における掘削跡実験式の係数と指数

HEAD No.	実験係数		掘削幅		掘削深さ		限界吸込面積		掘削量	
	$m_b$	$n_b$	$m_Z$	$n_Z$	$m_A$	$n_A$	$m_G$	$n_G$		
H-3	1.40	3.34	33.2	1.07	2.05	6.15	26,700	1.88		
H-30	1.35	3.12	33.6	1.05	1.59	5.86	25,500	1.93		

表-4 ドラグヘッド走行時における掘削跡実験式の係数と指数

HEAD No.	実験係数 $V_H$ cm/s	掘削幅		掘削深さ		掘削跡横断面積	
		$m_b$	$n_b$	$m_Z$	$n_Z$	$m_s$	$n_s$
H-5	5.1	1.22	1.41	13.0	0.86	209	0.89
	8.7	1.22	1.37	13.0	0.89	203	0.88
	13.2	1.26	1.16	13.5	0.87	202	0.87
	17.3	1.27	1.08	13.0	0.86	195	0.88
H-30	5.1	1.34	1.53	12.1	0.80	191	0.86
	8.7	1.32	1.53	12.5	0.83	173	0.85
	13.2	1.35	1.46	11.6	0.78	150	0.79
	17.3	1.40	1.31	11.7	0.77	138	0.75

## 5. あとがき

本報告は、ドラグヘッドに関する研究の第一歩であり、内容ももっとも基礎的なものである。この種の研究成果が実用分野への応用に供されるためには、より現状に近い条件での研究がなされねばならないことはいうまでもない。

現在、ドラグサクシオン浚渫船の浚渫作業で問題とされているのは、硬砂質土に対する能力の問題である。この問題を研究するにあたっては、まず模型ベッド砂層の質を考え直さなければならない。本報告では、比較的ルーズな粘着力のほとんどない砂ベッドによる実験結果が述べられているが、今後はもう少し粒径の小さいシルト分を含む細砂を用いた実験を行なう計画をしている。

また、ドラグヘッドの土砂吸込性能に影響を及ぼすであろう因子は多数考えられるが、本研究シリーズでは、そのうちの代表的なそして支配的な要因に関するテーマをいくつか選定し、ドラグヘッドの浚渫機構の解明を進めたいと思っている。 (1973年9月29日受付)

### 参考文献

- 1) Hensen, W., Kobus, H., and Salzmann, H., 「ドラグサクシオンヘッドに関する試験」, 第22回国際航路会議, (PIANC 1969, 6/15-21, Paris, France).
- 2) Hadjidakis, A., "Increasing the output of trailing dragheads when working in compacted fine sand", Mineral Technological Institute, Delft.
- 3) Witt, W., "Pressure water supplied trailing suctionheads", paper presented at the World Dredging Conference, New York, 5/6-8, 1967.
- 4) Witt, W., "Fortschritte der Bagger-und Schiffbautechnik beim Hopperbagger" Ludwig Franzius" der Wasser-und Schifffahrtsverwaltung", Schiff and Hafen, pp. 676-684, Heft 8/1965.
- 5) Franco, J. J., "Model study of hopper dredge dragheads". U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, Jan., 1967.
- 6) 岩垣雄一, 「限界掃流力の流体力学的研究」, 土木学会論文集, 第41号, pp. 1~21, 1956.
- 7) 岩垣雄一, 土屋義人, 「砂面上におかれた礫の限界掃流力について」, 土木学会論文集, 第41号, pp. 22~38, 1956.
- 8) 横田 章, 山田則行, 「海底砂鉤採取機に関する基礎的研究 (第1報 単純吸込管による薄層漂砂鉤の採取可能範囲)」, 日本鉤業会誌, 第85巻980号, pp. 979-985, 12/1969.
- 9) 松田 任, 他, 「第一特浚丸の浚渫試験報告」, 港湾技研資料, No. 123, 6/1971.
- 10) 松田 任, 他, 「第一特浚丸における掘削用ジェットおよび爪の効果」, 港湾技研資料, No. 141, 6/1972.
- 11) 近藤 基, 他, 「第一特浚丸の硬砂質土浚渫時における能力と負荷」, 港湾技研資料, No. 168, 9/1973.

# 港湾技術研究所報告 第12巻 索引

論文名・著者

巻号 頁

## 水工部

移動床模型実験用底質材料としての石炭粉の特性について

.....田中則男・新保 修.....12 1 3~ 57

超音波式波高計について.....高橋智晴・佐々木 弘・菅原一晃・鈴木禧実.....12 1 59~ 82

前面に遊歩道を持つ海浜護岸について

——越波性からの断面形の検討——.....服部典節・佐藤昭二.....12 3 71~ 98

波と流れによる砂移動に関する実験.....田中則男・小笹博昭・小笠原 昭.....12 4 3~ 22

## 海洋水理部

東京湾口航路潮流模型実験.....金子安雄・堀江 毅・上野信行・久保正則.....12 1 83~121

衝撃砕波圧を受ける混成防波堤の挙動に関する考察.....合田良実.....12 3 3~ 29

防波堤の設計波圧に関する研究.....合田良実.....12 3 31~ 69

大阪湾の潮流と物質拡散に関する研究.....金子安雄・堀江 毅・村上和男

上野信行・久保正則.....12 3 99~201

楕円柱体近似による固定船体に働く波力の理論および実験

.....合田良実・高山知司・笹田 正.....12 4 23~ 74

## 土質部

過圧粘土の圧密特性.....中瀬明男・小林正樹・兼近明男.....12 1 123~139

空港アスファルト舗装のわだちぼれ.....森口 拓・浅島豊明・渋谷英男.....12 4 75~130

連続載荷方式による急速圧密試験

.....梅原靖文・松本一明・成田 実・梅田裕史.....12 4 131~170

## 構造部

港湾における既設鋼構造物の腐食に関する研究.....善 一章.....12 1 141~194

大型荷役機械を上載する棧橋の振動性状.....稲富隆昌・林 聡・山下生比古.....12 2 3~ 32

海岸堤防の大型振動実験と円形すべり安定計算 (第2報)

——砂質粘土からできた堤体の場合——

.....野田節男・土田 肇・倉田栄一.....12 2 33~ 61

地盤内の地震動分布に関する研究 (第1報)

——粘土地盤における地震動の観測と解析——

.....荒井秀夫・岩淵守義.....12 2 63~ 83

## 索 引

沈埋トンネルと地盤の相互作用に関する実験的研究 (第2報)			
——断層, 不等沈下による影響——	中野拓治・田淵民雄・青木義典	12 2	85~108
長期間海水作用を受けたコンクリートはりのひびわれと内部鉄筋の腐食について			
	関 博	12 3	203~225
各種地盤における平均応答スペクトル			
	土田 肇・倉田栄一・石坂徳三・林 聡	12 4	171~199
太径鉄筋を用いたコンクリートはりのひびわれ			
	関 博	12 4	201~231

### 設計基準部

雑貨埠頭の上屋・倉庫のシステム設計 (第2報)	早藤能伸・工藤和男	12 3	227~244
-------------------------	-----------	------	---------

### 機 材 部

模疑岩盤 (モルタル) の掘削抵抗について	石塚浩治	12 1	195~220
細砂送流時における濃度分布および流速分布について			
	是石昭夫・八木得次・奥出 律	12 3	245~259
エアリフトの揚水特性について			
	岡山義邦・八木得次	12 3	261~279
ドラグヘッドに関する研究 (第1報)			
——ドラグヘッドの基礎的形状について——			
	八木得次・奥出 律・是石昭夫	12 4	233~257

# Index of Report of P.H.R.I. Vol. 12

	Vol. No.	pp.
<b>Hydraulics Division</b>		
The Properties of Coal Grains as Bed Material in the Model Experiment on Littoral Drift.....	Norio TANAKA and Osamu SHINBO.....12	1 3~ 57
On the Ultrasonic Surface Wave Meter in Water Type .....	Tomoharu TAKAHASHI, Hiroshi SASAKI, Kazuteru SUGAHARA and Yoshimi SUZUKI .....12	1 59~ 82
On the Profile of Seawalls at the Resort Beach .....	Michiyo HATTORI and Shoji SATO .....12	3 71~ 98
Experiments on Sand Movement by Waves and Currents .....	Norio TANAKA, Hiroaki OZASA and Akira OGASAWARA.....12	4 3~ 22
<b>Marine Hidrodynamics Division</b>		
Hydraulic Model Test on Tokyo Bay New Firways .....	YASUO KANEKO, Takeshi HORIE, Nobuyuki UENO and Masanori KUBO.....12	1 83~121
Motion of Composite Breakwater on Elastic Foundation Under the Action of Impulsive Breaking Wave Pressure.....	Yoshimi GODA.....12	3 3~ 29
A New Method of Wave Pressure Calculation for the Design of Composite Breakwater.....	Yoshimi GODA.....12	3 31~ 69
Model Experiment on Tidal Surrent and Substance Diffusion Osaka Bay .....	Yasuo KANEKO, Takeshi HORIE, Kazuo MURAKAMI, Nobuyuki UENO and Masanori KUBO.....12	3 99~201
Theoretical and Experimental Investigation of Wave Forces on a Fixed Vessel Approximated with an Elliptic Cylinder .....	Yoshimi GODA, Tomotsuka TAKAYAMA and Tadashi SASADA .....12	4 23~ 74
<b>Soils Division</b>		
Consolidation Parameters of Overconsolidated Clays .....	Akio NAKASE, Masaki KOBAYASHI and Akio KANECHIKA .....12	1 123~139
Rutting of Asphalt Pavements for Airports .....	Hiraku MORIGUCHI, Toyoaki ASAJIMA and Hideo SHIBUYA .....12	4 75~130
Rapid Consolidation Test Under Continuous Loading .....	Yasufumi UMEHARA, Kazuaki MATSUMOTO, Minoru NARITA and Hirofumi UMEDA .....12	4 131~170

## Structures Division

Study on Corrosion of Existing Steel Structures at Ports and Harbours .....Kazuaki ZEN .....	12	1	141~194
Vibration Characteristics of the Open Type Pile Wharf with Container Crane.....Takamasa INADOMI, Satoshi HAYASHI and Ikuhiko YAMASHITA.....	12	2	3~ 32
Vibration Test and Circular Arc Analysis for Full-scale Models of Levee (2nd Report).....Setsuo NODA, Hajime TSUCHIDA and Eiichi KURATA.....	12	2	33~ 61
Studies on the Vertical Distributions of the Earthquake Motions in the Superficial Soil Layers (1st Report) —Observation and Analysis of the Earthquake Motions in a Clay Layer— .....Hideo ARAI and Moriyoshi IWABUCHI.....	12	2	63~ 83
A Experimental Study on the Interaction between Trench-type Tunnels and Soils (2nd Report) .....Takuji NAKANO, Tamio TABUCHI and Yoshinori AOKI.....	12	2	85~108
Corrosion of Steel bars at Crack of Reinforced Concrete Exposed to Sea Environments.....Hiroshi SEKI and Hiroshi MARUYAMA.....	12	3	203~225
Average Response Spectra for Various Site Conditions .....Hajime TSUCHIDA, Eiichi KURATA, Tokuzo ISHIZAKA and Satoshi HAYASHI.....	12	4	171~199
Crack Characteristics of Reinforced Concrete Beams with Large-sized Deformed Bars .....	12	4	201~231

## Design Standard Division

System Design of Transitsheds and warehouses (Part-2) .....Yoshinobu HAYAFUJI and Kazuo KUDO.....	12	3	227~244
--	----	---	---------

## Machinery Division

A Study on Excavation of Model of Rock (a mortar specimen) by Bite-type .....	12	1	195~220
On the Distribution of Solid Concentration and Flow Velocity at Time of Transporting the Fine Sand in a Horizontal Pipe .....Akio KOREISHI, Tokuji YAGI and Tadasu OKUDE.....	12	3	245~259
On the Air-lift Characteristics with Gas-liquid Mixture .....Yoshikuni OKAYAMA and Tokuji YAGI.....	12	3	261~279
Study of Drag Suction Head (Part 1) —On the Basic Geometry of Draghead— .....Tokuji YAGI, Tadasu OKUDE and Akio KOREISHI.....	12	4	233~257