

港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH
INSTITUTE MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

第 4 卷 7 号

Vol. 4 No. 7

(通 卷 第 18 号)

浚渫用グラブの研究(第1報)

グラブ自重, 寸法比と掘り土量の関係…………… 近 藤 基
岩 田 尚 生
内 井 敏 之

1965年7月

運輸省港湾技術研究所



浚渫用グラブの研究（第1報）グラブ自重、寸法比と掘り土量の関係

目 次

§ 1. ま え が き	2
§ 2. グラブの掘り能力についての考察	2
§ 3. 実験装置および実験	4
3-1 実験の目的	4
3-2 実験設備	5
3-2-1 実験に用いたグラブ	5
3-2-2 供試土砂	5
3-2-3 砂槽および実験用機器	6
3-3 実験内容	6
§ 4. 実験結果	8
4-1 刃巾が異なるグラブによる掘り土量の比較	8
4-2 形状が相似なグラブによる掘り土量の比較	8
4-3 グラブ自重を変化させる場合の掘り土量の比較	9
4-4 新しい掘り能力の比較方法による整理結果	9
§ 5. 結 論	11

浚渫用グラブの研究 (第1報)

グラブ自重, 寸法比と掘り土量の関係

近 藤 基*

岩 田 尚 生**

内 井 敏 之***

THE STUDY OF DREDGING GRAB BUCKET (FIRST REPORT)

MOTOI KONDO*

HISAO IWATA**

TOSHIYUKI UCHI***

The experimental results on dredging capacities of model grab buckets (dredging volume of about 50 liters) for sand and gravel are discussed with an analysis of the dredging capacity. For the clam shell type grab, the following expression for the weight of grabed soil W_s has been established:

$$\frac{W_s}{W_g} = KL\sqrt{\frac{B}{2W_g}} - C$$

where W_g , L , and B are the weight, open length, and width of grab bucket, respectively. K is a factor representing the effects of the nature of soil and type of bucket, and C is a constant. Design diagrams of W_s/W_g versus $L\sqrt{B/2W_g}$ based on this equation will be very useful for the design of the most effective grab bucket for the given quality of soil.

* Chief, Dredger and Construction Equipment Laboratory.

** Research Engineer, Dredger and Construction Equipment Laboratory.

*** Former Research Engineer Dredger and Construction Equipment Laboratory.

§ 1. まえがき

浚渫用のグラブは、浚渫土質の変化範囲が大であるために、多くの種類のグラブを取揃えて土質の変るごとに交換するというような方法によらず、二三種類のグラブで間に合わせている。したがって、一般陸上用の単目的グラブと比較すると、その構造、寸法比も異なるものが用いられており、浚渫用グラブ独自の研究開発が望まれている。

浚渫用グラブの計画、並びに取扱い上の問題点として浚渫土質に適したグラブ自重、形状寸法等を選定する方法が未だ確立していないことが先ず挙げられる。そこで機材部では各種浚渫用グラブで種々の土質を掘削する場

合について、室内の模型実験からグラブ浚渫船による実験試験に至るまで、数多くの調査研究を実施して浚渫用グラブと土質の関係を解明するための研究を行なっている。本報告はその第1報であってグラブ自重、形状寸法を変えて砂、砂利等の粒状の固体を掘むときの実験内容を紹介し、実験結果を新しく提案したグラブの掘削性能比較方法によって表示し、種々検討を加えたものである。

§ 2. グラブの掘り能力についての考察

グラブ浚渫船浚渫機の支持および開閉用鋼索が掘削過程を終えて巻上げる際の最終巻上げ重量は、

$$W = W_g + W_s \dots\dots\dots(1)$$

ここに W = 巻上げ重量 (Kg)

W_g = グラブ自重 (Kg)

W_s = 掘り土砂重量 (Kg)

* 作業船研究室長

** 作業船研究室

*** 元作業船研究室

で表わされる。上式の W の値が与えられた場合には、 W_0 の値が小に W_s の値が大になるような組合わせが望ましいが、 W_s は W_0 の大小によって増減するから、土質に適した W_0 を選定することが必要である。すなわち、第1図のクラムシエル型のグラブで定まった土質を掘削する場合に、グラブを閉じ終わった際の掘み土砂重量 W_s は、グラブ自重 W_0 、開閉用鋼索の巻かけ数 N 、および刃先間隔 L (m)、グラブ刃巾 B (m)等の寸法比に大きく影響さ

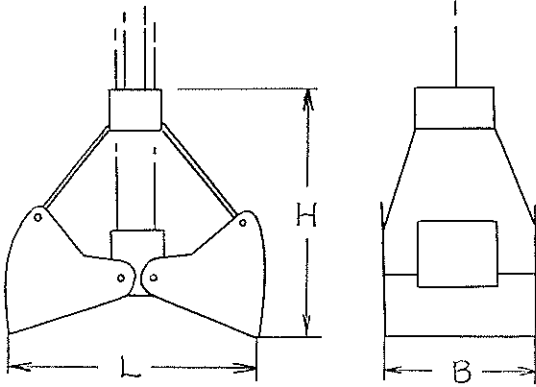


図-1

れる。この他にグラブ刃の刃先角度、爪の形状、滑車効率等の影響も加わるが、刃先角度と爪の形状等は相似で滑車効率の等しいものについて考えてみよう。

グラブ刃先が全開の状態では着地してから閉じるまでの間に、刃先は図-2に示すような傾向の軌跡を画く。この軌跡によって囲まれた掘削断面積 S (m^2)にグラブ刃巾 B を乗じたものが掘み容積となるが、実際にはグラブ刃が進行するに従って、グラブ刃前方の土砂が盛り上がり

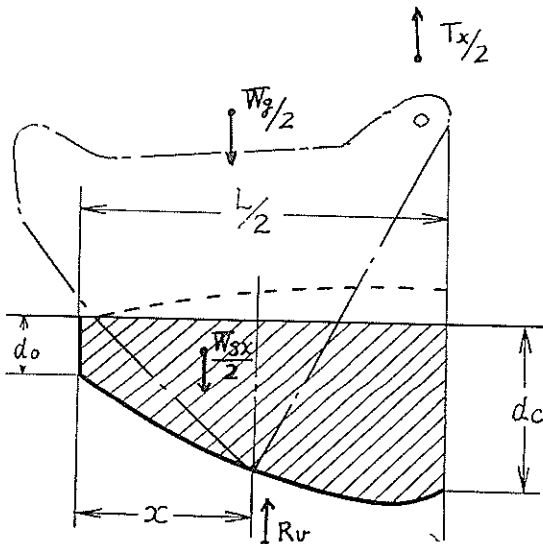


図-2

ともに横方向へも移動するために、上記の掘み容積よりも小さな値となる。

図-2で片側のグラブ刃について、掘削過程中的垂直方向の力の釣合いを考えること。

$$W_0 + W_{sz} + T_x = 2R_v \dots\dots\dots(2)$$

ここに W_{sz} =グラブ刃先が全開の状態から x (m)進行する間に掘んだ土砂の重量(Kg)

T_x =開閉用鋼索の張力(Kg)

R_v =グラブが受ける土砂の垂直方向抵抗力(Kg)

上式の関係を図示したものが図-3である。グラブ刃が全開の状態から全閉状態に至るまでの掘削過程においてグラブ刃の掘削深さ、切込み角、進行勾配が順次に変化してゆくのであり、また式(2)の R_v の値の中には、グラブ側板や底板裏側に作用する抵抗力も含まれているから、 R_v を求める計算式は大変複雑なものとなる。そこで、

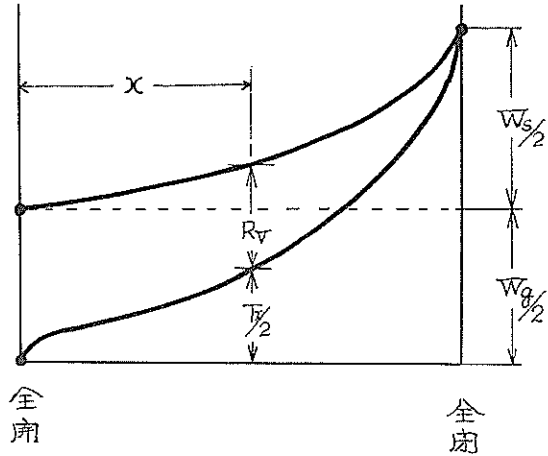


図-3

これらの問題について、簡単のために次のような方法で表示することを試みた。

先ずグラブ刃先が全開の状態ではグラブ自重のみによって着地する場合に、式(2)は次のような関係となる。

$$W_0 = 2R_{v0} \dots\dots\dots(3)$$

ここに R_{v0} =全開の状態では自重のみで着地する際にグラブ刃が受ける抵抗力(kg)

このときのグラブ刃先の喰込みの深さ d_0 (m)については、多くの実験結果から砂質土についてはほぼ次の関係を得ている。(文献1.2.3)

$$\left. \begin{aligned} R_{v0} &\propto K_1 B d_0^2 \\ \therefore d_0 &\propto \left(\frac{W_0}{2 K_1 B} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4) \end{aligned} \right\}$$

ここに $K_1 = \text{土質によって変化する係数 (Kg/m}^3\text{)}$
すなわち、着地に際してのグラブ刃先の喰込みの深さ d_0 は、定まった土質に対して、単位グラブ刃巾当たりの重量 $W_0/2B$ の値によって決まることになる。次にグラブの掘削過程において、グラブの型式寸法が与えられると、グラブ刃先の面く軌跡は、図-4 に示すように着地時の W_0/B の値によって定まり、更にグラブの型式と自重が与えられた場合は、全開時の刃先間隔の相違によって、その軌跡は図-5 に示す傾向となり、掘削断面積 S がほぼ L に比例する。ゆえに定まった土質に対し、グラブ刃が閉じ終ったときのグラブ刃先の喰込み深さ d_0 、掘削断面積 S の値は W_0/B と L の値によって定まり、この関係を次のように表わすことができる。(文献1.2.3)

$$\left. \begin{aligned} S &\propto L \left(\frac{W_0}{2K_1 B} \right)^{\frac{1}{2}} \\ \therefore V &\propto L \left(\frac{B W_0}{2K_1} \right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

ここに $V = \text{刃先軌跡から求まる掘み容積 (m}^3\text{)} = BS$
上式の関係は、浚渫用として一般に使用されているクラムシエル型グラブの種々のグラブ自重と寸法比の組合わせについて砂質土の場合に適用できる。着地時のグラブの落下速度の相違による掘み土量への影響については、巻上げ時の全掘み土量に対し、実用範囲内での落下速度の増加分の占める比率は小さく、グラブ刃の喰込み能力を左右するような影響はないことが報告されている。

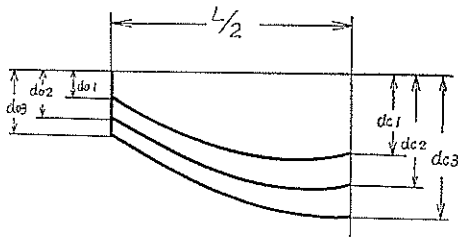


図-4

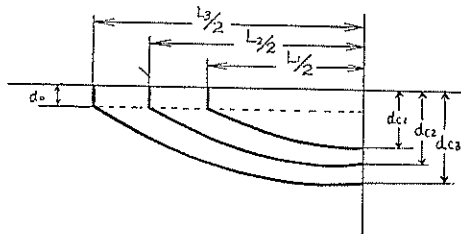


図-5

(文献-1) 次に式(5)の掘み容積 V をグラブ刃が閉じ終った際の掘み土砂重量 W_s (Kg) で表わし、 W_s と W_0 の比を考えること。

$$\frac{W_s}{W_0} \propto \frac{K L \sqrt{B}}{\sqrt{2 W_0}} \dots\dots\dots (6)$$

ここに $K = \gamma_s / \sqrt{K_1}$
 $\gamma_s = \text{掘み土砂の単位体積重量 (Kg/m}^3\text{)}$

上式の関係にグラブ型式別の測定値を代入すると、ほぼ図-6 に示すような傾向のグラフを得る。このグラフは一般に浚渫用として使用されているクラムシエル型の鋼索巻かけ数の等しい各種寸法比のグラブに適用することができる。相似でないグラブの刃先角度、爪の形状、滑車の効率、および着地時の落下速度等の影響も、粒状の土砂を掘削する場合は比較的小で、測定値が若干ばらつ

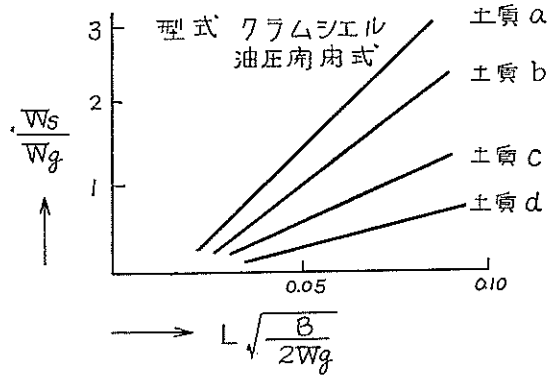


図-6

く程度である。ただし、掘削する土質に対して W_0 の値が不足するものや、 W_0 が過大であるためにグラブ底板の裏側が当たるような場合は除外して整理することが必要である。

以上述べた理由によって、クラムシエル型グラブの掘削性能を比較する方法としては、式(6)および図-6 に示したグラフによるのが適切であると考えられる。オレンジピール型グラブについては、全開状態での刃先円直径 D と W_0 とからその掘削性能を表示することとなる。

§ 3. 実験装置および実験

3-1 実験の目的

グラブ浚渫船の計画に際し、まずはじめに所定期間内の要求浚渫土量が定まり、これに基づいて船体の型式、グラブの単位時間当たり浚渫土量が与えられる。更にグラブ型式、浚渫機巻上げ荷重、浚渫機駆動方式等が定まってゆく。この計画の過程において、現状では浚渫土質

に対しグラブの型式、自重、寸法等と個み土量の関係を求める方法が確立されておらず、もっぱら今までの経験によって設計が行なわれている状態である。

そこで浚深用グラブについての研究の手はじめとして、グラブ自重と形状寸法の変化に対し、刃先軌跡、個み土量がどのように変わってゆくかを調べ、今後の研究並びに

設計のための資料を得るための実験を行なった。

3-3 実験設備

3-2-1 実験に用いたグラブ

本報告に述べる実験に使用した模倣型グラブは下記の4種類である。それぞれの外観を写真1～写真4に示す。

表-1

型 式	容 量	自 重	刃 巾	刃先間隔	全 高	備 考
クラムシエル型 6本がけ、ホールタイン I	立 50.0	kg 160	mm 450	mm 1018	mm 1200	
クラムシエル型 6本がけ、ホールタイン II	37.5	160	340	1018	1200	I型の 1/3刃巾
クラムシエル型 4本がけ、ハーフタイン I	50.0	90	375	1150	1200	
クラムシエル型 4本がけ、ハーフタイン II	25.0	90	295	910	950	I型の 1/3容量

3-2-2 供 試 土 砂

供試用土砂として相模川産の砂と砂利を用いた。写真

5, 写真6にそれぞれの形状を示す。図-7は砂の粒径加積曲線である。

表-2

名 称	規 格	摘 要
砂	有効 径=1.2mm 均等係数-4 単位体積重量=1.59t/m ³	相 模 川 産
砂 利	粒 径 10~40mm 丸味が多い 単位体積重量=1.71t/m ³	〃

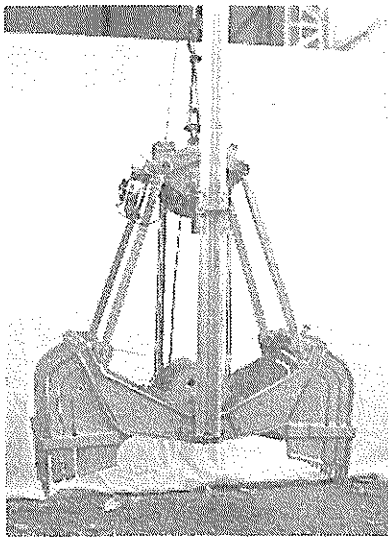


写真-1 ホールタイン I

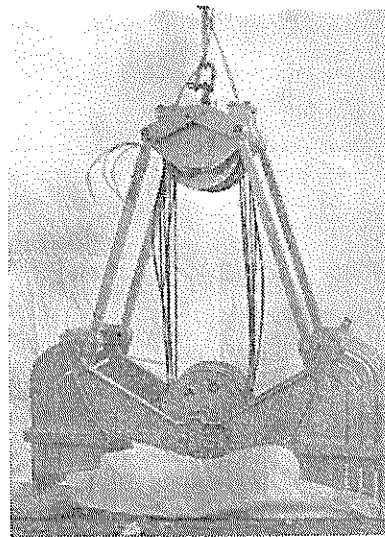


写真-2 ホールタイン II

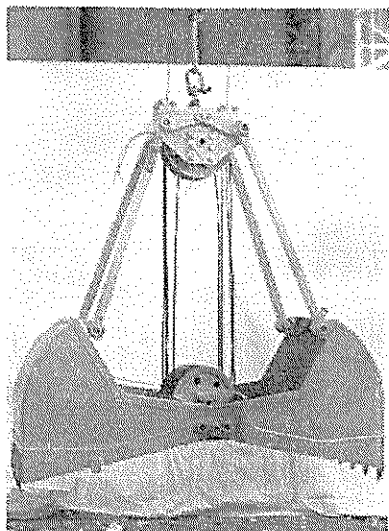


写真-3 ハーフタイン I

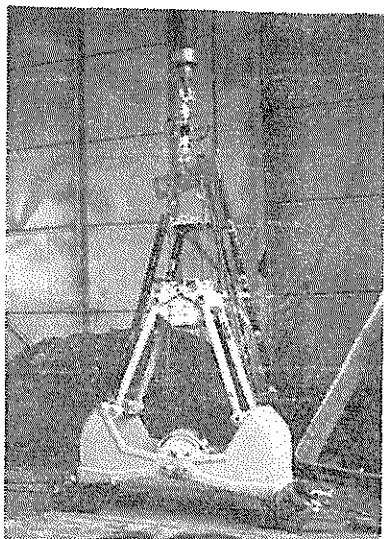


写真-4 ハーフタイン II

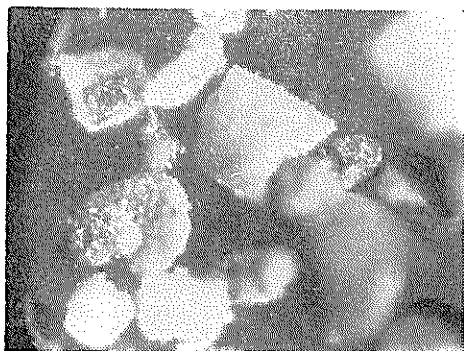


写真-5 砂 (×80)

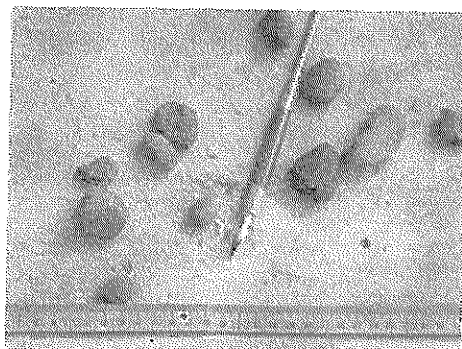


写真-6 砂 利

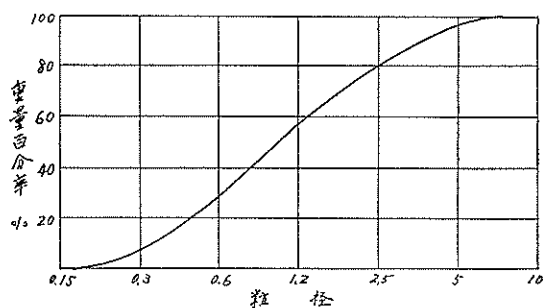


図-7 粒径加積曲線

3-2-3 砂槽および実験用機器

1. グラブ実験用砂槽

鉄筋コンクリート製 4×4×深さ 2 米	2 基
----------------------	-----
2. グラブ巻上げ機械

トラッククレーン, P & H, 55TC 型	1 台
-------------------------	-----
3. 測定用機器

ストレンメータ, 直流増巾器 (3 要素)	1 式
抵抗線式荷重計 1 屯用	2 個
ペン書きオシログラフ (3 要素)	1 台

3-3 実験内容

実験はトラッククレーンに各様型グラブを装備して、砂槽内の供試土砂について実施した。供試材料は実験に先だってグラブで摺んで約 1 米の高さから落下させて混ぜ返した。グラブの自重の変化は、上部滑車箱よりジブ先端に取りつけた滑車を経て重錘を吊し、滑車箱を上方へ引張って自重を減じたり、ロッドに重錘を附加して自重を増したりした。1 種類の実験ごとの摺み回数はそれぞれ 5 回以上実施し、必要事項はオシログラフに記録させた。表-3 はオシログラフによる計測内容を示したものである。

表-3

記録内容	記録方法
グラブ刃の開度	上部滑車箱と下部滑車箱の距離が10mm 変化する毎に自動的に接点を短絡して記録するようにした。
刃先の喰込み深さ	上部滑車箱とジブ先端の距離が10mm 変化する毎に自動的に接点を短絡して記録するようにした。
開閉用鋼索張力	開閉用鋼索の中間に抵抗線式荷重計を取りつけて記録するようにした。
支持用鋼索張力	上部滑車箱直上に抵抗線式荷重計を取りつけて記録するようにした。
ロッドにかかる力	ロッドにストレングージを貼付けてオシログラフに記録させた。
開閉用鋼索巻取速度	オシログラフ記録紙の巻取速度から計算することによって求める。

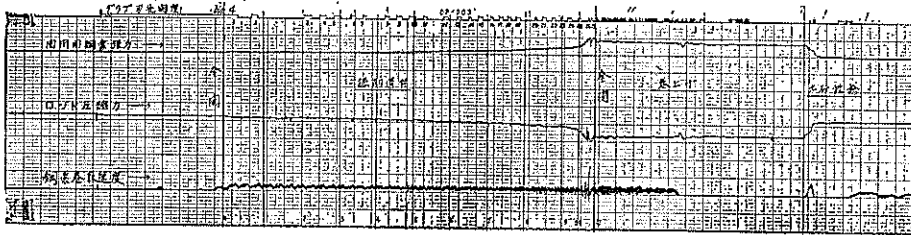


図-8 オシログラフによる記録の一例

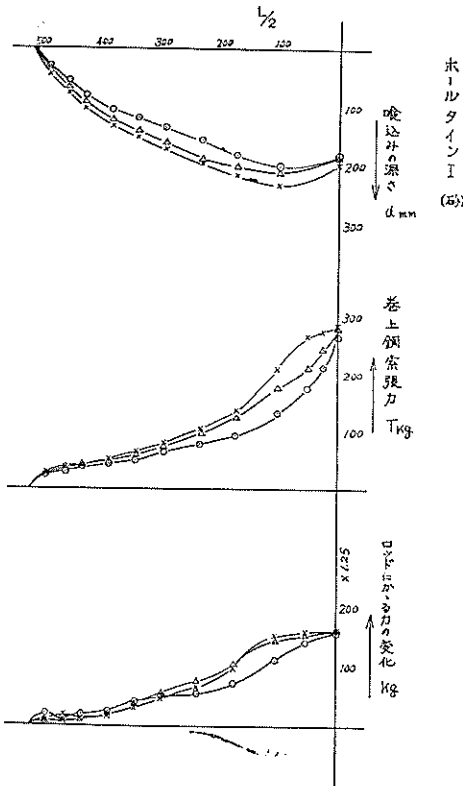


図-9

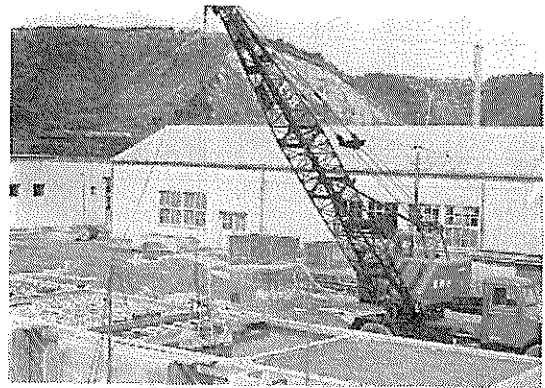


写真-7 実験風景

写真-7は実験風景を示したものである。図-8はオシログラフによる記録の一例で、図-9はこの記録を整理したものの例である。砂を掘む場合の実験では、砂槽が屋外にあるために掘り土量が含水比に影響され、実験記録にかなりのばらつきが認められた。本実験に使用したトラッククレーンの巻上機は、グラブの掘削過程と巻上げ時に支持用鋼索に荷重がかからず、開閉用鋼索が全荷重を受持つようになっている。

§ 4. 実験結果

4-1 刃巾が異なるグラブによる掘り土量の比較

実験に使用したグラムシエル型ホールタインIIはホールタインIの $\frac{3}{4}$ 倍のグラブ刃巾で、したがってフラッシュ容量も $\frac{3}{4}$ 倍となっている。自重は共に160kgである。それぞれのグラブで砂、および砂利を掘むときの刃先軌跡と開閉用鋼索張力の変化を図-10に示す。

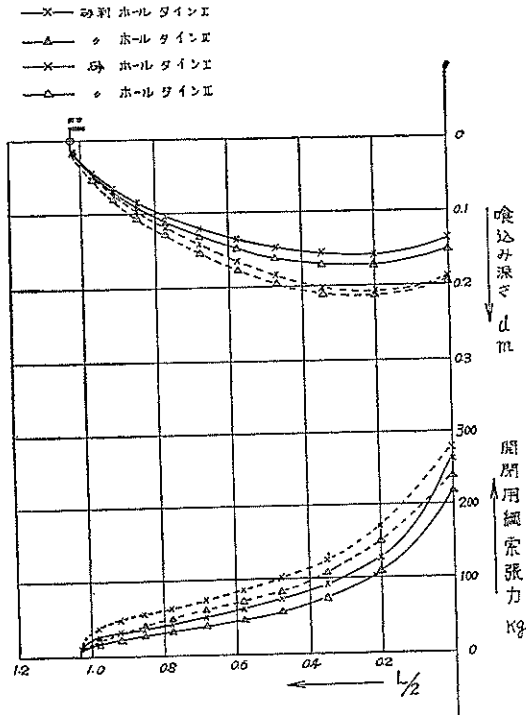


図-10 刃巾が異なるグラブの比較

グラブ刃巾のみを変化させる場合は、式(5)の関係から $W_s \propto \sqrt{B}$ となるが、実際にはグラブ刃の前方の土砂が外部へこぼれ出るために、グラブ刃巾のみを小さくしたものは特に式(5)の関係から得る掘り土量の値よりも小となる。これは掘削軌跡内の土量に対するこぼれ出る土量の比率が大となるためである。表-4は図-10の実験における掘り土量を示したものである。

表-4

	砂	砂 利	グラブ容量
ホールタイン I	120kg	105kg	50 l
ホールタイン II	89	64	37.5

上記の結果からグラブの型式、自重、刃先間隔が与え

られている場合に、刃巾のみを小さくしてゆくと刃先の喰込み深さは増加するが、掘り土量は減少することがわかる。

4-2 形状の相似なグラブによる掘り土量の比較

実験に使用したグラムシエル型ハーフタインIIのフラッシュ容量は、ハーフタインIの $\frac{1}{2}$ になるように形状寸法を縮小したもので、グラブ自重は側板に重錘を附加して共に90kgとなっている。図-11はそれぞれのグラブで砂、および砂利を掘むときの刃先軌跡と開閉用鋼索張力の変化を比較したものであり、ハーフタインIIのグラブ刃の喰込みの勾配はハーフタインIよりも大きい、掘り土量はハーフタインIIが小である。形状が相似で自重が等しいグラブの掘り土量は、式(5)の関係から

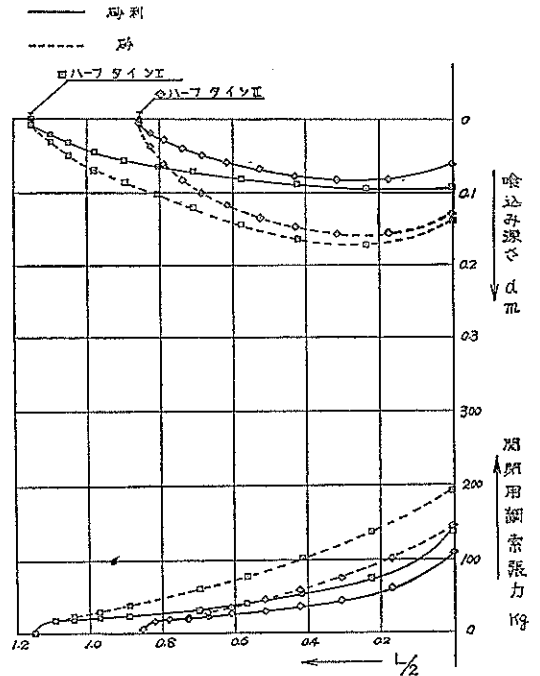


図-11 形状の相似なグラブの比較

$W_s \propto L\sqrt{B}$ となる。表-5は図-11の実験における掘り重量を示したもので、その値はほぼ式(5)の関係から求める $L\sqrt{B}$ の比と一致している。

表-5

	砂	砂 利	グラブ容量
ハーフタイン I	96kg	51kg	50 l
ハーフタイン II	63 "	28 "	25 l

上記の実験結果から、グラブ型式と自重が与えられた場合は、グラブ刃先が喰込み可能な土質に対して、設計条件が許す範囲内でグラブの形状寸法を大きくした方が掘り土量は大となる。

4-3 グラブ自重を変化させる場合の掘り土量の比較

グラブ上部滑車箱からジブ先端に取りつけた滑車を通して重錘を吊し、重錘でグラブの自重を減じる作用をさせたり、またロッドに重錘を附加したりしてグラブ自重を変化させて実験を行ない。グラブ自重 W_g と開閉用鋼索張力すなわち巻上げ重量 $W (= W_g + W_s)$ の関係を求めた結果、砂と砂利の場合についてそれぞれ図-12、図-13に示す結果を得た。式(5)では $W_s \propto \sqrt{W_g}$ の関係となるが、これの成立する範囲は、グラブ刃先の喰込みが可能となってからグラブ刃底板の裏側が当たるまでであるが、底板の裏側が当たる以前においても、グラブ内部に盛り上がった土砂が上辺からくずれ落ちて、式(5)の関係よりも掘り土量の増加の割合が減少してくる。ゆえにグラブ自重を増すことによって掘り土量を増加させる方法は、式(5)の関係から求まる傾向よりも不利な結果となることがあるから、容量、寸法比に対して適正なグラブ自重を選ぶ必要がある。

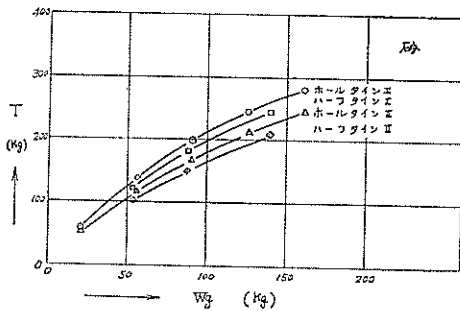


図-12

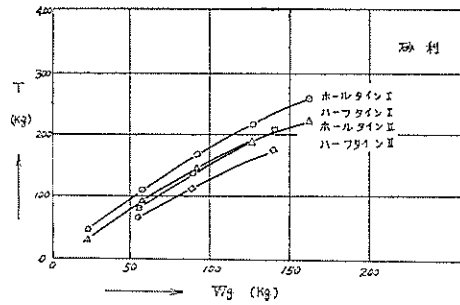


図-13

4-4 新しい掘り能力の比較方法による整理結果

グラブの能力表示は、今まで一般にフラッシュ容量から各種土質に対して異なる係数を与えて求める方法や、フラッシュ容量と自重の比から算定する方法等が用いられていた。上記の方法に対し、本報告では前述の式(6)の関係から図-6のグラフによって表示する新しい比較方法を紹介した。この新しい比較方法は、土質一定の場合にグラブ性能の優劣を比較し、グラブの型式、自重、寸法比が一定の場合は、土質の掘削の難易を比較することができる。またこの比較方法は、グラブ刃先の着地の際の自重のみによる喰込みの深さを基本として与えられたものであるから、実用面において水底の浚渫土砂に平板を押し込むときの押し込み力を測定して土質を測定する試験方法も考えられる。

きて測定値を新しい比較方法によって整理した結果を図-14と図-15に示す。図から $L\sqrt{\frac{B}{2W_g}}$ の値が 0.03~0.07の実験範囲内についてそれぞれの実験式を求めると次のようになる。

(1) 相模川産の砂に対して (平均粒径 = 1.2mm)

イ) ホールタイプ I, II (巻かけ数 $N = 6$) の場合

$$\frac{W_s}{W_g} = 30L\sqrt{\frac{B}{2W_g}} - 0.40$$

表-6

名称	型式	W_g	L	B	供試材料
文献-1 (徳永)	クラムシエル 油圧開閉式	kg 2.1~18	m 0.37~0.615	m 0.25	砂 (豊浦標準砂) 水締砂 (") 砂利 (4~7mm) 碎石 (6~9mm)
文献-2 (沢田)	クラムシエル 巻かけ数 $N = 4$	300~800	1.65	0.705	砂 (高萩産砂) 利砂 (20~30mm)

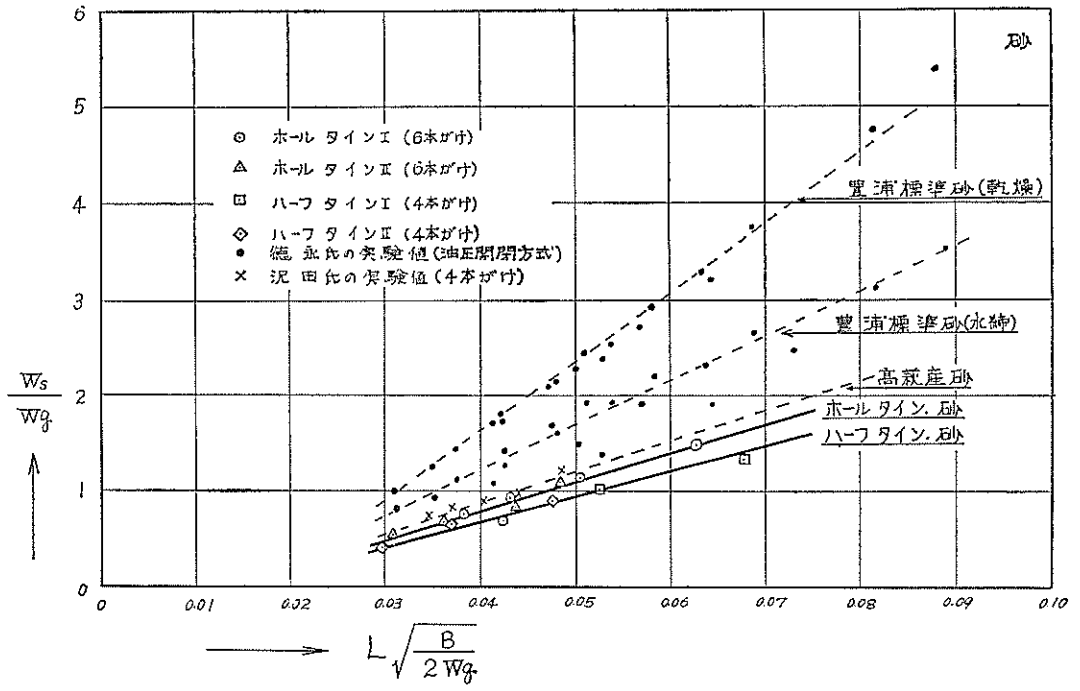


図-14 砂についての実験結果

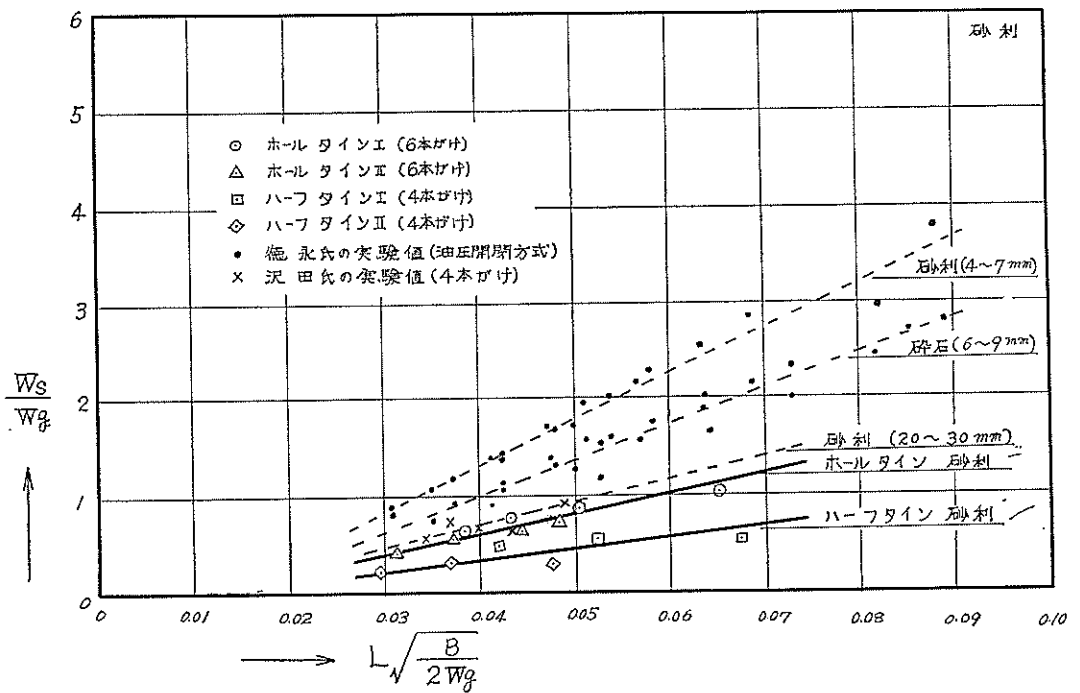


図-15 砂利についての実験結果表

ロ) ハーフタイム I, II (巻かけ数 N = 4) の場合

$$\frac{W_s}{W_g} = 26L \sqrt{\frac{B}{2W_g}} - 0.35$$

(2) 砂利 (粒径 10~40mm) に対して

イ) ホールタイム I, II の場合

$$\frac{W_s}{W_g} = 21L \sqrt{\frac{B}{2W_g}} - 0.20$$

ロ) ハーフタイム I, II の場合

$$\frac{W_s}{W_g} = 12L \sqrt{\frac{B}{2W_g}} - 0.10$$

上記実験式は何れも座標の原点を通らず、負の定数項が入っているが、この原因については今後詳細に検討してゆく予定である。この比較方法は文献 1, 文献 2 の測定値に対しても十分満足な結果を得ている。表一 6 に文献 1 と文献 2 の実験内容を示す。

§ 5. 結 論

以上浚渫用グラブについて行なった実験内容を紹介したのであるが、その結論として次のことがいえる。

(1) 本報告で提案した新しいグラブの能力比較方法に本実験結果から得た測定値を充分適合させることができ

て、それぞれの実験式を求め得た。

(2) この比較方法により他文献の砂質土についての測定値を整理して満足な結果を得た。ゆえにこの方法により、グラブの掘削能力の比較と浚渫土質の分類が可能である。

本報告では、開閉用鋼索の巻かけ数、グラブ刃の爪の形状、およびグラブ底板の形状等が軌跡、掘み土量等どのように影響するかについては解明できなかった。今後これらの問題についても、浚渫土質の分類調査の仕事と併せて研究を進めてゆきたいと考えている。尚本報告に述べた内容の他にオレンジピール型グラブによる実験および陸上と水中で掘むときの比較実験、転石、ブロック類を掘む実験等の一部を終わっているので、その内容について間もなく報告できると考えている。

謝 辞

本報告の作成に当たっては、徳永省三氏 (文献 1, 現第 5 港湾建設局) 沢田源平氏 (文献 2, 現第 1 港湾建設局) の研究資料を参考とし、本報告にも多数引用させて頂いている。ここに厚く御礼申上げる次第である。

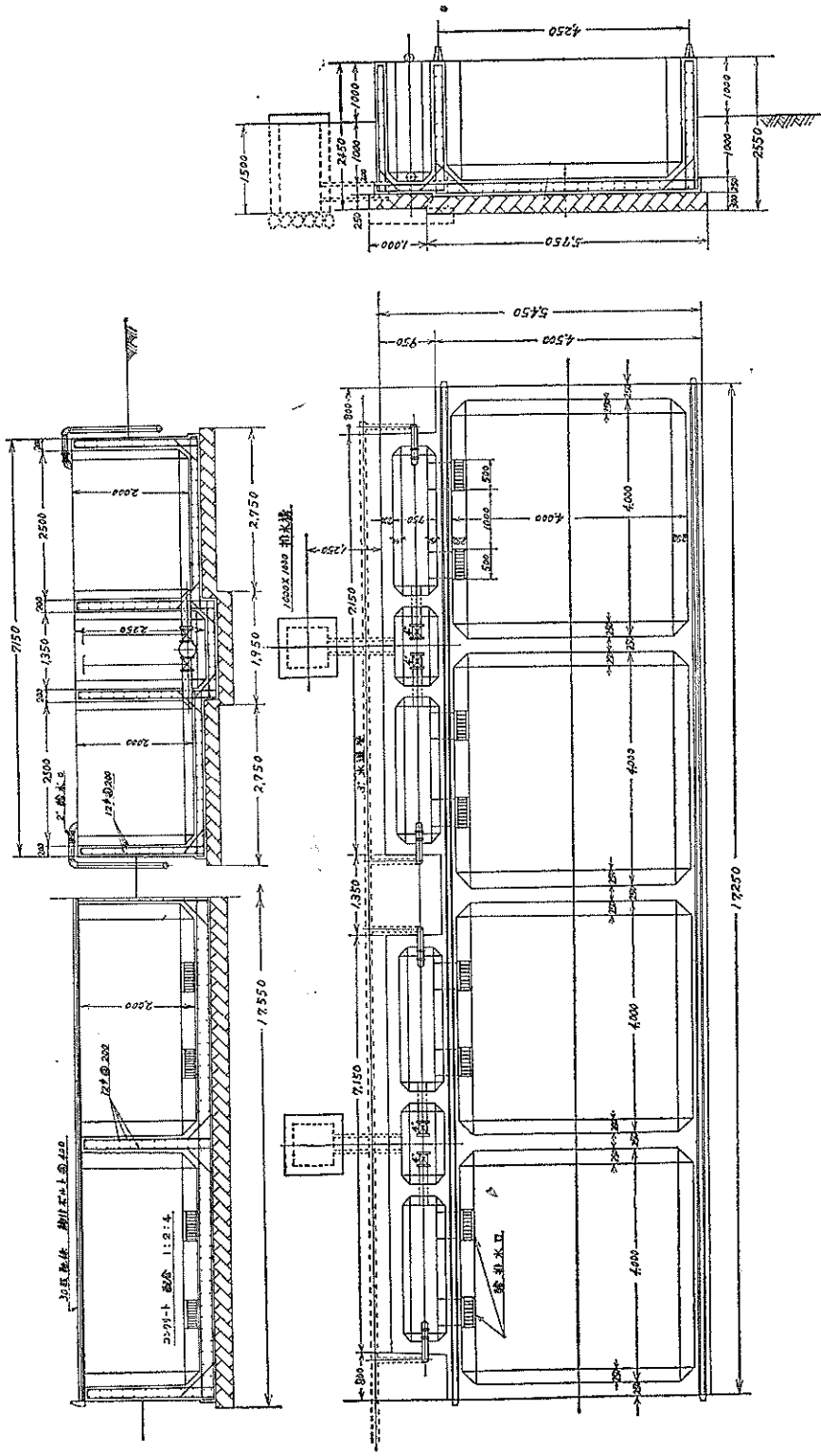
以上

(附) 表一 7 浚渫用グラブの例

船 名	容 量	開き長さ L	刃 B	巾 巾	自 重 W _g	$L \sqrt{\frac{B}{2W_g}}$	所 属
と も え 号	1.5 ^{m³}	3.70 ^m	1.50 ^m		8,650 ^{kg}	0.0344	北 海 道 開 発 局
25 屯 起 重 機 船	2	3.64	1.40		6,600	0.0374	”
え り も 号	3	4.26	1.714		6,800	0.0498	”
相 模 号	4	4.00	1.656		6,000	0.0470	第 港 湾 建 設 局
武 蔵 号	4	4.80	1.608		6,500	0.0533	”
”	3	4.07	1.67		9,000	0.0392	”
上 総 丸	13	6.92	2.60		36,336	0.0414	”

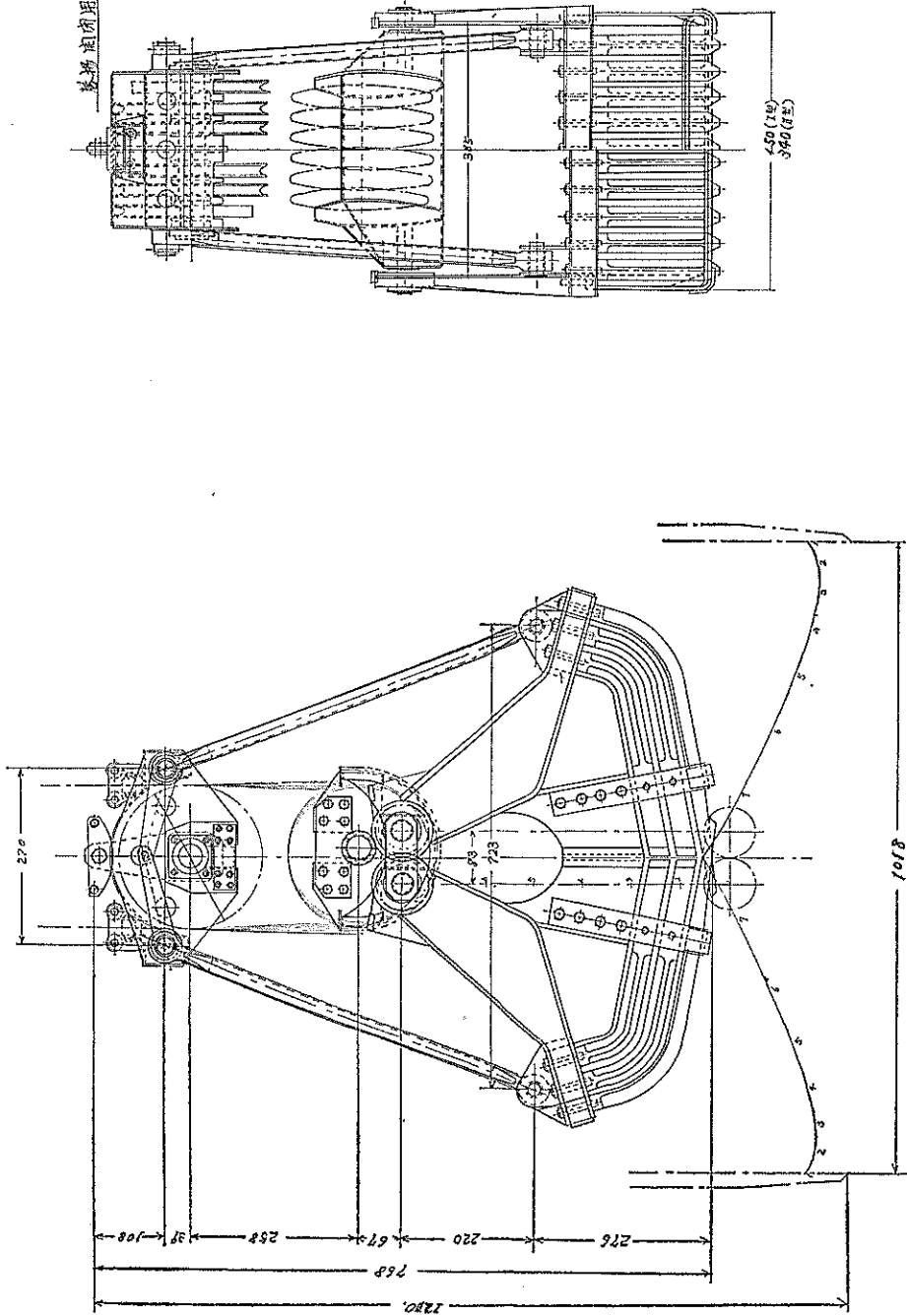
参 考 文 献

- 徳永省三, グラブバケットの実験 I, II, III
運輸技術研究所, 研究発表会 (第 12, 15, 17 回)
- 沢田源平, グラブ実験中間資料
機材部, 部内資料
- 港湾技術研究所, グラブバケットの模型実験
- 第 10 回 港湾機械技術研究会
富昭二郎, 掘削機構の解明 (I) (II)
建設の機械化 135 号, 136 号
- 長谷川源太郎, 超大型グラブ船の再認識
日本作業船協会機関誌 〓 作業船 No. 11 〓



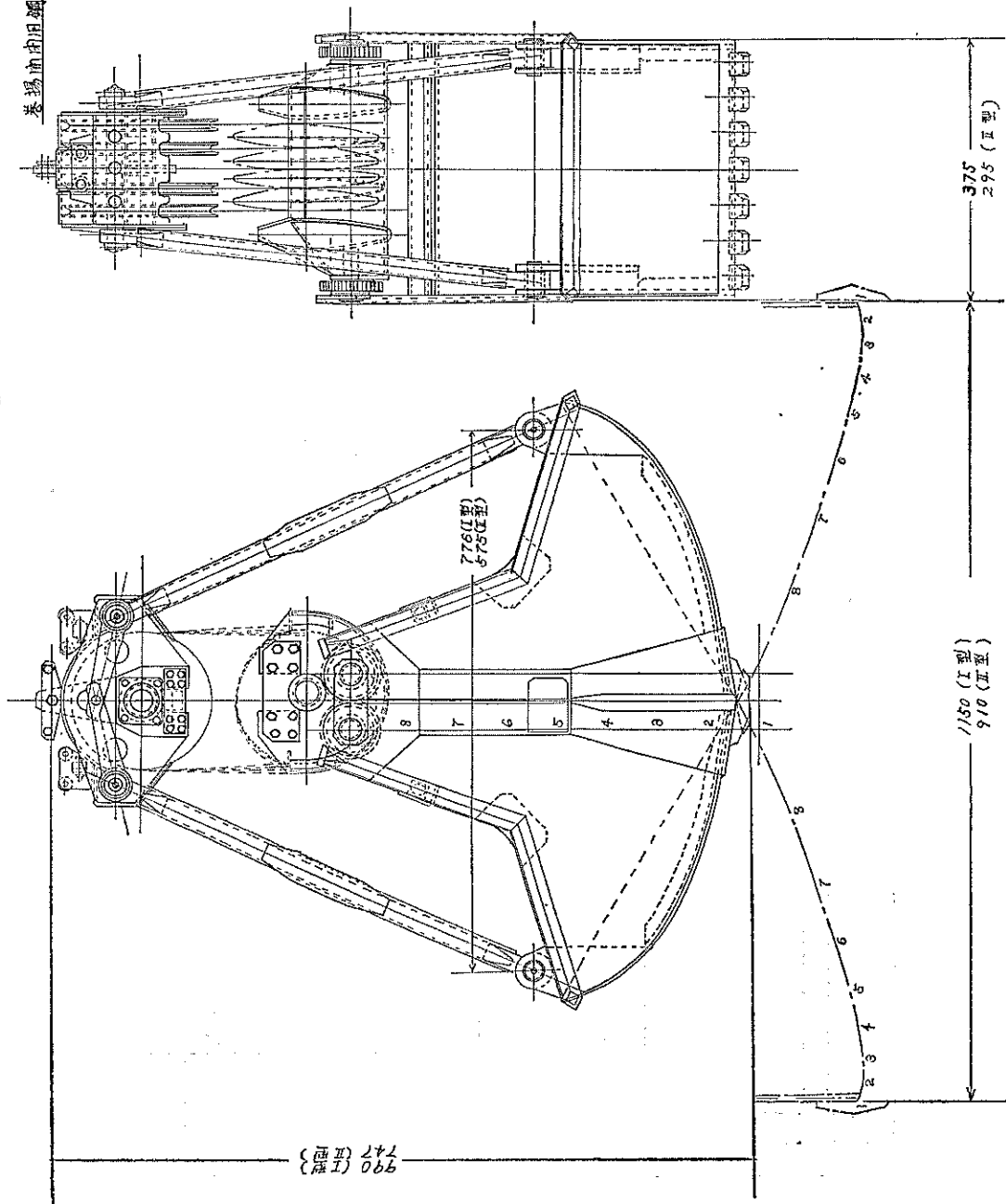
附図一 グラス実験用砂槽

蒸気室内用 燃焼の進行状況



附 図一2 実験用グラフ機型 ホールタイプ I, II

巻揚機用鋼索の直径は12mm



附 図—3 実験用グラフ模型 ハーフタイプ I II

港湾技術研究所報告 第4卷7号

1965年7月

編集兼発行者 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市川間162

印刷所 株式会社白泉社
東京都港区麻布霞町7