

港湾技術研究所報告

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

第 5 卷 7 号

Vol. 5 No. 7

(通巻第 29 号)

浚渫用グラブの研究 (第 2 報)

——グラブの相似と掘削限界および開閉用鋼索の

巻かけ数について——.....岩 田 尚 生

1966年6月

運輸省港湾技術研究所



浚渫用グラブの研究(第2報)

—グラブの相似と掘削限界および
開閉用鋼索の巻かけ数について—

岩田尚生*

目 次

1. まえがき	2
2. グラブのつかみ作用についての考察	2
2-1 グラブのつかみ能力の比較方法	2
2-2 グラブの掘削力, およびつかみ力試験	3
2-3 浚渫用グラブについて実験により確かめられた一般的傾向	6
2-4 石炭用の標準グラブと浚渫用グラブの比較	11
2-5 計算例	12
3. 実 験	12
3-1 実験の目的	12
3-2 実験装置, および実験	13
4. 実 験 結 果	13
4-1 模型グラブ(容量 $0.005m^3$)による各供試材料のつかみ重量	13
4-2 第1報の $0.05m^3$ グラブによる実験結果との比較	14
4-3 ホールタイムとハーフタイムの相違, および開閉用鋼索巻かけ数とつかみ重量の関係	14
5. 結 論	16

* 機材部主任研究官

THE STUDY OF DREDGING GRAB BUCKET (SECOND REPORT)

Hisao Iwata*

Synopsis

In this report, the author presents the experimental results of the relation between the dredging capacity of model grab-buckets and the character of sand and gravel. In order to investigate the similitude on the dredging capacity of grab-bucket, the model grab-buckets with the capacity of 0.005m³ were those of larger models with the capacity of 0.05m³ which had been reported in the first report of this series. It was found that both the experiments with small and large model grab-buckets support the same relation between the weight of grabbed soil W_s and the dimensions of buckets, i. e.

$$\frac{W_s}{W_g} = K, L \sqrt{\frac{B}{2W_g}} - C$$

with the linear coefficient K being determined by soil condition and type of grab-bucket.

* Chief Researcher, Machinery Division.

1. ま え が き

浚渫用のグラブが一般陸上用のものと較べて、設計上特に考慮されている点は、第1報でも述べたように、浚渫土質の変化に対応して、グラブの能力にある程度の余裕を持たせることであろう。すなわち、現用のグラブ浚渫船に用いているものは、グラブ自重と開き長さを大きくとり、グラブ刃幅を転倒しないための最小限度とした傾向のものが多い。これは与えられた土質に対して、能率的な作業の行えるグラブの選定が困難なことにもよるが、同じ浚渫作業区域内においても、深度や場所によって土質の異なることも多く、その都度グラブを取りかえる作業が煩雑でかえつて能率を低下させる原因となることが主な理由である。殊に近時建造される大型グラブ浚渫船では、対象とする土質範囲を広くとるために、グラブ寸法に対して自重が過大となりがちで、したがって、普通の土砂浚渫時に非能率的な作業を行なうことになる。このようなことから、浚渫土質に対するグラブの型式、自重、大きさ、部材強度等の問題について、種々の角度から作業能率を高めるための検討を行なうことが必要となり、このために当研究所機材部では、運輸技術研究所港湾施設部当時から、グラブ浚渫船の現地試験や各種のグラブと土質の関係を求めるための室内実験を続けてきた。これらの試験や実験では、巻尾に記した参考文献の2、3、5等にも紹介しているようにグラブの種々の現象や傾向について多数の資料を得ており、その内容の一部をまとめて先の第1報に報告した。

本報告は、今までに実施してきた上記の実験資料の内第1報で紹介しなかつた内容で、グラブの計画、設計に直接必要な実験結果を簡単に紹介するとともに、今回新しく実施した二三の実験結果を報告するものである。第1報では、主としてフラツシユ容量が0.05 m³のグラブによる実験結果を紹介したが、本報告では、これと形状が、相似で容量が0.005 m³のグラブによって実験を行なつた。実験の結果では、土質が与えられた場合のグラブの型式、開閉用鋼索の巻かけ数、大きさ等とつかみ能力の関係は、第1報において求めた $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性の図表をそのまま適用することができた。ここに、 W_s =つかみ土砂重量、 W_g =グラブ自重、 L =グラブの開き長さ、 B =グラブの刃幅である。また、粘土をつかむときのつかみ限界、ホールタイプ型とハーフタイプ型グラブのつかみ能力の基本的な相違、開閉用鋼索の巻かけ数の問題等について、その傾向を確かめることができた。

尚、本報告の内容は、上記のように今までに実施して

きた実験内容と、今回新しく実施した実験内容の両方の結果を用いて考察を進めるために、本報告の構成は、今までに実施してきた実験内容を「2、グラブのつかみ作用についての考察」で紹介し、今回実施した実験内容を「3、実験」および「4、実験結果」としてまとめた。

2. グラブのつかみ作用についての考察

2-1. グラブのつかみ能力の比較方法

グラブ浚渫船の作業能率は、単位時間当りの浚渫土量と消費動力の比によって与えられる。ゆえに、浚渫土質深度、サイクルタイムが一定の場合には、第1報でも述べたように、全巻上げ重量の中に占めるつかみ土砂重量の割合によって、作業能率を判定することができる。すなわち、第1報に示した式

$$W = W_g + W_s$$

ここに、 W =全巻上げ重量 (Kg)

W_g =グラブ自重 (Kg)

W_s =つかみ土砂重量 (Kg)

において、 W_s と W の比、および W_g と W の比を夫々つかみ重量比 E_s 、グラブ重量比 E_g で表わせば、

$$\left. \begin{aligned} E_s &= \frac{W_s}{W} = \frac{1}{1 + \frac{W_g}{W_s}} \\ E_g &= \frac{W_g}{W} = \frac{1}{1 + \frac{W_s}{W_g}} \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

の関係となり、 W_s/W_g の値が小、または W_s/W_g の値が大なる程能率がよい。与えられた土質に対する上式の W_s/W_g の値、または W_s/W_g の値を浚渫作業に取りかかる以前の調査の段階で知ることができると大変便利で、浚渫土質に適したグラブを選定し、確実な作業計画を算定できるようになる。式(2)の関係が本報告における考察の基本式である。

上記の理由から、第1報においては、 W_s/W_g の値について多数の実験記録を種々の角度から検討した結果、ほぼ図-1に示すような傾向となることが判明した。この関係は次式で表わすことができる。

$$\frac{W_s}{W_g} = KL \sqrt{\frac{B}{2W_g}} - C \dots\dots(3)$$

ここに、 K =グラブ型式、開閉用鋼索巻かけ数と土質によって定まる比例係数 ($\sqrt{kg/m^3}$)

L =グラブの開き長さ (m)

B =グラブの刃幅 (m)

C =定数

上式の関係は、土質とグラブ型式、および開閉用鋼索巻

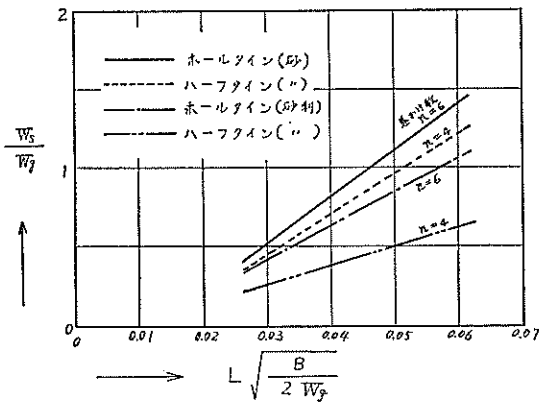


図-1 $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性
(文献-1より)

かけ数によつて、比例係数と定数 C が決まる。第1報の実験に用いたハーフタインとホールタインのグラフで粒状の砂、砂利をつかむ場合には、式(3)の関係は $L = \sqrt{B/2W_g} = 0.03 \sim 0.07$ の範囲で適用することができた。

浚渫作業に際しては、式(2)の関係から W_s/W_g の値ができるだけ大きくなるような使用点を選ぶのが得策である。そこで当然式(3)の関係が適用できる範囲が問題となつてくる。 $\sqrt{B/2W_g}$ の値を大きくしてゆくと、先づグラフの部材強度の面で制限されることが考えられるが、その他に上記の $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性は図-2に示すような傾向となり、直線に乗らなくなつてくる。これは、 W_g が小さ過ぎるとグラフ刃の喰込みが不能となるのが当然で、このような場合の粘土についての掘削軌跡の一例を図-3に示す。図において $L\sqrt{B/2W_g} = 0.053$ で、図-2の直線上にない部分の掘削軌跡は、グラフ刃が閉じてゆく過程で刃先が浮き上つてしまうことがわかる。ゆえに、グラフの計画、設計に際しては、どのような土質を対象とするかによつて、グラフ型式、巻かけ数、および $L\sqrt{B/2W_g}$ の値を決めるべきであると考えられる。また、 W_g が大き過ぎる場合は、グラフ刃が喰込み過ぎて、つかんだ土砂は、盛り上つて上辺からこぼれ出るようになり、さらに W_g を増しても W_s は増加しなくなる。このように、 $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性は、限られた範囲内でのみ直線で表わすことができる。

2-2. グラブの掘削力およびつかみ力試験

グラフの掘削過程における土の掘削抵抗力の大小は、巻上げ用鋼索の張力に直接影響して、グラフ刃が喰込んでゆくための下向きの力を減少させる。この場合の垂直

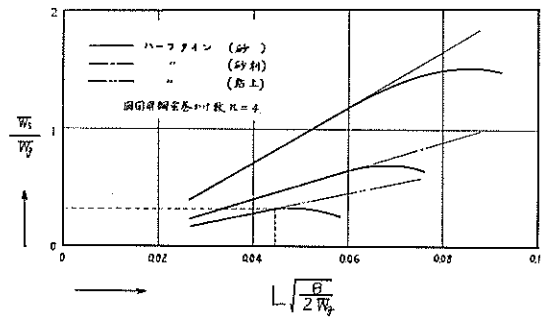
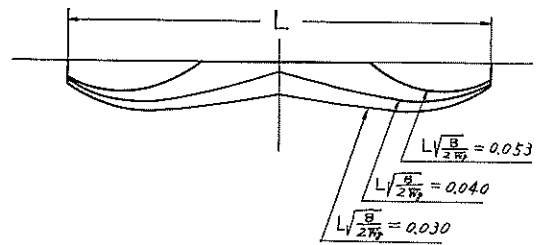


図-2 $W_s/W_g - \sqrt{B/2W_g}$ 特性の適用範囲
(細線は直線部分の延長を示す)

ハーフタイングラフ(4本かけ)



ホールタイングラフ(6本かけ)

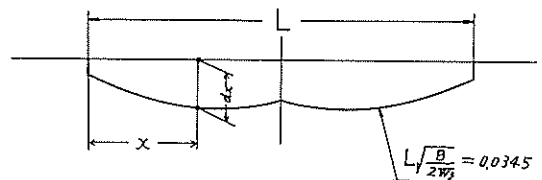


図-3 グラブ刃の掘削軌跡の一例(粘土)本報告ではかけ数(2×3)を4本がけ、かけ数(2×5)を6本がけと呼ぶことにする。

方向の力のつり合いは、第1報に述べた通りで次式によつて表わされる。

$$W_g + W_{s,x} = T_x + 2R_v \dots \dots \dots (4)$$

ここに、 $W_{s,x}$ = グラブ刃先が全開の状態から $x(m)$ 進行する間につかんだ土砂の重量 (Kg)

T_x = 全開の状態から $x(m)$ 進行した位置における開閉用鋼索の張力 (Kg)

R_v = グラブにかかる掘削抵抗の垂直分力 (Kg)

上式において、グラフ自重 W_g の値は一定であるが、他の値は、グラフ刃の進行に従つて複雑に変化する。この

変化の一例を図-4に示す。図において、 $(1 + \frac{W_{s2}}{W_g})$ と T_x/W_g の差がグラブを喰込させるために有効に作用する力で $2R_v$ となる。この $2R_v$ の値は、開閉用鋼索の巻かけ数 n に大きく影響されることがわかる。ここで、 W_{s2} の値は、グラブの刃先軌跡に囲まれた容積 V_2 と、つかんだ土砂の単位体積重量 γ_s の積から求まる値よりも小である。これは、グラブ刃の前方において、盛り上つて横方向へ移動し、グラブ側板の外部へこぼれ出てしまう土砂があるため、掘削過程終了時のつかみ重量 W_s の値も、軌跡から計算したものと一致しないのが普通である。さて、 $W_s/W_g = L\sqrt{B/2W_g}$ 特性から、与えられた土質に対する $\frac{W_s}{W_g}$ の値がわかれば、図-4の傾向から掘削過程の W_{s2} 、 T_x 、 R_v の近似値を求めることもできる。これらの値と掘削抵抗 R の水平分力 R_H とからグラブの各部材にかかる力が求まるから夫々の部材について強度計算が行える。そこで、グラブ強度の問題に関して、グラブ各部にかかる力のつり合いについて、次に説明する。

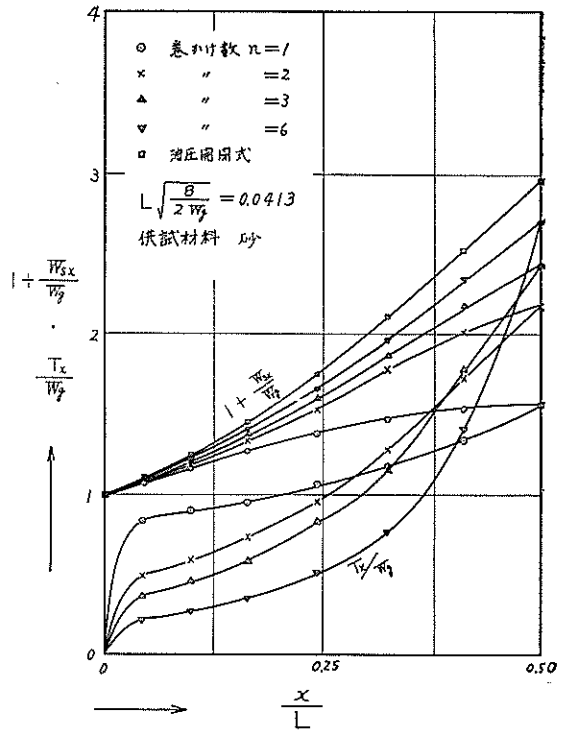


図-4 掘削過程の $1 + \frac{W_{s2}}{W_g}$ と $\frac{T_x}{W_g}$ の変化の一例 (文献-3より)

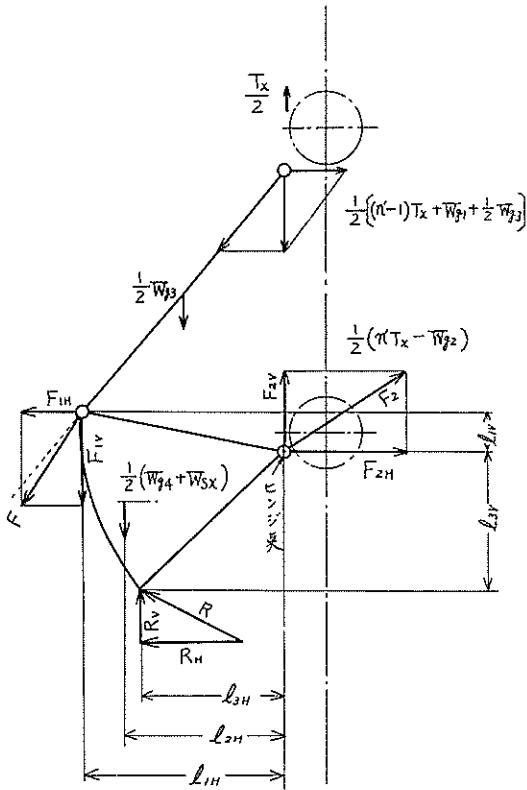


図-5 グラブ片側の力の釣合い

図-5において、上部滑車箱の重量を W_{g1} 、下部滑車箱の重量を W_{g2} 、開閉用鋼索張力を T_x 、上部と下部の滑車箱間に巻きつけた鋼索が、下部滑車箱を持ち上げようとする力の総和を $n \cdot T_x$ 、ロッドの合計重量を W_{g3} 、グラブ側板と底板の全重量を W_{g4} 、グラブ底板上に乗っている土砂の重量を W_{s2} 、掘削抵抗は刃先にかかるものとして R で表わし、 R の水平分力と垂直分力を夫々 R_H 、 R_v とする。また、各ヒンジ点間の距離は l に添字をつけ、各ヒンジ点にかかる力は、 F に添字をつけて表わすことにする。いま、図において、下部滑車箱とグラブ側板のヒンジ点のまわりのモーメントを考えると、次に示す関係となる。

$$l_{1H} F_{1V} + l_{1V} F_{1H} + \frac{1}{2} l_{2H} (W_{g4} + W_{s2}) = l_{3H} R_v + l_{3V} R_H \dots \dots \dots (5)$$

上式の F_{1V} と F_{1H} の値は、図-5の $W_{g2}/2$ と $\frac{1}{2} \{ (n-1) T_x + W_{g1} + \frac{1}{2} W_{g3} \}$ の値、およびロッドの傾斜角とから容易に求まる。ゆえに、 W_{s2} の値を決めれば、式(4)と式(5)の関係から T_x に対する R_H と R_v の値を計算することが可能となり、グラブ各部材の強度計算が行え

加するから、 R_u/W_g の値は、 $T_x/W_g=1$ の線を超えて点(口)に移る。ゆえに、このような場合に必要なるグラフ強度は、上記の試験成績表の線上に求まる力から計算したのでは、不充分であることがわかる。実際面においても、このような場合に強度不足のために損傷するグラフもある。グラフの全閉状態においては、 $W_x/W_g-L\sqrt{B/2W_g}$ 特性から対象土質の範囲を決め、 W_x に W_g の値を用いて強度計算を行なうことになる。

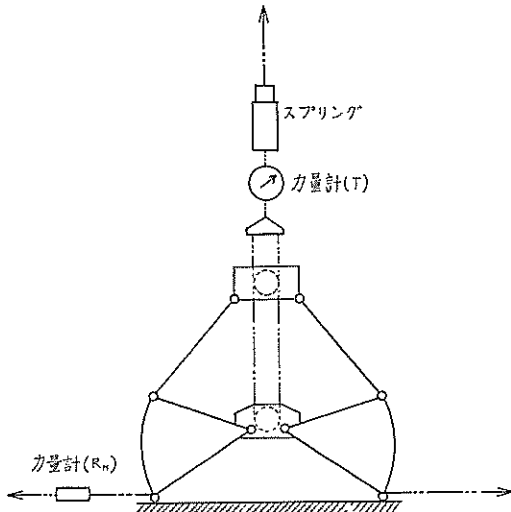


図-9 グラブのつかみ力試験 (文献-2より)

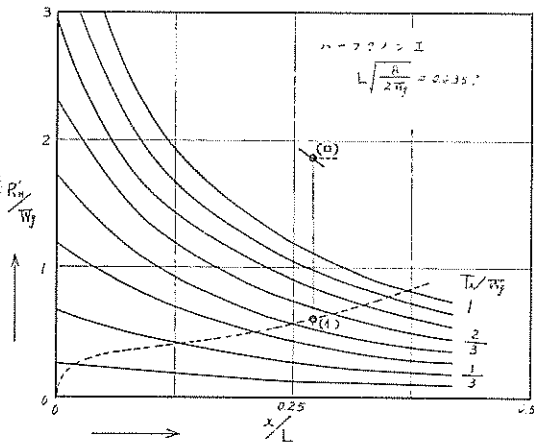


図-10 グラブのつかみ力試験成績表 (文献2より)

2-3 浚渫用グラフについて実験により確認された一般的傾向

グラフの各種土砂に対するつかみ能力が、どうして、 $W_x/W_g-L\sqrt{B/2W_g}$ 特性によつて表示できるかは、第

1報において簡単な仮定によつて説明した、しかしながら、上記の関係は、広範囲な実験結果を種々検討した結果得られたものであり、掘削についての基本的問題が解明されて、はじめて理論的な解析が可能となるのである。このような現状であるために、今までに実施してきた多数の実験記録の中には、その現象を説明することが困難であるために、未だ紹介していない資料が多い。そこで、本報告の実験内容とは別に、上記の資料から得ることのできたグラフ性能の一般的傾向について、参考文献の内容も含めて簡単に説明しておくことにする。

2-3-1 グラブ型式の選定と大小グラフの相似関係

現在使用されている浚渫用のグラフは、クラムシエルとオレンジビールの2種類に大別される。さらに、これらは開閉方式や、グラフ刃、爪の形状等によつて分類されている。グラフの計画に際しては、上記のクラムシエルとオレンジビールの何れを選ぶべきかが先ず問題となる。フラッシュ容量が共に $0.05m^3$ 、グラフ自重 $80kg$ のクラムシエルとオレンジビールについて比較実験を行なった結果では、表-1、および図-11、図-12に示すような関係を得ており、この実験の範囲では、両グラフに大きな差は認められなかつた。クラムシエルは第1報で紹介したホールタインI型で、砂をつかむ場合には、盛

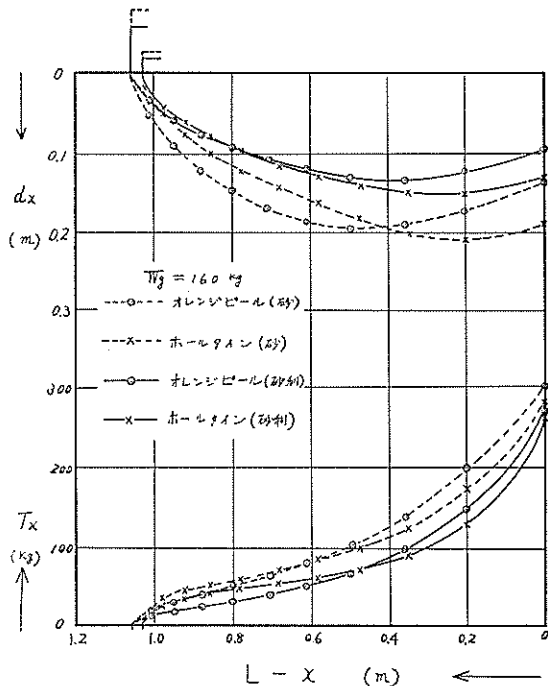


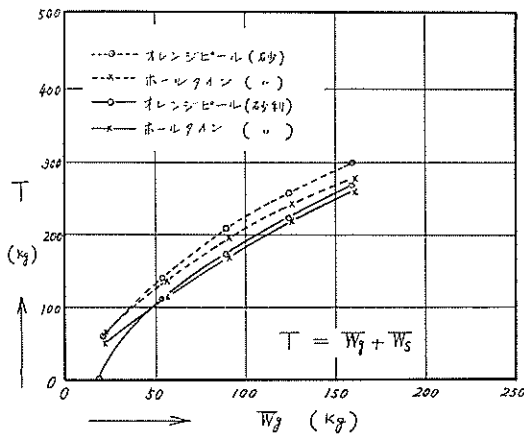
図-11 オレンジビールとホールタインの喰込み深さ d_x 、開閉用鋼索張力 T_x の比較の一例 (文献-1より)

表—1 クラムシエルとオレンジピールの比較

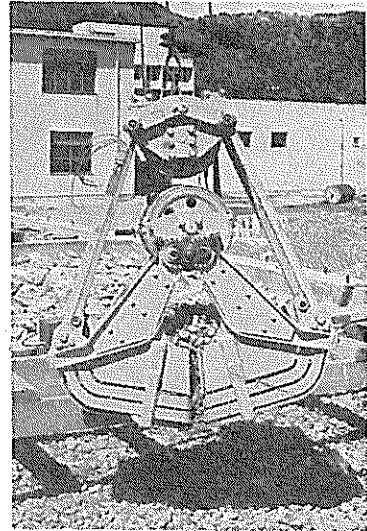
供試材料	クラムシエル $W_g=160Kg$ $L=1018mm$ $B=450mm$	オレンジピール $W_g=160Kg$ 円径=1065mm	備考
砂	$W_s=120Kg$	$W_s=140Kg$	有効径1.2mm 1.59t/m ³
砂利	105 "	109 "	10~40mm 1.71t/m ³
玉石	17 "	20 "	2.5Kg/個
割石	26 "	32 "	6.5Kg/個
コンクリートブロック	22 "	22 "	7.35Kg/個

り上つて上方からこぼれ出る砂もかなりの量があつた。両グラブによる砂利のつかみ状態を写真—1と写真—2に示す。また、クラムシエルで割石やコンクリートブロックをつかむ場合には、グラブ刃や爪の強度上の問題で不利な点が多いように見受けられた。このような比較は、クラムシエルの $L\sqrt{B/2W_g}$ の値がオレンジピールの何によつて表示する値に相当するかによつて、結論の異なる場合もあると思われる。

次に、フラッシュ容量にグラブ自重が比例する相似形グラブの能力の比較については、今までにもしばしば論議されてきた問題である。すなわち、容量の比が1対10のグラブで同一の土質を掘削するとき、夫々の W_s/W_g の値はどの程度となるかというような問題に対し、一般には容量の大きいグラブが有利であるとされている。このことは、市販グラブにおいても、容量の大きいグラブ程、容量とグラブ自重の比を大きくとつて製作される傾向からも確かめることができる。この相似の問題につ



図—12 グラブ自重 W_g を変化させるときの T の比較、 T は巻上げ時の閉用鋼索張力(文献—1より)



写真—1 クラムシエル(ホールダイン)による砂利のつかみ状況、フラッシュ容量 $0.05m^3$ $W_g=160Kg$



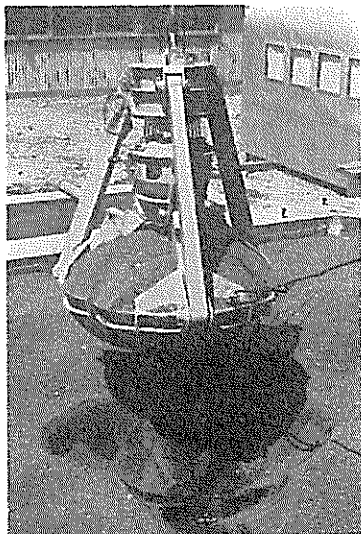
写真—2 オレンジピールによる砂利のつかみ状況、フラッシュ容量 $0.05m^3$ $W_g=160Kg$

いて、今までに実施してきた実験結果では、砂、砂利のような粒状の供試材料をつかむ場合は、後述の本報告の実験内容でも紹介するように、ほぼ $W_2/W_1 = L\sqrt{B}/2W_1$ 特性上に大小グラブの性能が一致する。写真—3と写真—4は、オレンジピールの場合を比較したものである。この場合もクラムシエルと同様の結果で、両グラブの W_2/W_1 の値は、ほぼ一致した。しかしながら、写真—5と写真—6に示すように、グラブ寸法に対して比較的大きな割石、ブロック類をつかむ場合は、形状の大きいグ

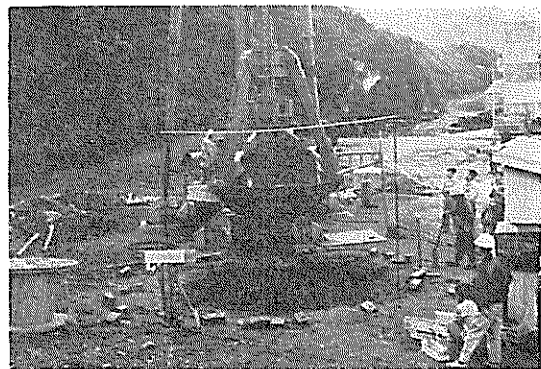
ラブが有利であることが確かめられている。表—2は、上記写真の両グラブによる実験結果を比較したものである。この実験は、供試材料の含水比や締め固めの程度、およびグラブの容量と自重の相似関係が若干異なるために、全く同一の条件における比較とはいえないが、割石をつかむ場合の両グラブのつかみ重量 W_2 の比が、他の砂、砂利をつかむ場合よりも特に大きいことから、このような供試材料に対しては、形状の大きいグラブが有利であると判断された。

表—2 形状の相似なグラブのつかみ重量の比較

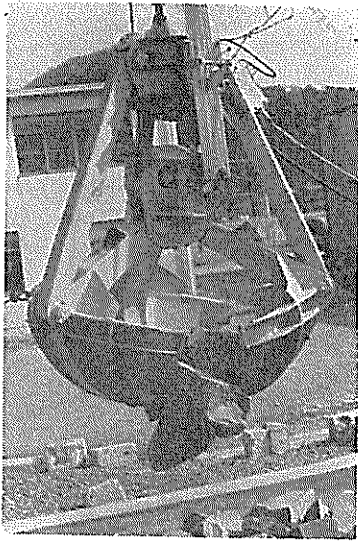
グラブ	グラブの種類		B/A
	オレンジピール A	オレンジピール B	
供試材料	容量 $0.05m^3$	容量 $1.38m^3$	27.6
	自重 160Kg	自重 5,000Kg	31.3
	刃先円径 1,065mm	刃先円径 3,420mm	32.1
	砂(有効径 1.2mm)	140Kg	3,530Kg
砂利(10~40mm)	109 "	3,190 "	29.3
割石(100~450mm)	32 "	1,480 "	46.2
〔注 オレンジピール A 文献 2 " B " 4〕			



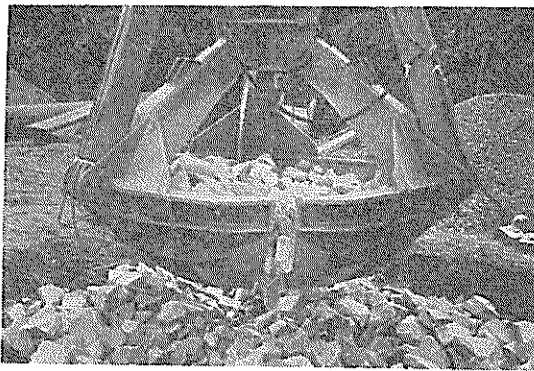
写真—3 容量 $0.05m^3$ のオレンジピールによる砂のつかみ状況
 $W_2 = 160Kg$



写真—4 容量 $1.038m^3$ のオレンジピールによる砂のつかみ状況
 $W_2 = 5000Kg$ (文献—4より)



写真—5 容量 $0.05m^3$ のオレンジピールによる割石のつかみ状況 $W_g=160Kg$



写真—6 容量 $1.38m^3$ のオレンジピールによる割石のつかみ状況 (文献—4より)

2—3—2 つかみ重量 W_s とグラブ自重 W_g 、開き長さ L 刃幅 B の関係

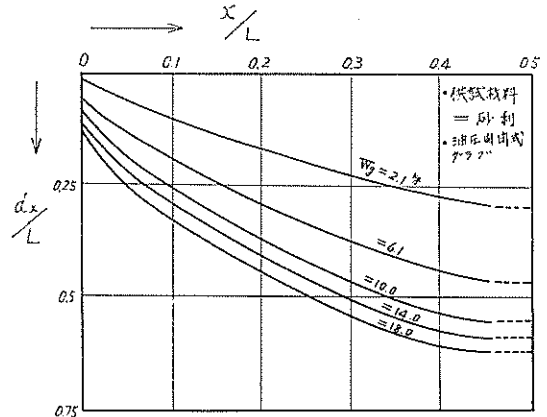
グラブ自重 W_g 、開き長さ L 、刃幅 B の内何れか一つを変化させる場合に、つかみ重量 W_s はどのようなようになるかを今までの実験結果によつて説明する。

まず W_g のみを変化させるときの W_s の値については、図—12の例でもわかるように、ほぼ $W_s \sim W_g^{1/2}$ の関係となる。このときの掘削軌跡の変化の一例を図—13に示す。このような実験を行なうに際し、グラブの自重を変えるのに付加重量をつける位置の相違がどのように影響するかが問題となるので、図—14に示す方法によつてつかみ重量を比較してみたところ、付加位置の相違によ

るつかみ重量の差は認められなかつた。このときの付加重量は、はじめのグラブ自重の2倍になるまでの範囲について W_g を変化させた。ゆえに、一般には付加重量位置に関係なくグラブ各部材の重量が一様に増したものと考えて差支えないようである。

開き長さ L 、または、刃幅 B を変化させるときのつかみ重量 W_s の値は、 L/B の比に大きく支配される。これは、掘削過程において、グラブ刃の前方で盛り上つて横方向へ逃げる土砂の量とつかみ取る土砂の量の割合が、 L/B の比によつて変るためであると思われる。図—15は L を変えるときの掘削軌跡の変化の状態を示したものである。これの記録を整理すると図—16のような傾向となり、ほぼ $W_s \propto L$ の関係を得る。また B を変えるときの W_s の変化については、第1報においても実験結果の一例を紹介したが、ほぼ $W_s \propto \sqrt{B}$ の関係となることが確かめられている。

以上の結果から $W_s/W_g \sim L\sqrt{B/2W_g}$ 特性を得ることになるが、上記の関係は、掘削過程における複雑な種々の現象に支配されており、何れも近似的に成立するもので、測定値にはかなりのばらつきが認められている。



図—13 グラブ自重 W_g を変えるときの軌跡の変化の一例(文献—3より)

2—3—3 開閉用鋼索の巻かけ数 n とつかみ重量 W_s の関係その他について

開閉用鋼索の巻かけ数 n は、グラブの部材強度、巻上げ装置能力、グラブ自重、寸法比等の多くの要素を考慮して決めるべきものであろう。図—17は、 n を増してゆくときの掘削軌跡の変化の一例を示したもので、この場合の鋼索張力は図—18のような傾向で変化する。また、図—19は巻かけ数と W_s/W_g の関係を表わしたもので、 $L\sqrt{B/2W_g}$ の値によつて、その傾向が異なるようである。

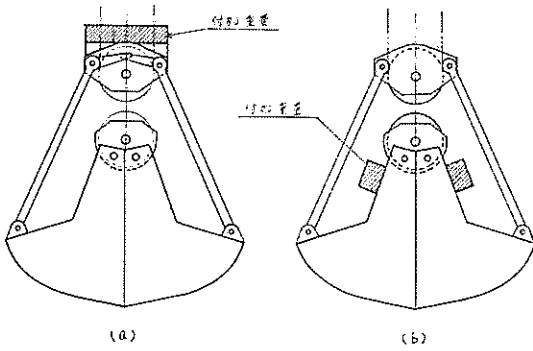


図-14 W_g を変えるときの
付加重量位置

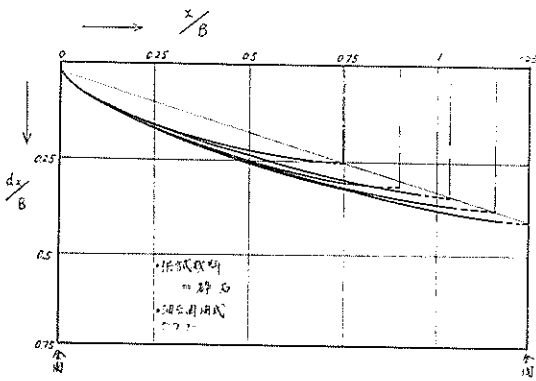


図-15 開き長さ L を変えるときの軌
跡の変化の一例(文献-3より)

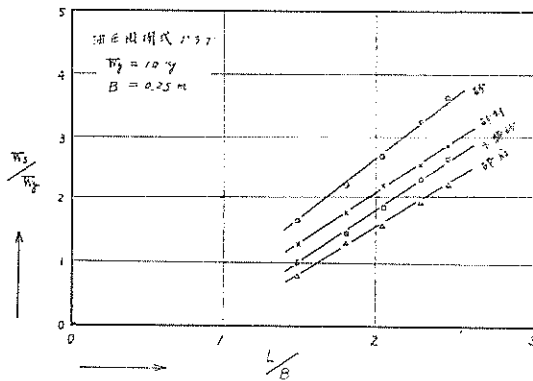


図-16 供試材料の種類と開き長さ L を変
えるときの W_3/W_g の変化 (文献-3より)

たとえば本報告の実験に使用したホールティンのグラフ
では、 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$ であるから、図の $L\sqrt{B/2W_g}$
 $=0.0317\sim0.364$ の間の傾向の変化で、巻かけ数を4本
から6本に増すときのつかみ土量の増加率は $L\sqrt{B/2W_g}$

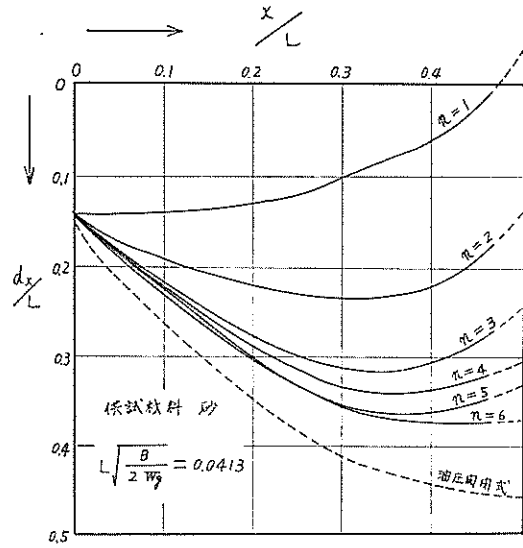


図-17 巻かけ数と掘削軌跡の関係
(文献-3より)

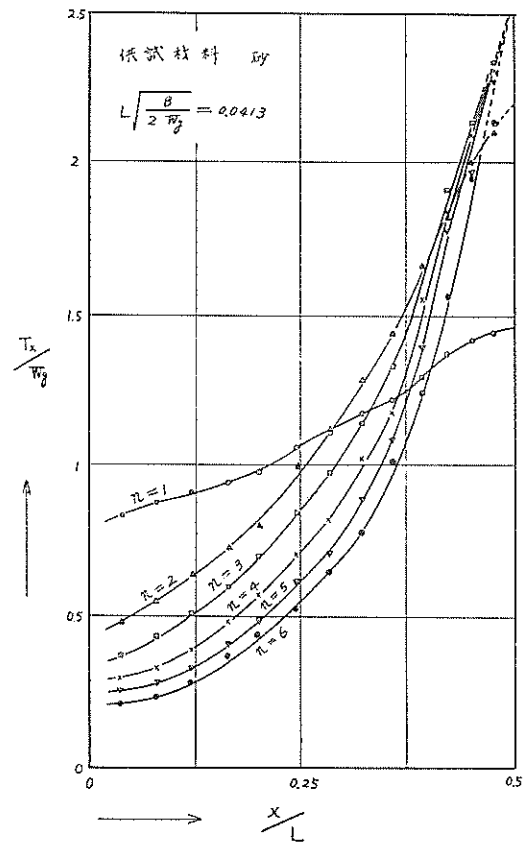


図-18 巻かけ数 n と T_x の関係
(文献-3より)

=0.0364 のものより小さいことが予想される。

次に、陸上において乾燥状態の砂、砂利をつかむ場合と、水中においてつかむ場合を比較したものの一例を図-20に示す。図から水中でつかむ場合は、陸上の場合よりもつかみ重量がわずかに増加することがわかる。この問題については、後述の本報告の実験結果によつて説明する。

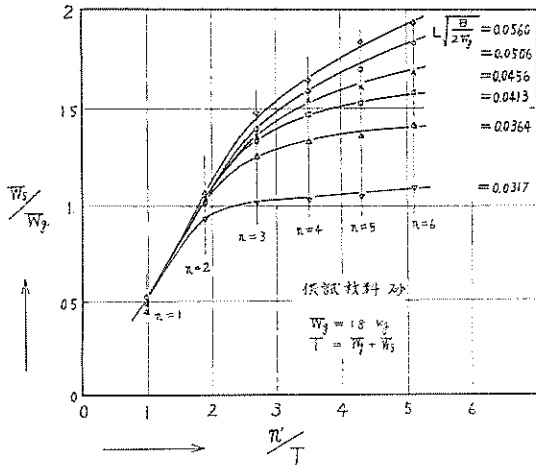


図-19 巻かけ数とつかみ重量の関係 (文献-3より)

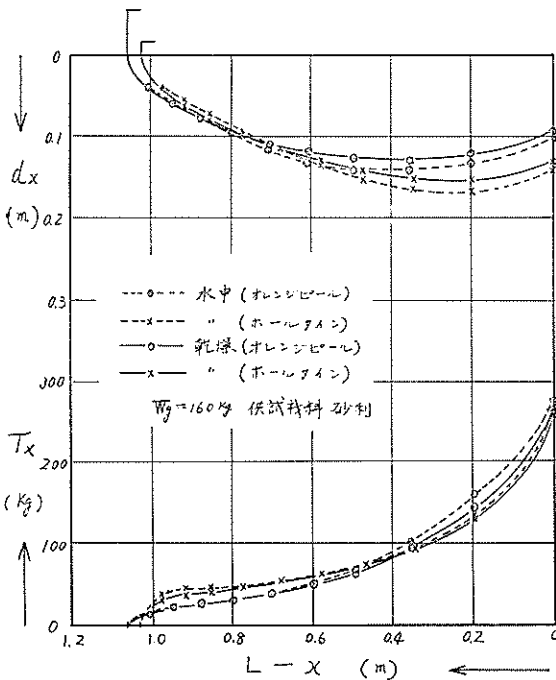


図-20 水中の砂利をつかむ場合と乾燥状態の砂利をつかむ場合の比較(文献-2より)

以上の他に、グラブを全開の状態では着地する際のグラブ刃の喰込みの程度によつて、掘削軌跡がどのように変化するかを確かめた実験結果の一例を図-21に示す。このような実験結果から判断すると、グラブ落下速度を増して、着地時のグラブ刃の喰込みを大きくする方法は、つかみ土量の増加の割合いとグラブ強度の面とから考えて、その効果は少ないように思われる。

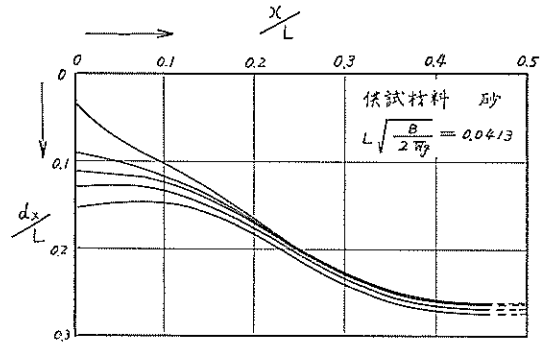
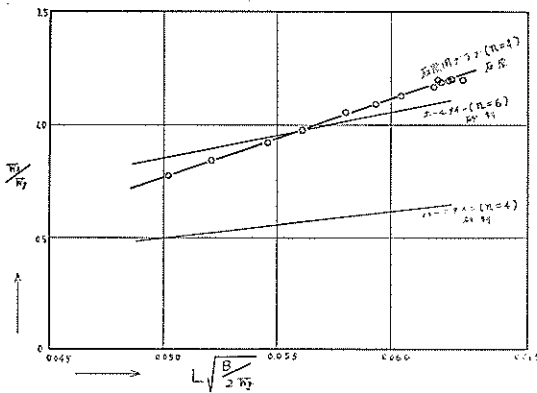


図-21 着地時の喰込み深さと軌跡の関係(文献-3より)

2-4 石炭用の標準グラブと浚渫用グラブの比較

石炭用のグラブは浚渫用グラブと比較して軽量で、開閉用綱索の巻かけ数も少ないのが普通である。図-22は、石炭用標準グラブの $W_2/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性を表わしたもので、付表にグラブの詳細を示す。図の計算に際しては、石炭の比重を0.9とし、表示の容量をつかむものとして W_2/W_g を求めた。ゆえに、 W_2 の値は付表-1の巻上げ荷重に含まれている値と少し違うようである。図-22において、 $L\sqrt{B/2W_g}$ の値が小さいものは、グラブ容量の小さいものである。どうしてグラブ容量の小さいものは、 $L\sqrt{B/2W_g}$ の小さい範囲に使用点を選ぶかについては種々の理由が考えられるが、実際面におけるグラブの機構上の問題や、石炭の粒径の影響もあると思われる。今までに実施してきた筆者らの実験においても、グラブの大きさによつて、上記のような影響があることも考えられるが、現在のところ未だ確かめていない。図に浚渫用グラブと比較するために、その特性を細線で示した。



図—22 石炭用標準グラブの特性(文献—6より)本報告の $n=3$ は一般のかけ数(2×3)に相当する。

2-5 計算例

本報告で求めた $W_s/W_g - L\sqrt{B}/2\bar{W}_g$ 特性を用いたグラブの計算例について述べる。いま、図—2に示したものと同種類のハーフティン、巻かけ数 $n=4$ のグラブで同じ粘土を1回に500Kgつかむことのできるグラブの寸法、自重、および巻上げ荷重を求めてみよう。

図—2に点線で示したように、ハーフティン、 $n=4$ のとき粘土に対し、 $W_s/W_g=0.3$ が特性上より求まる。ゆえに $W_s=500\text{Kg}$ のとき W_g の値は、

$$W_g = 500 / 0.3 = 1670\text{Kg}$$

巻上げ荷重 W は、

$$W = W_g + W_s = 2170\text{Kg}$$

W_g の値を $L\sqrt{B}/2\bar{W}_g=0.044$ に代入して、

$$L\sqrt{B}=2.52$$

$L/B=2$ とすると、 L と B は次のようになる。

$$L=2.34\text{m} \quad B=1.17\text{m}$$

上計の計算のように、 $W_s/W_g=0.3$ の値は、見かけ上は大変能率が低いようであるが、さらにグラブの自重 W_g を増したり、寸法を縮めたりして、つかみ率(つかみ容積とグラブ容量の比)を大きくするよりも式(2)の $1+W_s/W_g$ の値が大となるから得策である。

3. 実験

3-1 実験の目的

本報告における実験の主目的は、すでに述べたように大小のグラブの相似関係、クラムシエル型のホールティンググラブとハーフティングラブの相違、および、開閉用鋼索巻かけ数とつかみ重量の関係を確かめることである。このような問題を順次に解明してゆくことにより、グラブの計画や設計を容易にし、能率のよいグラブが選定できるようになる。本報告の第1報においては、 $W_s/W_g - L\sqrt{B}/2\bar{W}_g$ 特性の直線部分で、多数の測定値が土質と開閉用鋼索巻かけ数別に一致することを確かめたが、粒状の砂、砂利よりもつかみ作業が困難な土質や、 $W_s/W_g - L\sqrt{B}/2\bar{W}_g$ 特性の適用範囲外においては、どのような傾向で変化するか等の問題について二、三の質問も頂いている。そこで、さし当つて早急に実施することの可能な実験により、今までに述べてきた諸問題の一部でも確かめてみたいと考え、第1報で紹介した容量 0.005m^3 のグラブに対し、形状がほぼ相似で、容量が $1/10$ の 0.0005m^3

表—3 実験用グラブ

グラブの種類		本実験の 模型グラブ(a)	第1報の 実験用グラブ(b)	比 (a)/(b)
ホールティン	容量	0.005m^3	0.05m^3	10.0
	W_g	17Kg	160Kg	9.4
	L	473mm	1,018mm	2.15
	B	180 "	450 "	2.50
ハーフティン	容量	0.0005m^3	0.005m^3	10.0
	W_g	9Kg	90Kg	10.0
	L	520mm	1,150mm	2.21
	B	174 "	375 "	2.15

m^3 グラブによる実験を計画した。

3-2 実験装置、および実験。

実験に用いた模型グラブの内容を表-3に示す。詳細な構造については、付図-1と付図-2を参照された。この模型グラブは、第1報の実験に用いたグラブと

ほぼ相似であるが、ホールディンググラブの刃幅 B は、ハーフディンググラブと刃幅の等しい状態で比較する目的で製作したために、他の寸法比よりもやや小さくなっている。表-4は、ホールティンとハーフティンの模型グラブ各部材の重量配分を示したものである。

表-4 実験用グラブの部材重量

部 材 称 名	ホ ー ル タ イ ン		ハ ー フ タ イ ン	
	部 材 重 量	比	部 材 重 量	比
上 部 滑 車 箱 W_{g1}	2.7Kg	15.9%	1.9Kg	21.1%
下 部 " W_{g2}	3.2"	18.8"	2.2"	24.5"
ロ ッ ド W_{g3}	1.3"	7.6"	1.2"	13.3"
ス ク ー プ W_{g4}	9.8"	57.7"	3.7"	41.1"
合 計	17.0"	100.0"	9.0"	100.0"

グラブ実験槽として、供試材料が砂、砂利の実験では、付図-4(a)に示す形状の $900 \times 600 \times$ 深さ $\times 600mm$ の砂槽を用いた。供試材料が粘土の実験では、付図-4(b)に示す $3490 \times 2270 \times$ 深さ $600mm$ の泥槽を用いた。粘土は実験に先だつて、約 $300 \text{ Kg}/m^2$ のコンクリートブロックを載荷して圧密を行なつた。供試材料の砂と砂利は、第1報の実験と同種類のものであり、粘土は横浜本牧の海底から採取したものである。表-5にこれら供試材料の内容を示す。また付図-5~付図-7に砂と粘土の土質試験結果を示した。

実験は夫々の供試土上にグラブを静かに着地させ、開閉用綱索をホイストで巻取つて巻上荷重 T を読み、 T から W_g を差引いて W_s の値を求めた。水中の実験では、

つかんだ砂、砂利を空気中まで巻上げて湿つた状態の W_s の値を読んだ。乾燥重量は砂の場合で湿つた状態の重量の約 0.89 倍である。

4. 実験結果

4-1 模型グラブ (容量 $0.005m^3$) による各供試材料のつかみ重量

模型グラブに重量を付加しない標準状態で各供試材料をつかむときのつかみ重量 W_s と W_s/W_g の値を表-6に示す。表の () 内の数字は、乾燥した状態における重量である。

表-5 供試材料の種類

	性 質		摘 要
砂	粒 径 $0.15 \sim 5mm$ 単位体積重量 $1.59t/m^3$	有効径 $1.2mm$	相 模 川 産
砂 利	粒 径 $10 \sim 40mm$ 単位体積重量 $1.71t/m^3$		"
粘 土	砂 分 7.7% 粘 土 分 52%	シルト分 40.3% $G_s = 2.706$	横 浜 本 牧 産

表一六 各種供試材料のつかみ重量の比較

	ホールタイム		ハーフタイム		備 考
	$L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$		$L\sqrt{B/2W_g}=0.053$		
	W_s	W_s/W_g	W_s	W_s/W_g	
砂	11.50Kg	0.68	9.45Kg	1.05	相模川産
水締砂	8.63(7.69)	0.51	5.00 (4.46)	0.56	“
水中の砂	12.75(11.35)	0.75	11.75 (10.46)	1.35	“
砂利	8.25	0.49	4.95	0.55	“
水中の砂利	9.90(9.72)	0.56	6.63 (6.50)	0.74	“
粘土	7.75	0.46	2.75	0.31	本牧粘土

上記の測定値は、砂、砂利については夫々4回測定したものの平均値、粘土については2回の平均値である。上記の結果では、水中で砂をつかむときは掘削、巻上げ過程において流出する砂もあるために、乾燥重量で比較すると陸上実験のつかみ重量とあまり変わらず、また砂の水中と陸上の見かけの単位体積重量の比ほどには増加しないことがわかる。ハーフタイムグラフで粘土をつかむ場合は、掘削過程の途中で刃先が土面上に浮き上がり、つかみ重量はいちじるしく小であつた。ゆえに、このような粘土に対しては、ハーフタイムグラフの自重はやや小さ過ぎるように思われた。このような場合に、 W_g を大きくする方法の他に巻かけ数 n を増して W_s/W_g を大きくする方法もある。

4-2 第1報の $0.05m^3$ グラブによる実験結果との比較

ハーフタイムグラフの上部滑車箱に重量を付加して自重を変化させ、夫々の供試材料について $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性を求めたものと、第1報の実験記録とを比較したものを図-23に示す。図から砂、砂利に対しては、本実験結果と第1報の実験結果はほぼ一致し、このような供試材料についてのグラブ能力は、グラブの容量、大きさに関係なく $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性で表示できることがわかる。粘土については、第1報で実験を行わなかつたので比較できないが、供試粘土に対し $L\sqrt{B/2W_g}=0.044$ 付近が W_s/W_g の限界値のようである。上記の実験結果を表一七に示す。

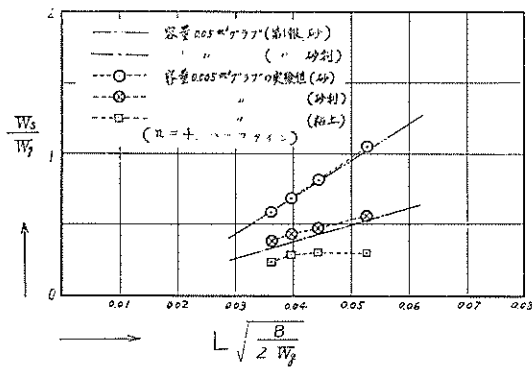
表一七 自重を変えるときハーフタイムのつかみ重量

$L\sqrt{B/2W_g}$	砂		砂 利		粘 土	
	W_s	W_s/W_g	W_s	W_s/W_g	W_s	W/W_g
0.053	9.45	1.05	4.95	0.55	2.75	0.31
0.044	9.70	0.81	5.63	0.47	3.75	0.31
0.040	10.38	0.69	6.38	0.43	4.25	0.28
0.036	10.50	0.58	6.88	0.38	4.25	0.24

4-3 ホールタイムとハーフタイムの相違、および、開閉用鋼索巻かけ数とつかみ重量の関係

実験に用いたホールタイムグラフは、開閉用鋼索巻かけ数 $n=6$ 、ハーフタイムグラフは $n=4$ である。この両グラフの刃や爪の形状の相違がどのようにグラブ能力に影響するかを調べるために、ホールタイムグラフの巻か

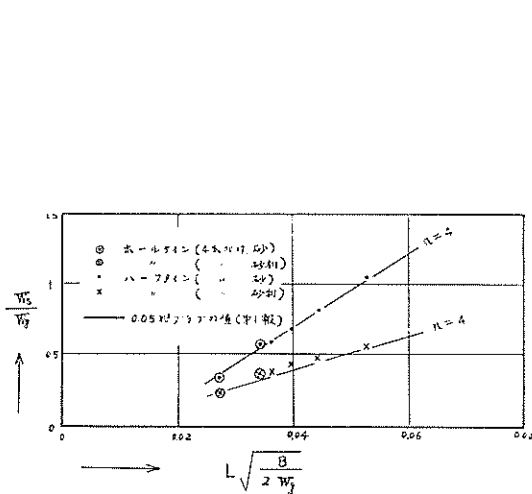
け数 n を4本にして、ハーフタイムグラフとつかみ重量を比較してみたところ、図-24に示すような結果を得た。図において、両グラフの $W_s/W_g - L\sqrt{B/2W_g}$ 特性はほぼ一直線上にあり、したがって、粒状の砂、砂利をつかむ場合には、グラフ刃や爪の形状がつかみ重量に及ぼす影響は少ないようである。



図—23 容量0.005m³ グラブの実験結果と第1報の容量0.05m³ グラブの能力の比較、および粘土の実験結果(陸上実験)

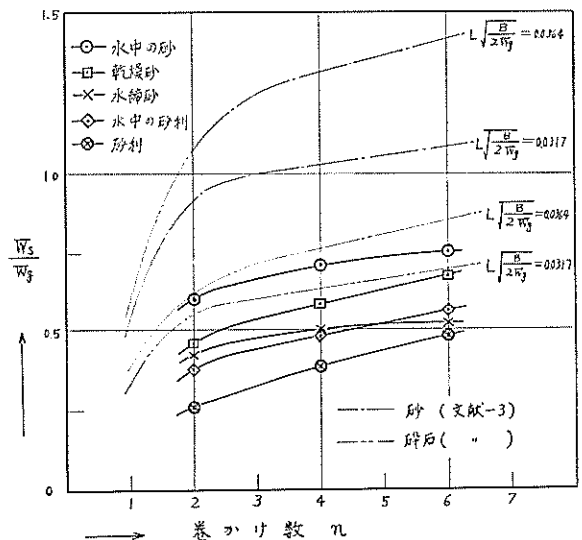
表—8 巻かけ数を変えるときのホールタイムのつかみ重量

巻かけ数 n	2本がけ		4本がけ		6本がけ		4本がけ	
	W _g =17Kg		W _g =17Kg		W _g =17Kg		W _g =26Kg	
	L√(B/2W _g)=0.0345		L√(B/2W _g)=0.0345		L√(B/2W _g)=0.0345		L√(B/2W _g)=0.0278	
供試土	W _s Kg	W _s /W _g	W _s	W _s /W _g	W _s	W _s /W _g	W _s	W _s /W _g
砂	7.75	0.45	9.75	0.58	11.50	0.68	8.90	0.34
水締砂	7.38	0.43	8.50	0.50	8.63	0.51		
水中の砂	10.25	0.60	12.13	0.71	12.75	0.75		
砂利	4.63	0.27	6.50	0.38	8.25	0.49	6.00	0.23
水中の砂利	6.50	0.38	8.37	0.49	9.90	0.56	9.75	0.38



図—24 巻かけ数が等しい場合のホールタイムとハーフタイムの比較

次に、ホールタイムグラフによつて、巻かけ数 n の変化と W_s/W_g の関係を調べた結果を図—25に示す。図において、本実験の n と W_s/W_g の関係は、すでに述べた文献—3の記録の内、 $L\sqrt{B/2W_g}$ の値が本実験の値0.0345に近いものの傾向とよく似ているようである。すなわち、 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$ 付近のものは、本実験のグラフも文献—3のグラフも、開閉用鋼索巻かけ数を3本から6本に増す場合のつかみ重量の増加率は共に小である。上記の実験記録を表—8に示す。尚、上記の問題については、付図—9を参照されたい。



図—25 開閉用鋼索巻かけ数 n と W_s/W_g の関係

5. 結 論

本報告における実験結果の主な結論として次のことが確かめられた。

- (1) 本実験に使用した容量 $0.005m^3$ グラブと、第1報の実験に使用した容量 $0.05m^3$ グラブの W_s/W_g - $L\sqrt{B/2W_g}$ 特性は、砂、砂利の供試材料に対してほぼ一致した。ゆえに、一般の土砂浚渫用のグラブ能力は、 W_s/W_g - $L\sqrt{B/2W_g}$ 特性によつて表示できると思われる
- (2) 本実験に用いた供試粘土に対しては、クラムシエルの巻かけ数 $n=4$ のグラブで $L\sqrt{B/2W_g}=0.044$ が使用範囲の限界であり、この場合の $W_s/W_g=0.31$ であつた。
- (3) ホールディンググラブとハーフディンググラブで粒状の砂、砂利をつかむ場合に、グラブ刃や爪の形状による影響は少なく、グラブの型式、巻かけ数と、 $L\sqrt{B/2W_g}$ の値によつてほぼその能力が決まる。つかみ重量 W_s と巻かけ数 n の関係は $L\sqrt{B/2W_g}$ の値によつて傾向が定まるようである。

本報告、および第1報で紹介した内容は、供試材料の種類も少ないために、現状では実際面へ直接応用するまでに至っていない。ゆえに今後は対象とする土質の種類を増して広範囲な実験を行ない、夫々の土質について W_s/W_g - $L\sqrt{B/2W_g}$ 特性を求めてゆきたいと考えている。ここに述べた W_s/W_g - $L\sqrt{B/2W_g}$ 特性は、グラブの複雑な機構によるつかみ作用を、単に L と B の寸法だけで代表させているのであるから、あくまで普通に用いられているほぼ相似なグラブについてのみ適用できるものである。本報告以外の今までに実施してきた実験記録も含めた W_s/W_g - $L\sqrt{B/2W_g}$ 特性を付図—10 にまとめた。以上の研究報告の内容がグラブの計画、設計に際して何らかの参考になれば幸である。

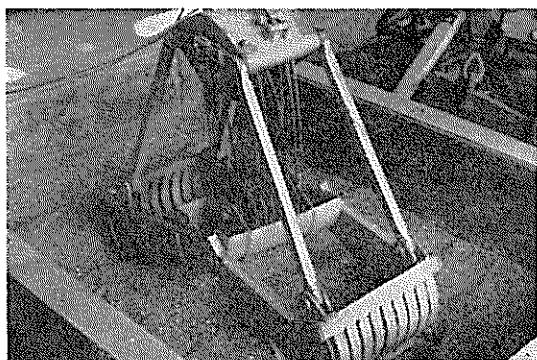
謝辞、

本報告の内容には、第1報に引続いて徳永省三氏（文献—3）の実験記録を参考にさせて頂いている。また本報告の作成に際しては、機材部長松田任、作業船研究室長近藤基、および流体輸送研究室長八木得二の各氏に種々御助言を頂いている。上記各位に厚く御礼申上げる次第である。

以 上

参 考 文 献

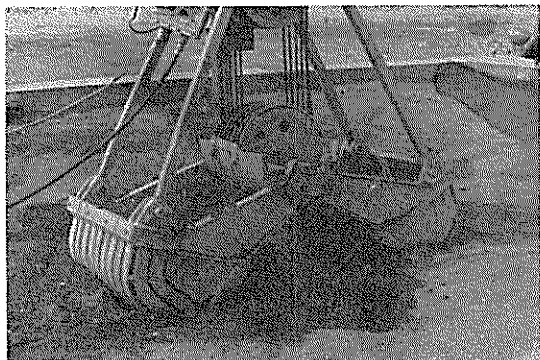
1. 港湾技術研究所報告第4巻7号（1965）
[浚渫用グラブの研究 第1報]
近藤 基, 岩田尚生, 内井敏之
2. 港湾機械技術研究会資料（1663）
[グラブバケットの模型実験]
港湾技術研究所 機材部
3. 運輸技術研究所研究発表会（第12, 15, 17回）
[グラブバケットの試験] I. II. III)
運輸技術研究所 徳永省三
4. 浦賀重工業株式会社研究報告書（1963）
「転石扇の浚渫に関するグラブバケットの实船試験に関する試験研究」
浦賀重工業株式会社
5. 作業船 No40（1965）
「グラブの性能比較について」
岩田尚生
6. 日本機械学会第248回講習会（1966）
「石炭用グラブバケット標準」
大沢水澄
（昭和41年6月23日受付）



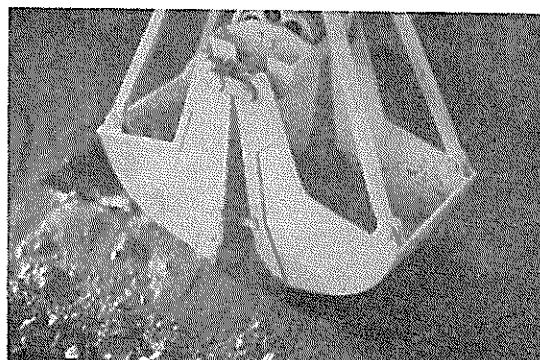
写真一七 容量 $0.005m^3$ のホールティンによる砂のつかみ状況 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$



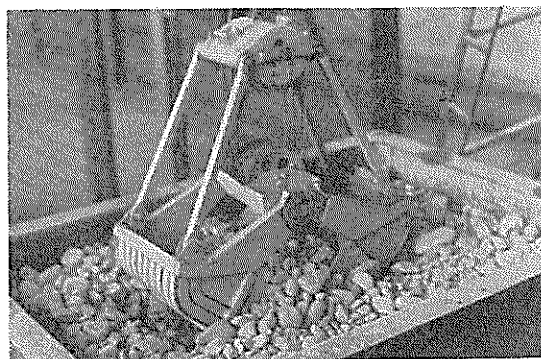
写真一〇 ハーフティンによる砂利のつかみ状況 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$



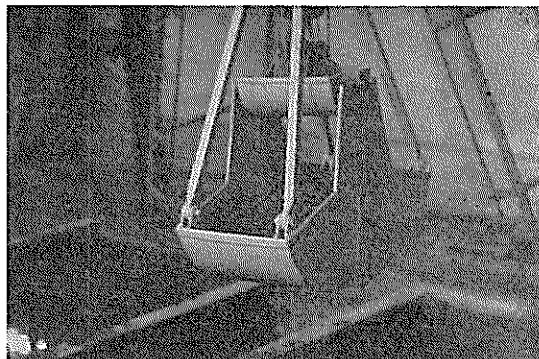
写真一八 容量 $0.05m^3$ のホールティンによる砂のつかみ状況 (文献一) 写真一七 と比較されたい $L\sqrt{B/2W_g}=0.0382$



写真一一 ハーフティンによる粘土のつかみ状況 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$

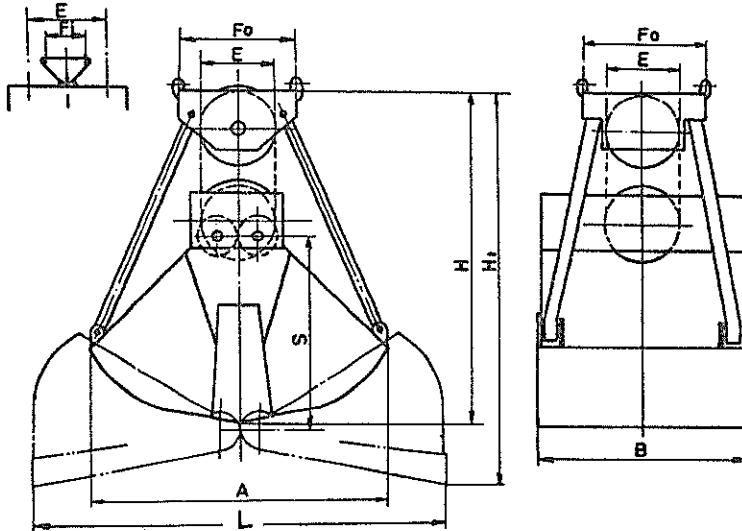


写真一九 ホールティンによる砂利のつかみ状況 $L\sqrt{B/2W_g}=0.0345$

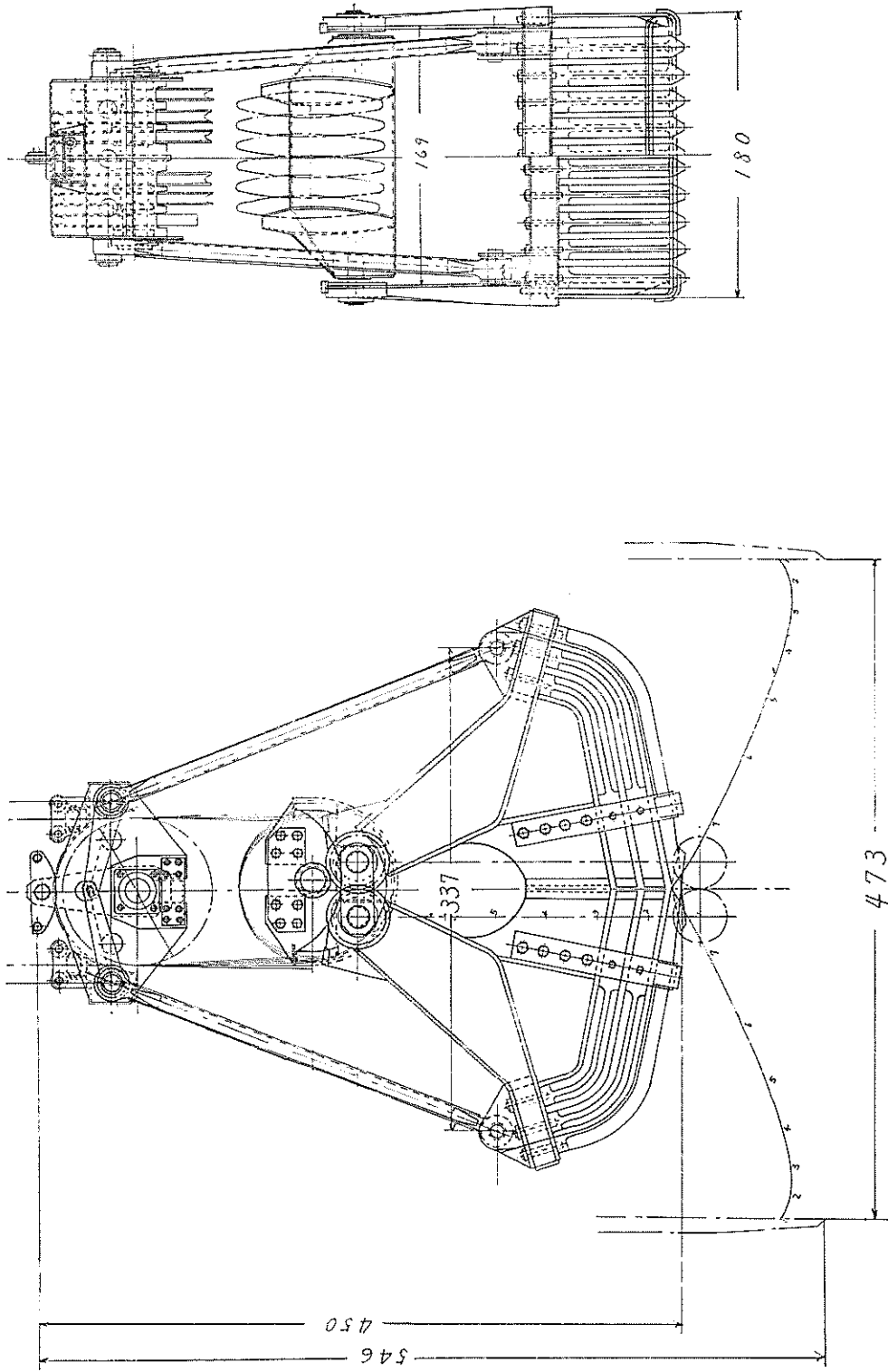


写真一二 ハーフティンによる水中砂のつかみ状況 $T、B、2W_g=0.0345$

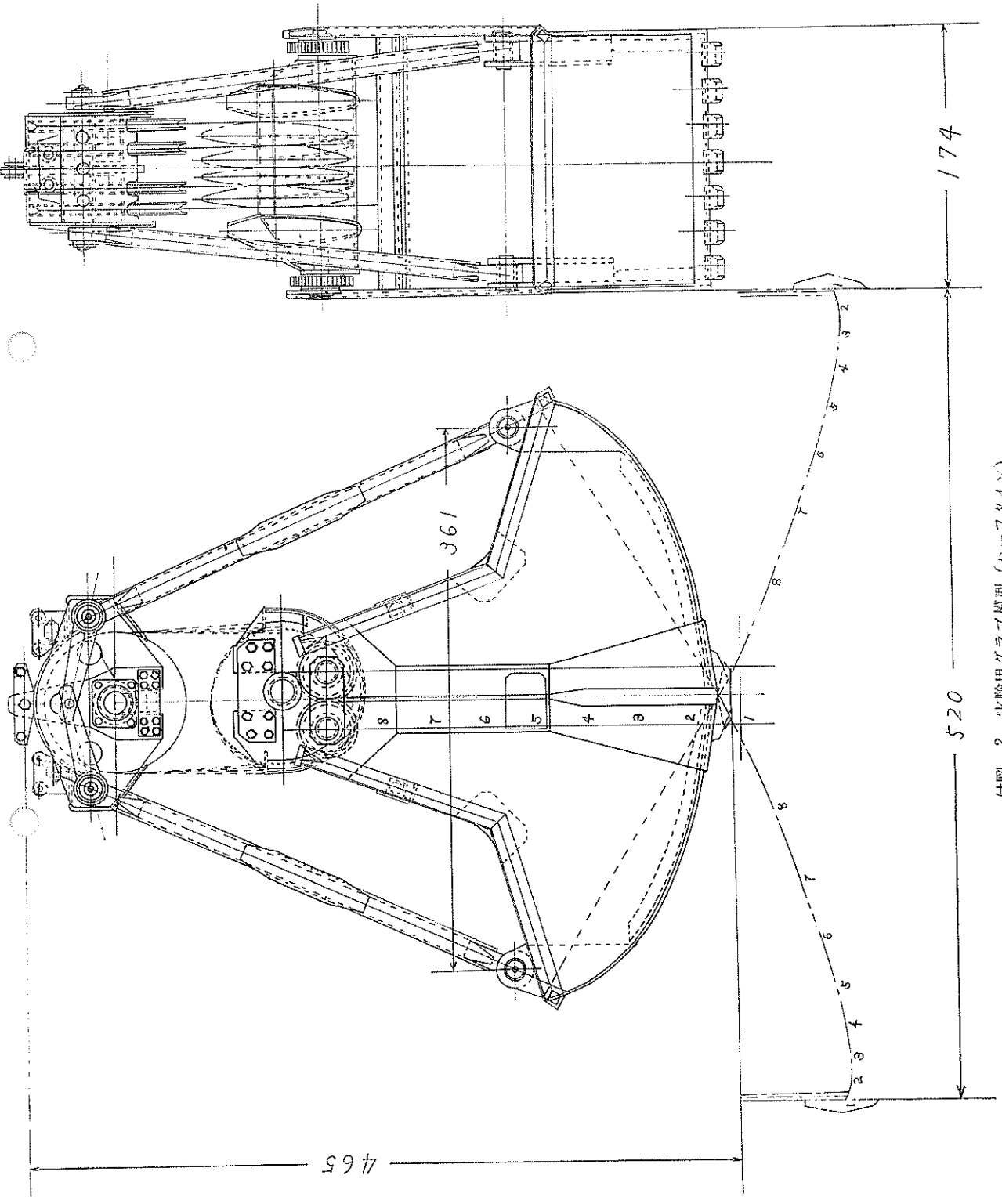
付表一 石炭用グラブの標準寸法 (文献一6より)



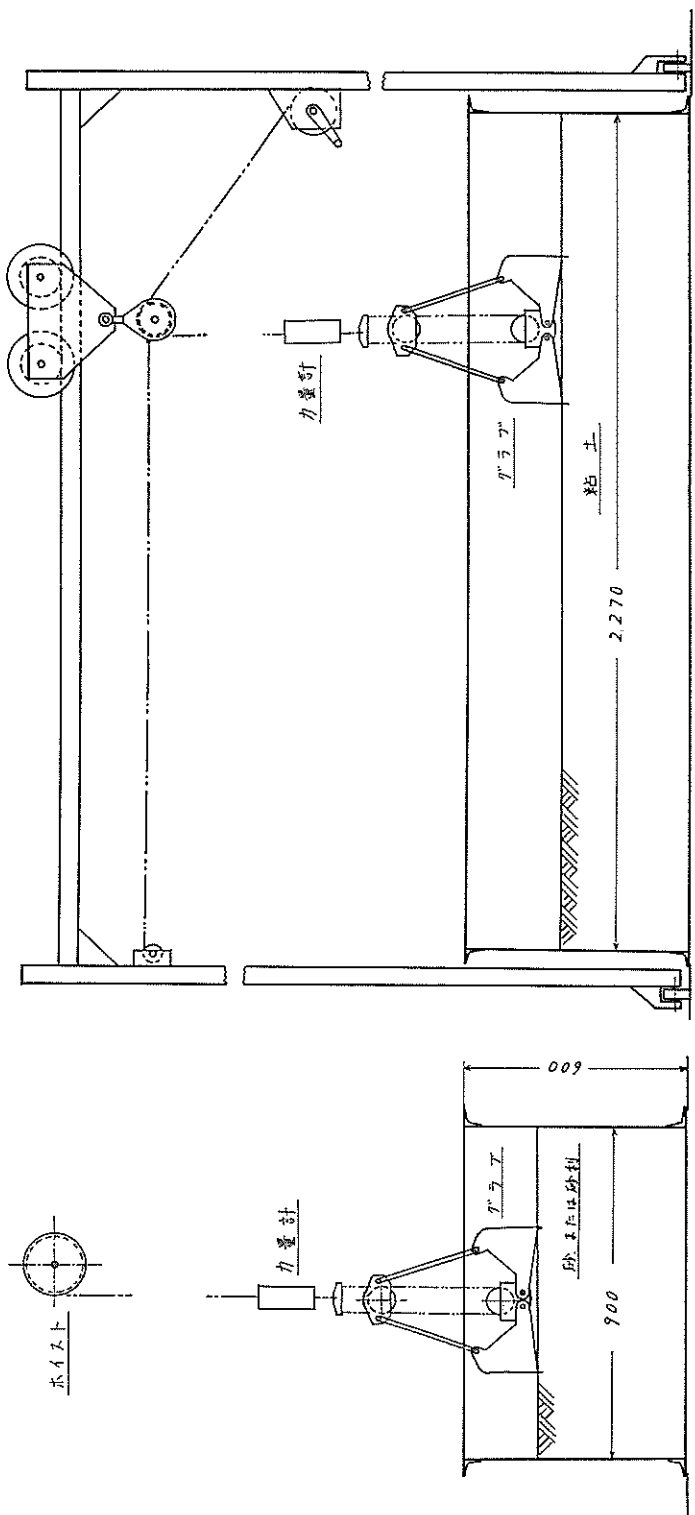
よび 容量	A	L	B	H	H ₁ 以内	S 以内	E	F _o	F _i	開	閉	クレー ン巻上 荷重	W _s W _g	L√ $\frac{B}{2W_g}$
										ロ 径	ロ 径			
m ³	mm										t	t		
0.63	1470	2000	924	1470	1860	1018	180	431		9	0.73	1.25	0.78	0.0502
0.8	1600	2150	1000	1600	2000	1160	200	464		10	0.85	1.60	0.85	0.0521
1.0	1720	2320	1080	1720	2150	1250	200	464		10	0.975	2.00	0.92	0.0546
1.25	1860	2500	1160	1860	2320	1360	224	500		11.2	1.15	2.50	0.98	0.0561
1.6	2000	2700	1250	2000	2500	1470	250	541		12.5*	1.36	3.15	1.06	0.0580
2.0	2150	2920	1360	2150	2700	1600	280	584		14*	1.65	4.00	1.09	0.0593
2.5	2320	3150	1470	2320	2920	1720	320	630		16	2.00	4.00	1.13	0.064
3.15	2500	3410	1600	2500	3150	1860	320	630		16	2.43	5.00	1.17	0.0619
4.0	2700	3700	1720	2700	3410	2000	360	681	250	18	3.00	6.30	1.20	0.0626
5.0	2920	4000	1860	2920	3700	2150	400	736	270	20	3.75	8.00	1.20	0.0631
6.3	3150	4310	2000	3150	4000	2320	450	800	292	22.4	4.75	10.00	1.20	0.0625
8.0	3410	4640	2150	3410	4310	2500	500	862	315	25	6.00	12.5	1.20	0.0621
10.0	3700	5000	2320	3700	4640	2700	560	928	341	28	7.50	16.0	1.20	0.0622
12.5	4000	5410	2500	4000	5000	2920	630	1000	370	31.5*	9.50	20.0	1.19	0.0622



付図一1 実験用グラフ模型 (ホールタイプ)



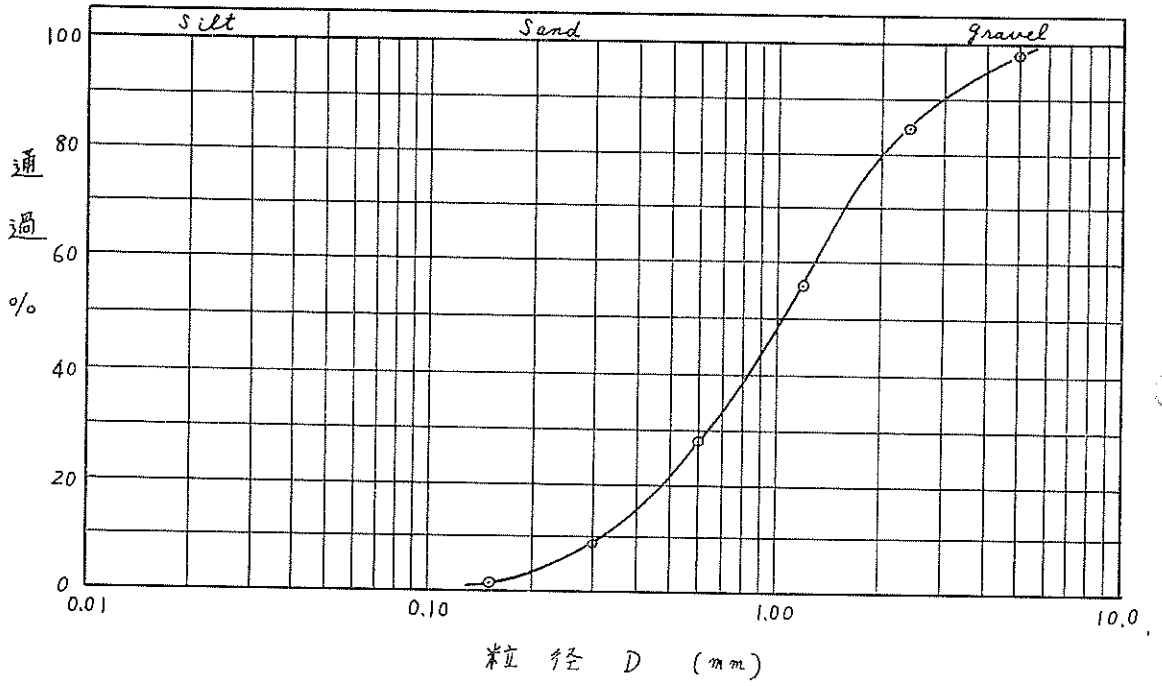
付図-2 実験用グラブ模型 (ハーフタイプ)



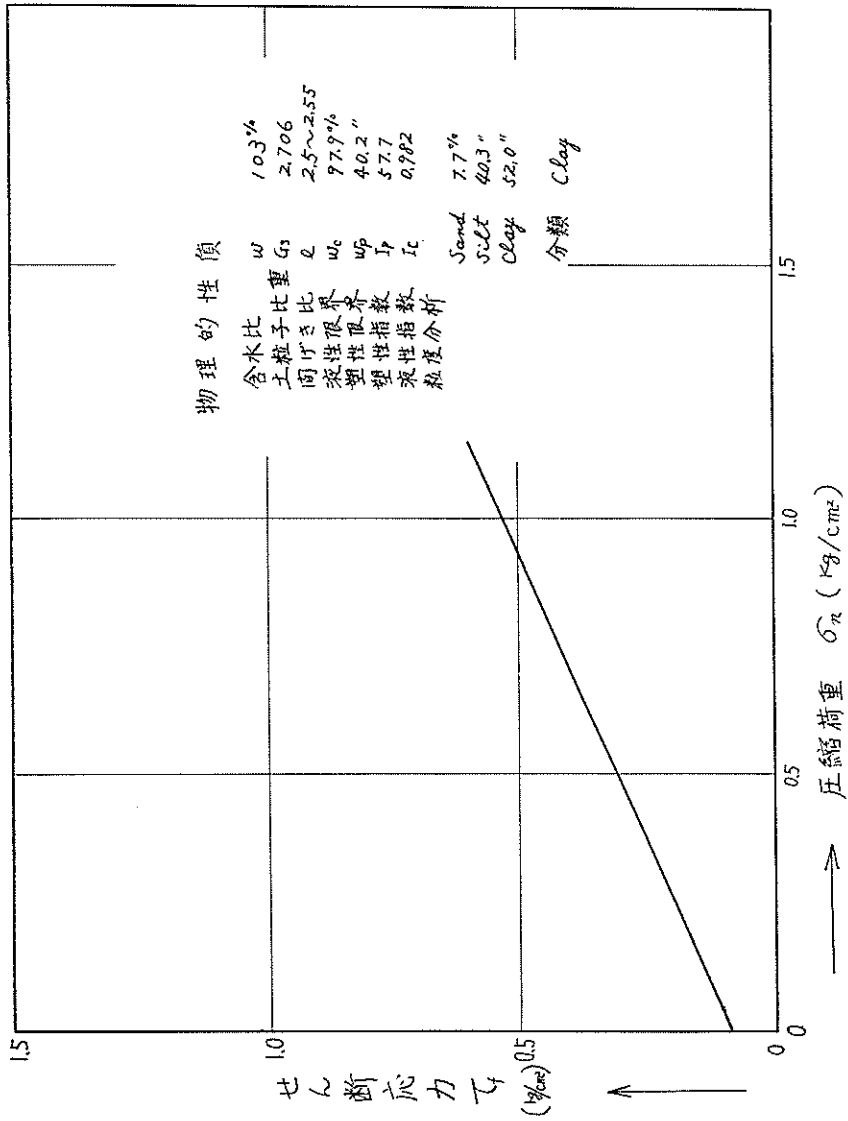
(b)

(a)

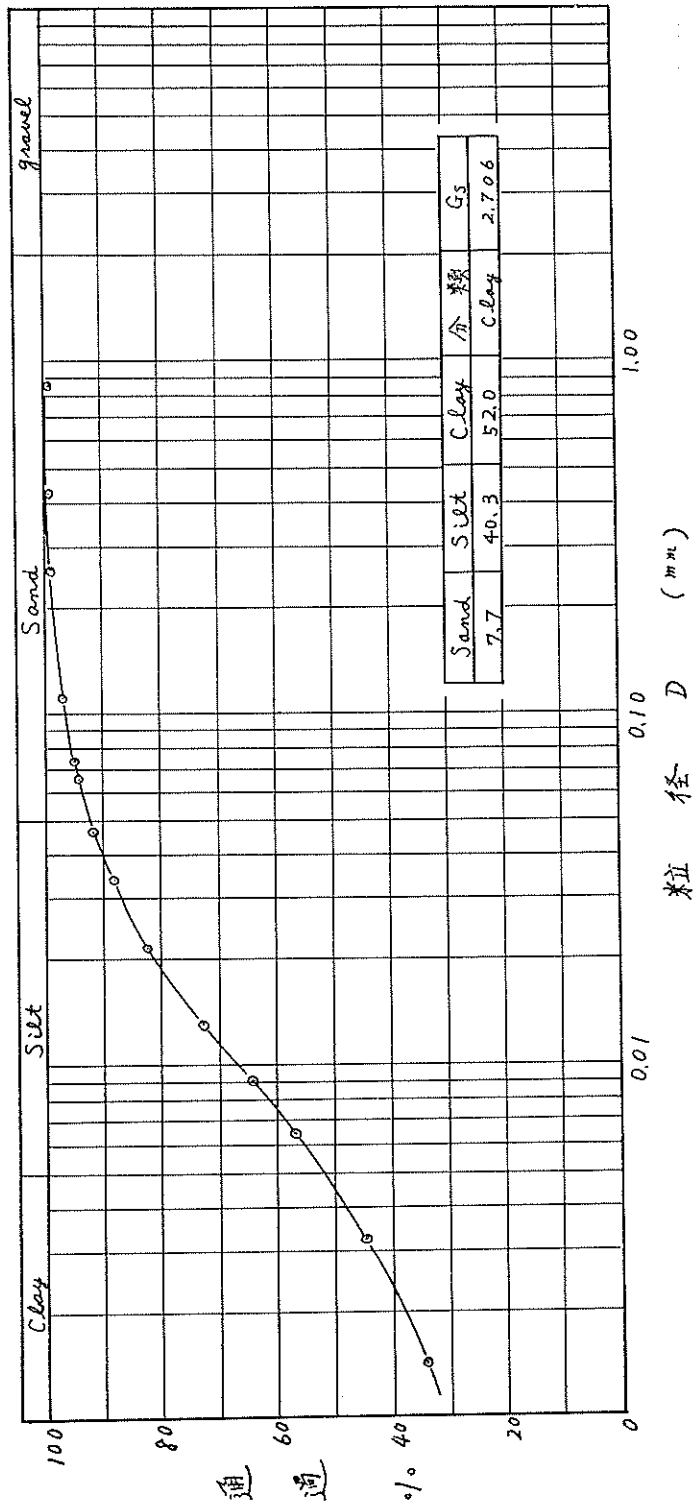
付図-4 グラフ実験装置



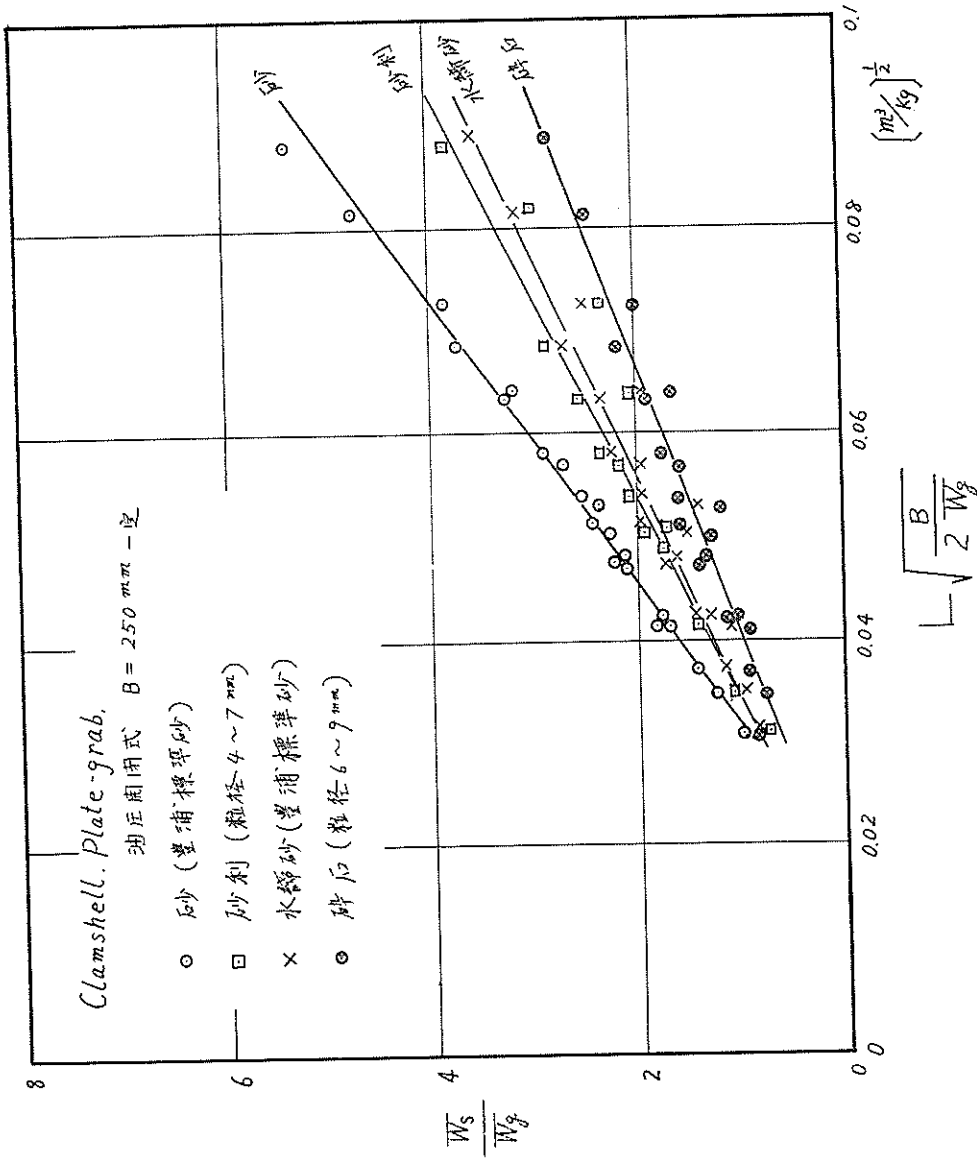
付図—5 相模川産砂の粒径加積曲線



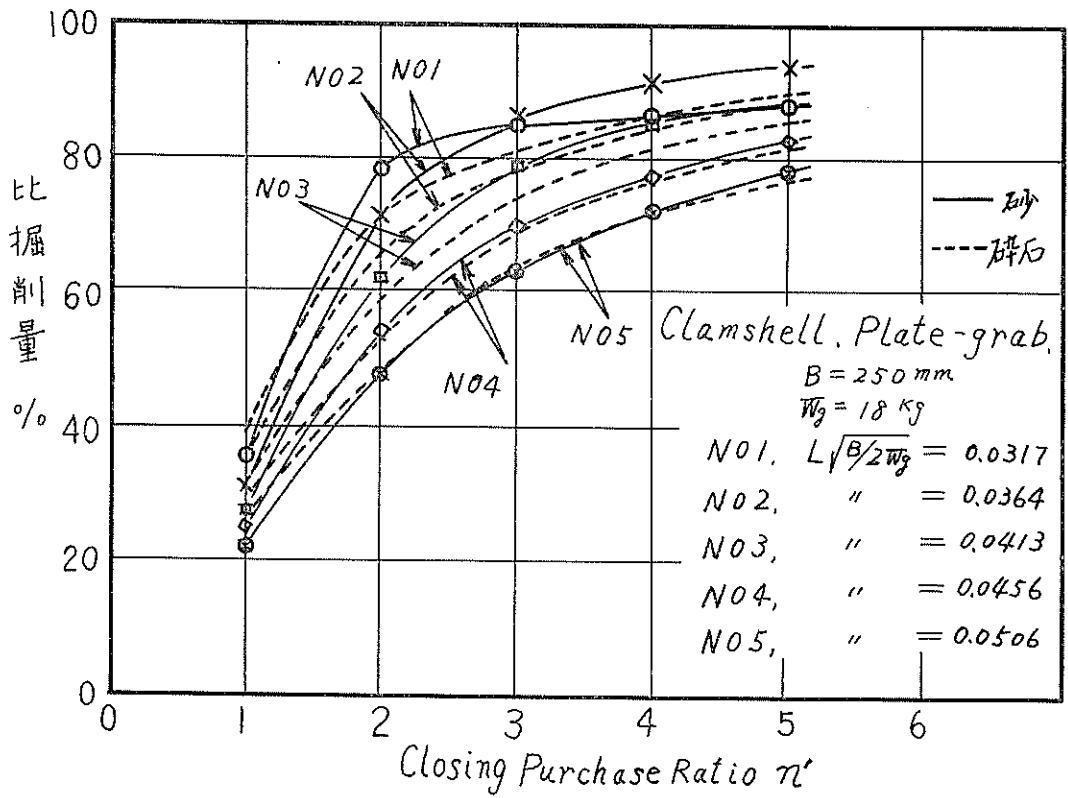
付図一6 本牧粘土の一面せん断試験成績および物理的性質



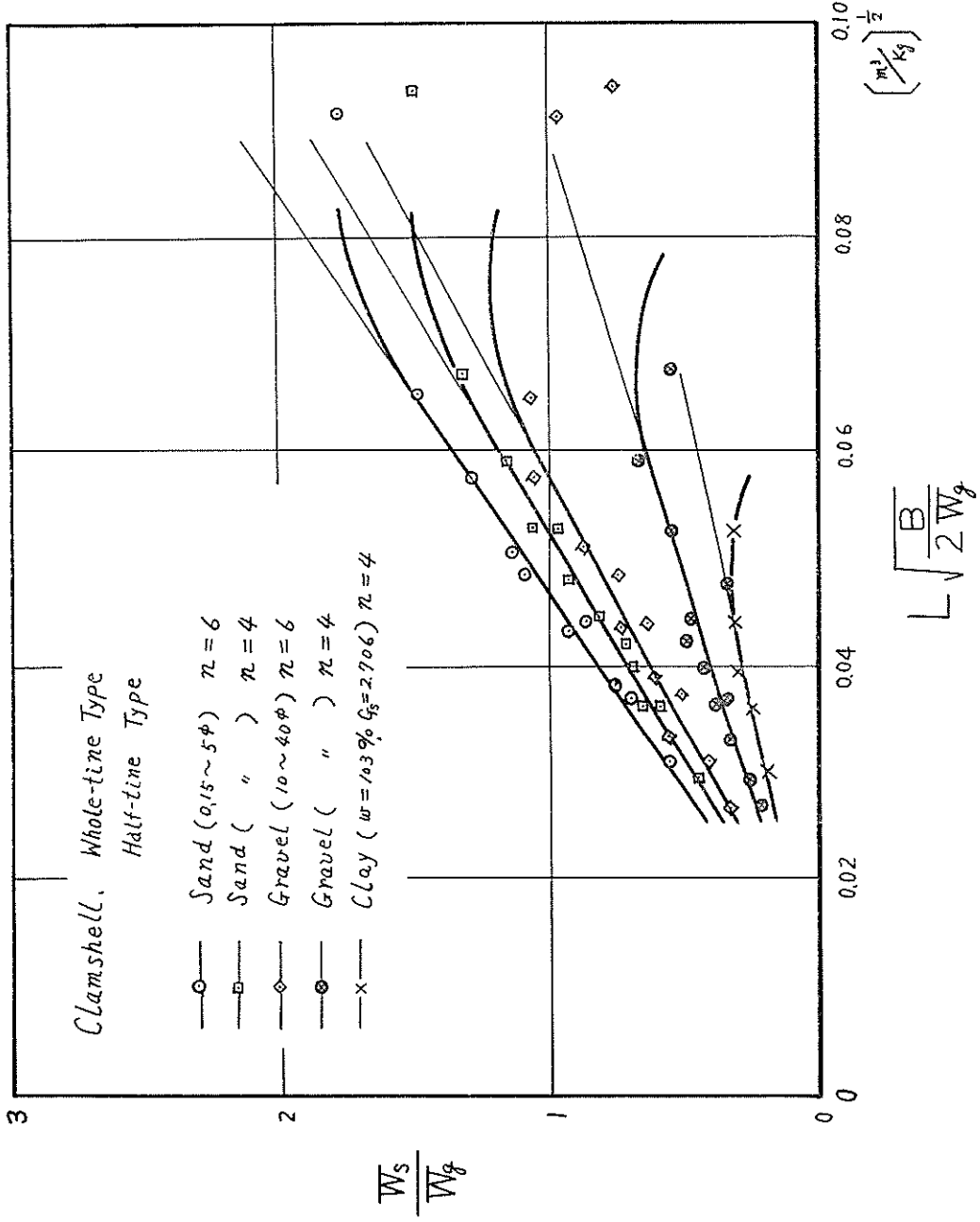
付図一7 本牧粘土の粒径加積曲線



付図—8 文献—3の実験から得た $W_s/W_g - L \sqrt{B/2W_g}$ 特性



付図—9 油圧開閉式のグラブによるつかみ重量を100とした場合の相当巻かけ数 n' に対する
 つかみ重量の率 (文献—3より)



付図-10 文献-1, 文献-2, 文献-5, および本報告の実験から得た $W_s/W_g - L \sqrt{B/2W_g}$ 特性

港湾技術研究所報告 第5卷7号

1966年6月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 東京大和印刷株式会社
東京都杉並区堀ノ内2の440