

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. 9

NO. 1

MAR. 1970

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P. H. R. I)

第9巻 第1号 (Vol. 9, No. 1), 1970年3月 (March 1970)

目 次 (CONTENTS)

1. 組グイの水平抵抗に関する実験的研究
..... 沢口正俊 3
(Experimental Investigation on the Horizontal Resistance of Coupled Piles
..... Masatoshi SAWAGUCHI)
2. 港湾埋没に関する移動床模型の再現性—鹿島港模型実験の場合—
..... 佐藤昭二・田中則男・入江功・平原淳次 71
(Similitude of the model Test on Harbour-Shoaling in Movable Bed
—The Case of the model Test of Kashima Port—
..... Shoji SATO, Norio TANAKA, Isao IRIE, Junji HIRAHARA)
3. 水平全方向流速計の試作について (第1報)
..... 柴山煒彦・須藤茂 125
(A New Current-Meters of All-Direction-Type (1st Report)
..... Akihiko SHIBAYAMA, Shigeru SUDO)
4. 定置式波向計 (抵抗歪線型) の開発
..... 高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘 151
(On the Development of A New wave Direction meter
..... Tomoharu TAKAHASHI, Yoshimi SUZUKI, Hiroshi SASAKI)
5. 鋼直杭栈橋の耐震性に関する研究
..... 山本隆一・林聰・土田肇・山下生比古・小蔵紘一郎 179
(Evaluation of Seismic Stability of Trestle Type Pier with Vertical Steel Piles
..... Ryuichi YAMAMOTO, Satoshi HAYASHI,
Hajime TSUCHIDA, Ikuhiko YAMASHITA, Koichiro OGURA)

6. ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究
.....工藤和男・高力健次郎・久保重美..... 229
(Studies on Area of Wharf Apron and Related Cargo Handling Activities
.....Kazuo KUDO, Kenjiro KOHRIKI, Shigemi KUBO)
7. 軟底質における超音波の反射透過特性—フライアッシュ底質における室内実験—
.....木原純孝..... 275
(Reflection and Transmission Characteristics of Ultrasonic Wave in Soft Mud Layer
—An Experiment on Fly-Ash mud Sediment—
.....Sumitaka KIHARA)
8. 捨石均し機の開発
.....小岩苔生・大平勝・平山勇・白鳥保夫..... 307
(Development of a Leveling Equipment for Rubble Mounds
.....Taisei KOIWA, Katsu OHIRA, Isamu HIRAYAMA, Yashuo SHIRATORI)

8. 捨石均し機の開発

小岩 苔生*・大平 勝**
平山 勇**・白鳥 保夫**

要 旨

本報告はケーソンマウンド等の捨石の均し作業を機械化するための捨石均し機の試作と、本機による実験について述べたものである。試作捨石均し機は下部に起振機を有し、2個の偏心ウエイトの対向回転により、均し機に振子運動を生じさせるものである。均し作業はこの均し機をつり下げて水平に移動する事により、均し機下部の均し刃にて行う。試作機の諸元は下記のとおりであり、実験用の小形のものである。

起振力1,800kg, 全振幅0.2m, 振動数100cpm, 均し幅1m, 偏心ウエイト $80\text{kg}\cdot\text{m}\times 2$,
全重量4,500kg, 電動機22KW/1200rpm

5~10kgの石のマウンドの場合、均し幅1m, 均し深さ0.1m, 均し速度10m/min で均し作業が行えたが、20~40kgの石のマウンドでは均し速度を遅くする必要があった。本方式の捨石均し機では、振動数を高める事よってに大きな起振力が得られ、また捨石均し時の不平衡力による均し機の回転が少くなり、より安定した作動が得られるものと思われる。

* 機材部 特殊作業船開発室長

** 機材部 特殊作業船開発室

8. Development of a Leveling Equipment for Rubble Mounds

Taisei KOIWA* · Katsu OHIRA**

Isamu HIRAYAMA** · Yashuo SHIRATORI**

Synopsis

Authors try to develop leveling equipments for rubble mounds such as for caissons. This paper describes a model equipment developed for this purpose in our laboratory showing some experimental results.

The leveling equipment we developed has a exciter at the lower part of it, which holds a pair of eccentric weights rotating contrary each other, eventually causing the leveling equipment to a complex pendulum motion.

Leveling works should be carried out by hanging the equipment and moving it horizontally. Stones are moved by leveling shoes attached to the bottom of the equipment.

Main dimensions of the model are as follows :

exciting force 1,800kg	frequency 100cpm
moment $80\text{kg} \cdot \text{m} \times 2$	amplitude-total 0.2m
leveling width 1 m	weight 4,500kg
motor 22KW/1200rpm	

On the mound of stones each of 5~10kg, leveling could be accomplished under the conditions of 10m/min leveling velocity, 1m leveling width and 0.1m leveling depth, but on the 20~40kg stones, lower leveling velocity was needed.

For this type of leveling equipments, it seems effective to rise the frequency of the exciter, because more powerful exciting force reduces rotation of the equipment caused by non-uniform leveling force and better performance could be expected.

* Chief, Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

** Member, Working Craft Development Laboratory

目 次

要 旨	307
1. まえがき	311
2. 捨石均し水平力の予備実験	312
3. 捨石均し機の設計概要	316
3.1 設計方針	316
3.2 基本設計	316
3.3 主要部構造	316
3.4 動 力	317
4. 試作機特性	317
4.1 振動特性	317
4.2 電流特性	318
5. 捨石均し特性	319
5.1 捨石マウンドおよび実験装置	319
5.2 捨石均し水平力と作業性	321
5.3 水中における捨石均し	323
5.4 捨石均し精度	326
6. あとがき	326
参考文献	
記号表	

捨石均し機の開発

1. まえがき

近年産業の発展とともに労働力が不足して来ており、省力機械化への動きが活発である。港湾工事もこの例外ではなく、かえってその作業の特殊性から経験豊かな熟練作業員を必要とするものが少なくないだけに、この影響は大きい。また最近では施工期間の短縮化や海気象などの作業条件の悪い所での施工に対する要求が高まっており、これらに対処するための機械化、施工機械の改良などが進められている。本報告は港湾工事の一部門であるケーソン防波堤などの捨石マウンドの機械化均しに対する実験用捨石均し機の試作を中心に述べたものである。

捨石マウンドにも数種のものがあり、抗などの洗掘防止用の捨石マウンドでは捨石の均しはあまり必要ではないが、捨石マウンドの上にケーソンなどの構造物を据置

く場合には、一般に捨石の均しが必要である。ケーソン防波堤の捨石マウンドを例にとった場合、石材の大きさは次の様である¹⁾。捨石マウンドの外面に用いる被覆石は、波高が2 m以下では500kg、2～3 mでは、500～1,000kg、3 m以上では1,000kg、場合によっては2,000～3,000kg ものも用いられるが¹⁾、設計施工条件により多少の差異があるようである。また最近はこの被覆石にコンクリートブロック網被覆などが用いられる例がある。ケーソンマウンド内部の捨石の大きさは、波によって被覆石のすき間から捨石が流出ないように被覆石の1/20以上の石が良いとされており²⁾、一般には20～300kgのものが用いられるが、50kg程度のものが多いようである。石質は耐久性があり、比重2.6程度以上のものが要求され、形状はあまり扁平なものは好ましくない。比重2.6とした場合の石の大きさと重量の関係を 図-1 に示す。

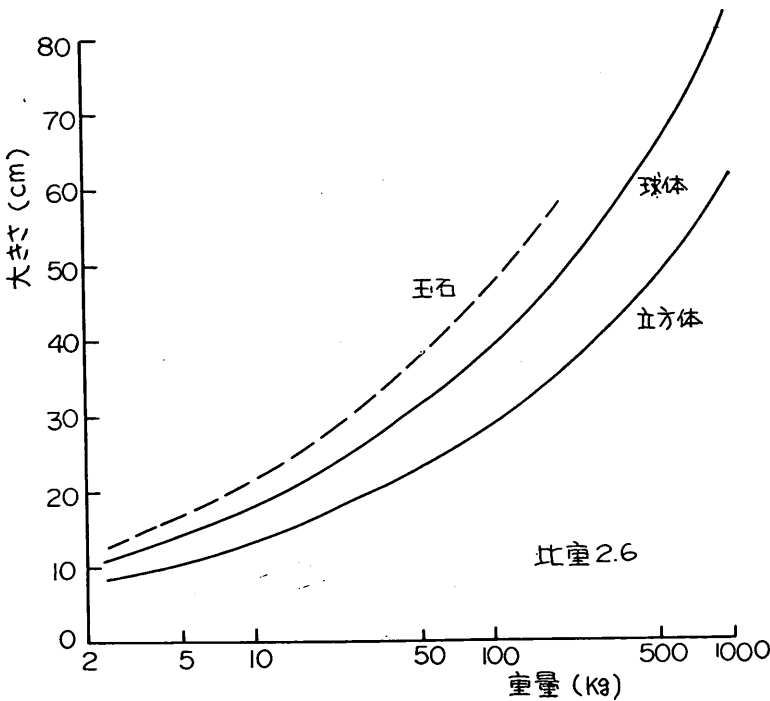


図-1 石の大きさと重量

捨石均し精度は仕上時で天端高+0、-3 cm、穴の大きさは30kg程度の石でうめられる位といわれている。

この捨石均しは現在のところ潜水夫によって行われるのが大部分であるが、これを機械化する方法としては大

別して次の2通りが考えられる。

1. 水平均し板方式
2. 垂直加圧盤方式

1の水平均し板方式はブルドーザーの様に排さ板を水

平に移動する事によって均しを行うものである。2の垂直加圧盤方式は底盤に垂直方向を加える事により均しを行うもので、静的荷重だけでなく、起振機により振動荷重を加えたものがより効果的である。

捨石均しの機械化は大規模な装置ならば、比較的确实に行えるので、機械化に対する要求度の高い所ではこの様なものも実際に用いられているようであるが²⁾、我国の現状ではあまり高額な装置となったのでは採用に問題がある。そこで当開発室で試作するものは既存の起重機船などが利用できて、製作費が低く、しかも捨石の荒均しにも向くものとして、起振機による水平振動をともの

う水平均し板方式のものとした。

2. 捨石均し水平力の予備実験

土砂などの比較的粒径の小さなものに対する水平掘削の実験は良く行われているが³⁾、捨石均しのように均し板の大きさに対し石の大きさの割合が大きいものに対する資料には適当なものが得られなかったので、簡単な実験を行ってみた。

実験装置は図-2に示すもので、土砂の水平掘削の研究用のものである。この装置の主な仕様は次のとおりである。

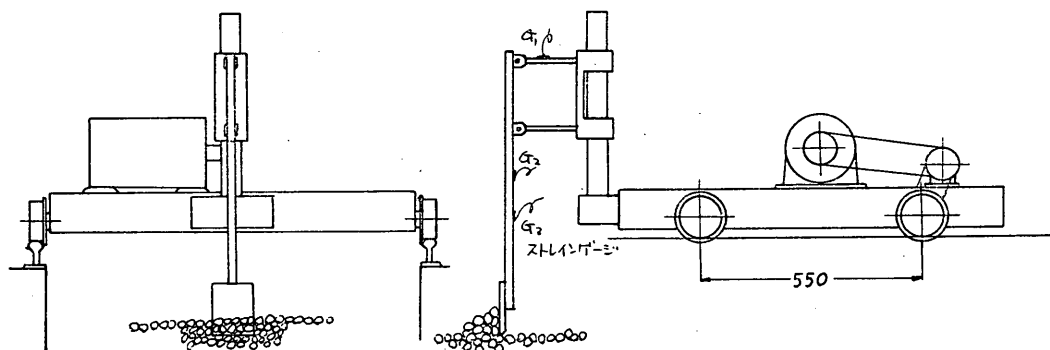


図-2 水平力の測定装置

排さ板幅 10, 4, 2cm
 垂直変位 1mm/kg
 排さ板移動速度 30cm/min
 実験試料は鋼球, 砂利A, B, Cで図-3の様に砂利,

A, Bは丸味をおびたもの, Cは角張ったものである。大きさは試料20個の短径と長径の相加平均であり、下記のとおりである。

鋼球	大きさ	1.28cm	重量	9g/個
砂利A	"	2.7cm	"	28g/個
" B	"	4.7cm	"	130g/個
" C	"	5.0cm	"	127g/個

実験は1回毎に掘り返して、荒均しを行い、木片またはコンクリートブロックで軽く表面を均した後に、排さ板台車を30~50cm移動させた。実験中の写真を図-4~7に示す。

実験記録の一例を図-8に示すが、実験範囲では移動距離が大きくなるに従い水平掘削(均し)力も増加する傾向が見られるが、ほぼ飽和した状態と見なす事ができた。土砂などの場合と違って、被掘削試料の大きさが排さ板の大きさに比べてあまり小さくはないので、水平力は個々の粒子から受ける影響が大きく、そのため水平力の変動も大きい。実験結果を図-9~12に示す。F_d, d, bはそれぞれ水平力, 試料径, 均し幅を示す。これらの値は

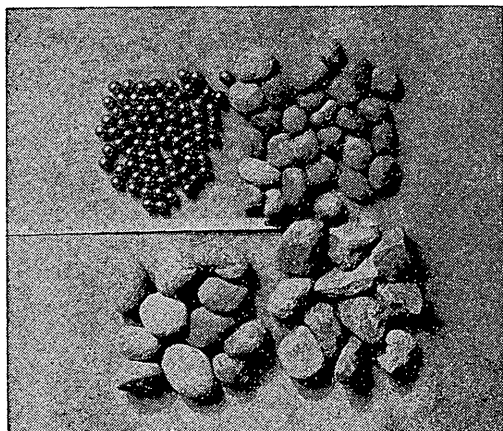


図-3

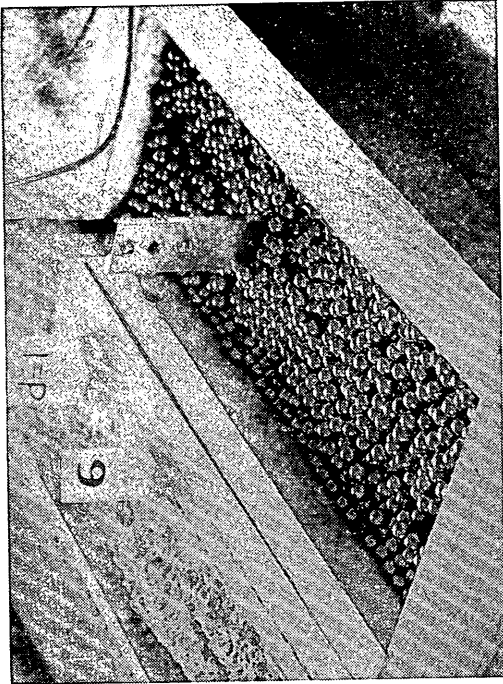


図-4 水平力測定用試料

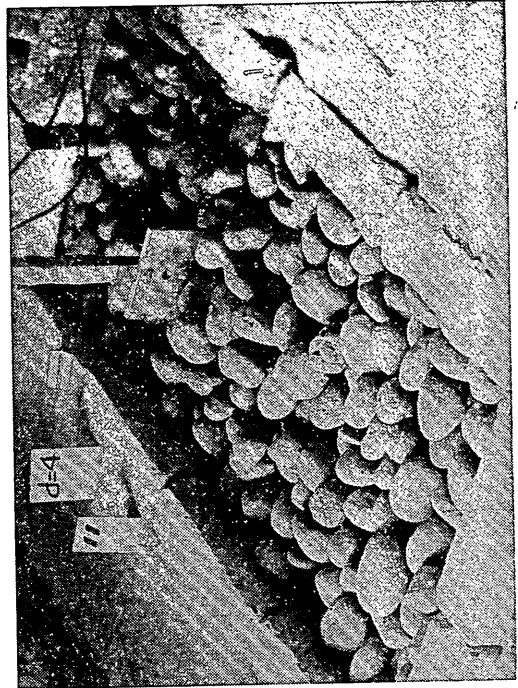


図-6 水平力測定 試料 砂利B

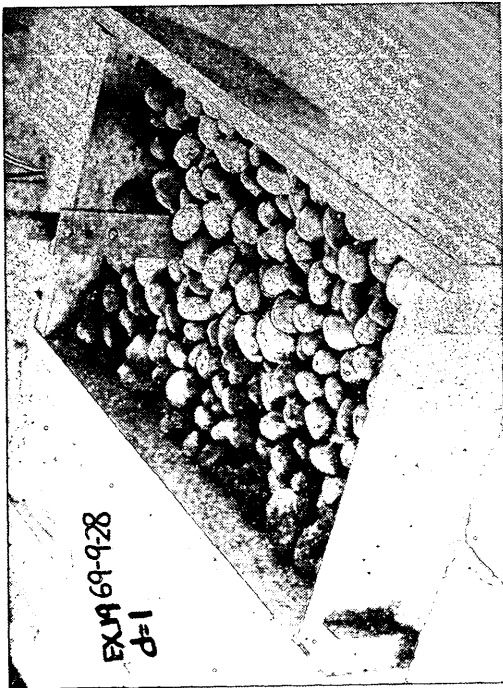


図-5 水平力測定 試料 砂利A

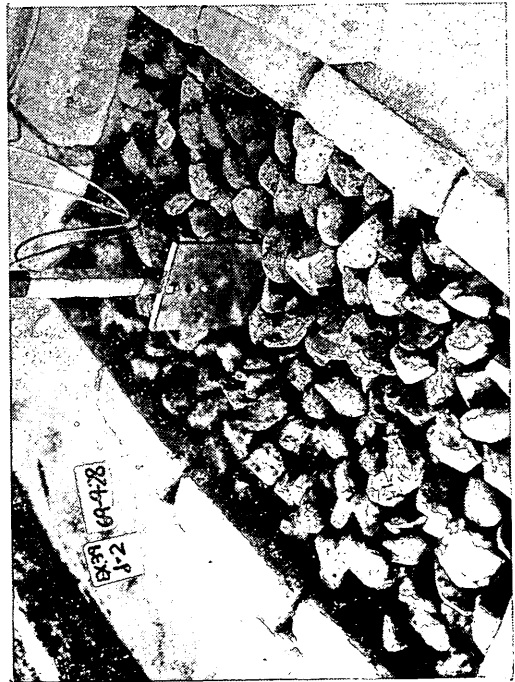


図-7 水平力測定 試料 砂利C

実験中の最大値を採ったものである。なおこの実験に用いた装置は土砂の水平掘削用に設計されたものであるため、垂直方向の剛性が小さい。そのため掘削後の均し面の平面度はあまり良くはなかった。

土砂などのように粒子が比較的小さいものの場合の水平掘削力は、排土板の幅に比例し、深さの2乗に比例する事が知られているが、本実験のように排土板に対して試料の大きさが大きい場合には、必ずしもこの事は言えない。すなわち確率的な影響が大きいため、排土板の幅が2倍になった

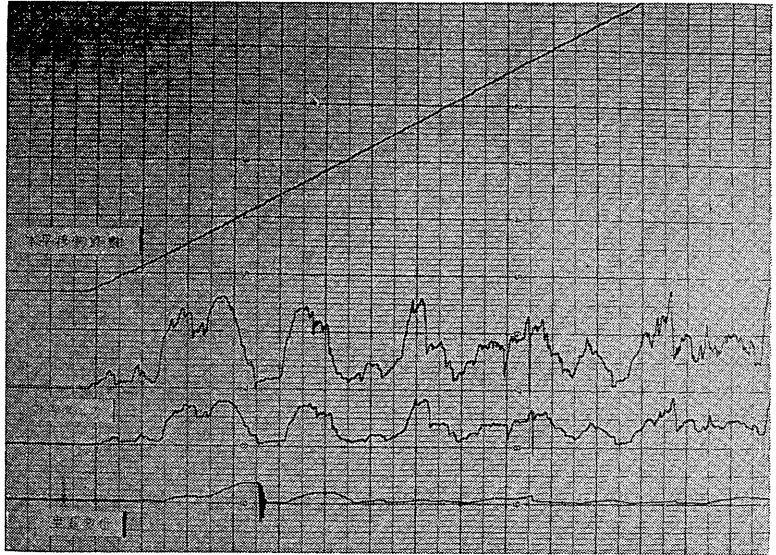


図-8 水平力の実験記録 試料 砂利A

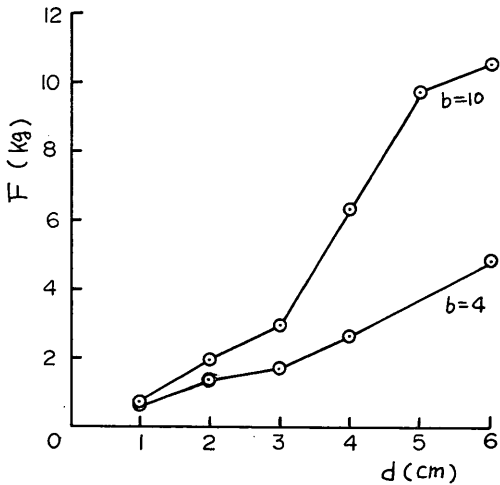


図-9 水平力と均し深さ 試料 鋼球

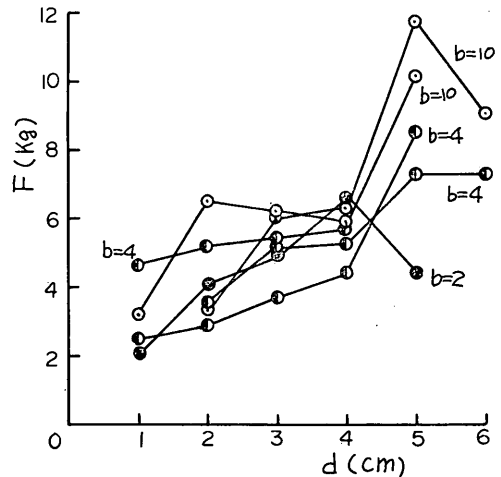


図-10 水平力と均し深さ 試料 砂利A

場合、2倍の力を受ける確率は低下するので、実験数が少いとこの値が現われない事もある。掘削深さの影響は、深さが試料の大きさの2倍くらいまでならばほぼ1乗に比例する。しかし鋼球の実験のように均し深さ、均し幅が試料の大きさの5倍程度になると、幅の1乗、深さの2乗に比例する傾向が強くなる。排土板の幅を b 、試料の大きさを D として $b/D > 2$ で、水平力を無次元化した値 R の傾向は図-13の様になる。この B は試料の大きさ、および重量を単位として、水平掘削力の大きさ

が掘削深さにより、単位幅当り単位重量の何倍になるかを示すものである。また図には砂の場合を参考として加えたが、この場合は単位幅を1cm、単位重量を見かけ比重の $1.4g/cm^3$ とし、水平力が排土板幅の1乗、掘削深さの2乗に比例するとして実験値*を延長したものである。

なおこれらの水平掘削力の実験は、今後も当機材部において、材質などを変化させて引続き行われる予定である。

* 機材部 作業船研究室 石塚浩次 水平掘削力に関する実験 試料 豊浦標準砂

捨石均し機の開発

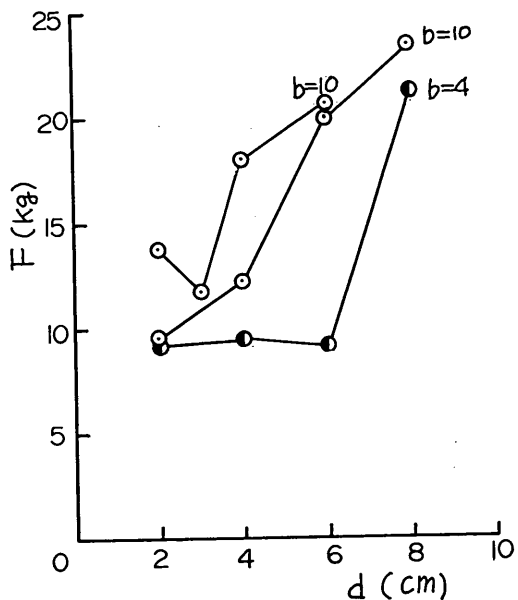


図-11 水平力と均し深さ 試料 砂利B

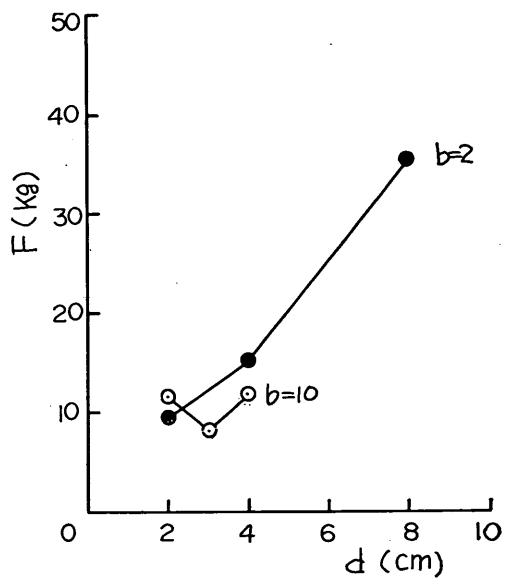


図-12 水平力と均し深さ 試料 砂利C

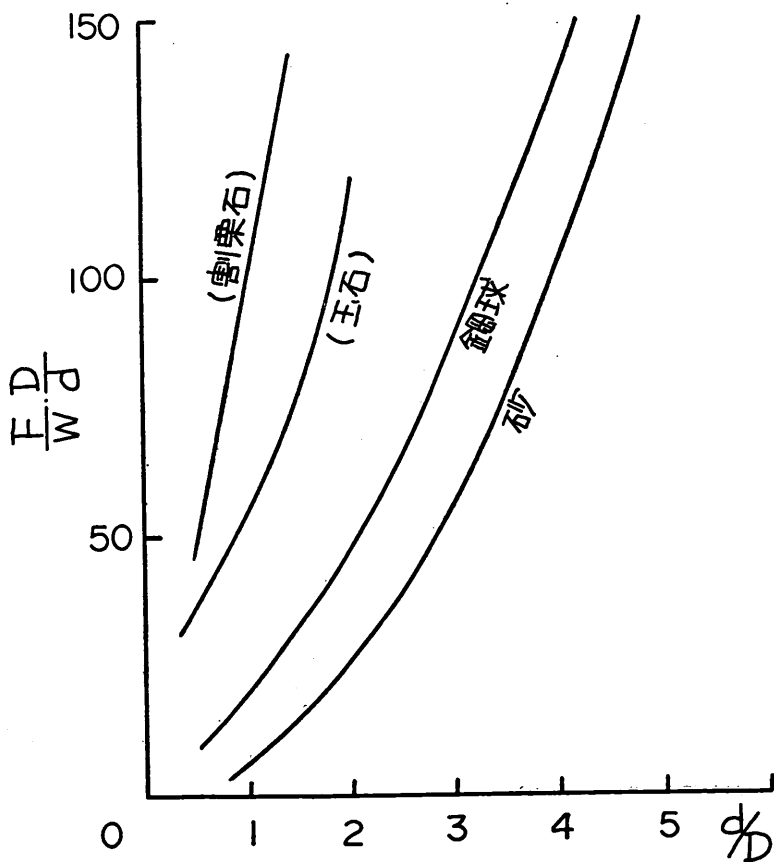


図-13 水平均し抵抗係数と均し深さ

3. 捨石均し機的设计概要

3.1 设计方针

試作する捨石均し機は、既に開発、試作がこころみられていない形式のものとし、比較的小形で、既存の起重機船などを利用して捨石均し作業が行なえるものである事、および捨石の大きなうねりに対してもこれを荒均しする事ができる形式のものとした。このため、振動式の水平均し板方式のもの、すなわち振子の様な運動をする形式のものを採用した。本方式では振動を生じさせる起振力により、捨石均しに必要な力を得るため、捨石均し反力を受けるための装置は不要な事が特徴である。これにより捨石均し機の水平移動には捨石均し反力は直接には関係しないので、この装置の運転は既存の起重機船などで比較的簡単に行える。

3.2 基本设计

本方式の捨石均し機は起振力と振幅の大きさが作業性に対し大きく影響する。試作機は実用機に比べて小形のものとなるが、石の大きさは5~10kg、20cm程度を目標とした。均し幅を80cm、石の抵抗係数Rを50とすれば、所要起振力 Fe は

$$Fe = R \cdot W \cdot \frac{b}{D} = 50 \times 10 \times \frac{80}{20} = 2000 \quad (\text{kg})$$

となる。ここで W : 石の重量、 b : 均し幅、 D : 石の大きさである。

振幅は石の大きさ程度、すなわち20cmとする。全重量は5ton、高さ3mとする。構成は大別して、電動機、補助ウエイトおよび中間円筒、起振機、均し刃から成る。本機をモデル化すると図-14 のようになる。A点、B点に関する固有周期より速く起振機を振動させれば、B点是不動点となる。減衰を無視してこの系の運動を表わせば次のようになる。

$$\frac{I}{g} \ddot{\theta} + k\theta = T_l(t)$$

ただし、 $T_l(t) = \frac{M}{g} \omega^2 \cdot l \cdot \cos \omega t$

$\varphi = \omega t$, $M = \omega r$, $l = BF$

$\theta = \alpha \cdot \cos \omega t$ とおくと

$$\alpha = \frac{M \cdot l \cdot \omega^2}{kg - I\omega^2}$$

ここで、 $W_m = 500$, $W_a = 2000$, $W_e = 2000$ (kg)

$BD = 0.4$, $BE = 0.15$, $BF = 2.2$, $BC = 2.8$

(m)

とすると、

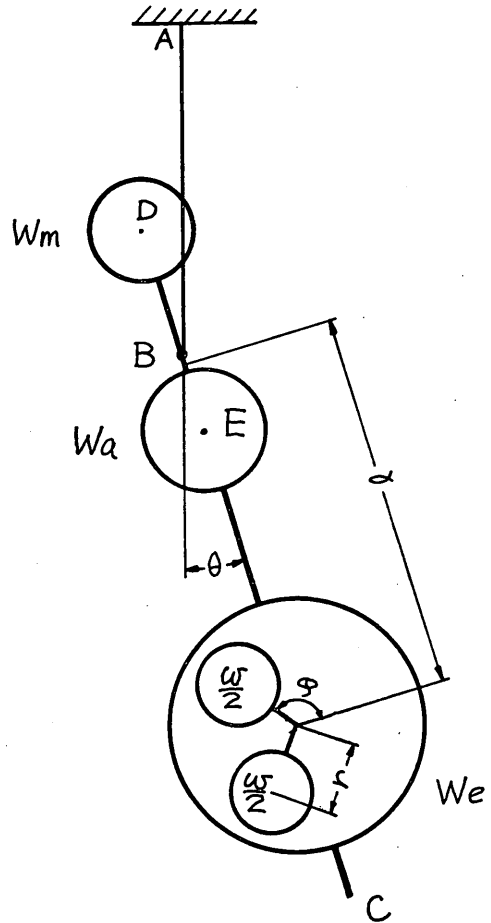


図-14 捨石均し機振動モデル

$I = 10000 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, $k = 4500 \text{ kg} \cdot \text{m}$, C点の振幅(全振幅)を0.2mとすると

$$2\alpha \cdot BC = 0.2 \quad \therefore \alpha = 0.0357 \text{ (rad)}$$

起振機の振動数を100cpm、すなわち $\omega = 10.5 \text{ rad/S}$ とすると、 $M = 160 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$ したがって偏心モーメント $80 \text{ kg} \cdot \text{m}$ のウエイト2個とする。

3.3 主要部構造

本機の構造は先にも述べたが、大別すると、電動機、補助ウエイトおよび中間円筒、起振機、均し刃から成るが、作業水深に実験用として2mとし、これ以上の水深では中間円筒の延長かまたは電気関係を防水構造とする。

起振機は捨石均し機に線的な運動を生じさせるために2個の偏心ウエイトを対向回転させる。この2個の偏心

捨石均し機の開発

ウエイトは同一平面に並置した方が構造上有利であった。

偏心ウエイトは固定扇形とし、図-15 に示す諸元のも

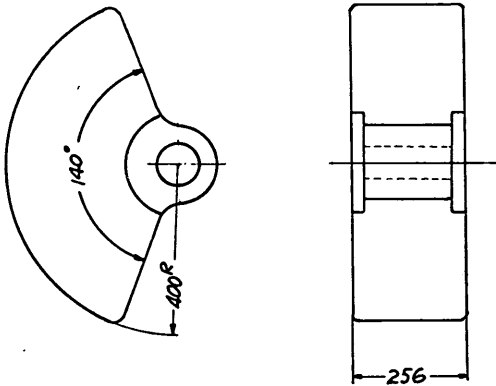


図-15 偏 心 ウ エ イ ト

のとする事により1個当り偏心量80kg・m、重量300kgのものとした。偏心ウエイトの軸の上下の支持用の軸受は、衝撃、自重によるスラストおよび組立精度上有利な球面コロ軸受とした。

電動機は回転数が1200rpmのものを使用するので、偏心ウエイトの回転数を100rpmに下げたため、1:12の減速を行う。ここでは歯車段で減速比1:12.5とした。ギアは対向回転用のものを含めて全部で5枚で、モジュールは全て8、圧力角は14.5°の標準歯形とした。歯車の配置を図-16 に示すが、最終減速歯車は偏心ウエイト軸と同軸となっている。

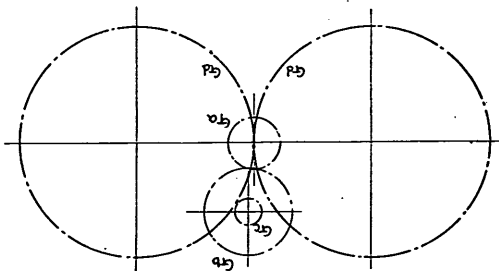


図-16 減 速 歯 車 列

歯 車	Ga	Gb	Gc	Gd
歯 数	23	37	13	101
ピッチ円	184	296	104	808

歯車軸の支持は全て複列自動調心形ラジアル玉軸受とした。

電動機から減速歯車までの駆動軸は本機の構造上長くなり、軸の振動が問題となるのでパイプ構造とし、危険速度を使用速度の2倍以上とした。

起振機ケースは小判形とし、水中における水抵抗を少くし、ケースの剛性を高めた。

3.4 動 力

本機のように振動や作業時に衝撃をとまなう装置では単に機械的損失や仕事量からのみ動力の大きさを求めるのはあまり適当でなく、安定した作動を得るためにはトルク変動に十分対応できる動力源が望ましい。ここでは無負荷時のトルク変動と作業時の衝撃に対するトルク変動について考察する。

無負荷時トルク変動 T_f は

$$T_f = -\frac{\omega}{g} \cdot l \cdot \ddot{\theta} \cdot r \sin \omega t = -\frac{\omega^2 \cdot r^2 \cdot l^2 \cdot \omega^4}{2g(kg - I\omega^2)} \sin 2\omega t$$

それぞれの値を代入すると、 $T_f = 72.6 \text{ kg} \cdot \text{m}$ となる。

この値はトルク変動にもかかわらず、回転速度が一定の場合である。実際にはバックパワーの完全な吸収は困難であるため、回転速度の変動によりこれが行なわれるので、トルク変動はこの値よりも少くなる。

次に安定した作動を得るための作業時の衝撃に対するトルクを求めてみる。回転速度が0から規定速度に達するのに要する時間を正規回転における一周期と同じとすると、この場合のトルク T_s は、

$$T_s = \frac{I_w}{g} \cdot \frac{\omega}{p}$$

I_w は偏心ウエイトの慣性モーメントで $31.2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 2$ 、 p は規定周期で、それぞれの値を代入すると、

$$T_s = 111 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ となる。}$$

原動機の選定に当っては十分な作業性を得るために必要なトルクを有するものとするが、容量は必ずしも大きくなってよい。すなわち容量は仕事量から決定するのが適当であって、作業量によっては必ずしも大きな容量のものは必要としない。すなわち電動機を用いる場合には時間定格は小さいものでよい。実験には既存のワードレオナード制御用の電源が利用できるため、直流電動機を用いる事とし、将来回転数を高める実験にも使用できるように電動機は次の定格のものを用いた。

22KW/1200~2000rpm	60分	界磁制御
900~1200rpm	30分	電圧制御
120~900rpm	15分	

4. 試作機特性

4.1 振 動 特 性

つり長さを5.5 mとし起振機を振動させた場合の刃先とつり下部の動きを見ると、起振機振動数が35cpmまでは刃先の振幅(全振幅)は19cmで、つり部は5 cm以下である。30cpmの近くで振動は不安定となり、つり部の振幅の方が刃先の振幅よりも大きくなる事がある。しかし起振機の振動数をより高くすると、作動はふたたび安定し、50cpm以上では刃先の振幅21cm、つり部の振幅が2 cmほどになる。図-17 に起振機の回転数を変化させた場合の刃先とつり部の振幅との関係を示すが、○は刃先の振幅、●はつり部の振幅である。また図-18~19 に起振機振動数がそれぞれ3, 094cpm時のオッシログラフを示

すが、上の線がつり部、中の線が刃先の振幅を示す。また下の線は電流の変動を示す。

4.2 電流特性

試作捨石均し機の電流特性(電機子)を図-20 に示すが、電動機のみの場合には約3 amp、起振機固定時は約4 amp であるが、偏心ウエイトの回転を速くすると起振機の固定が不完全となり振動したすので電流値は大きくなっている。振動時の電流波形は起振機の振動数の2倍の周波数を示すものとなっているが、その最大値は93 cpm で約12amp、最小値0 amp で電流値はあまり大きくない。これは偏心ウエイトの角速度の変化によりトル

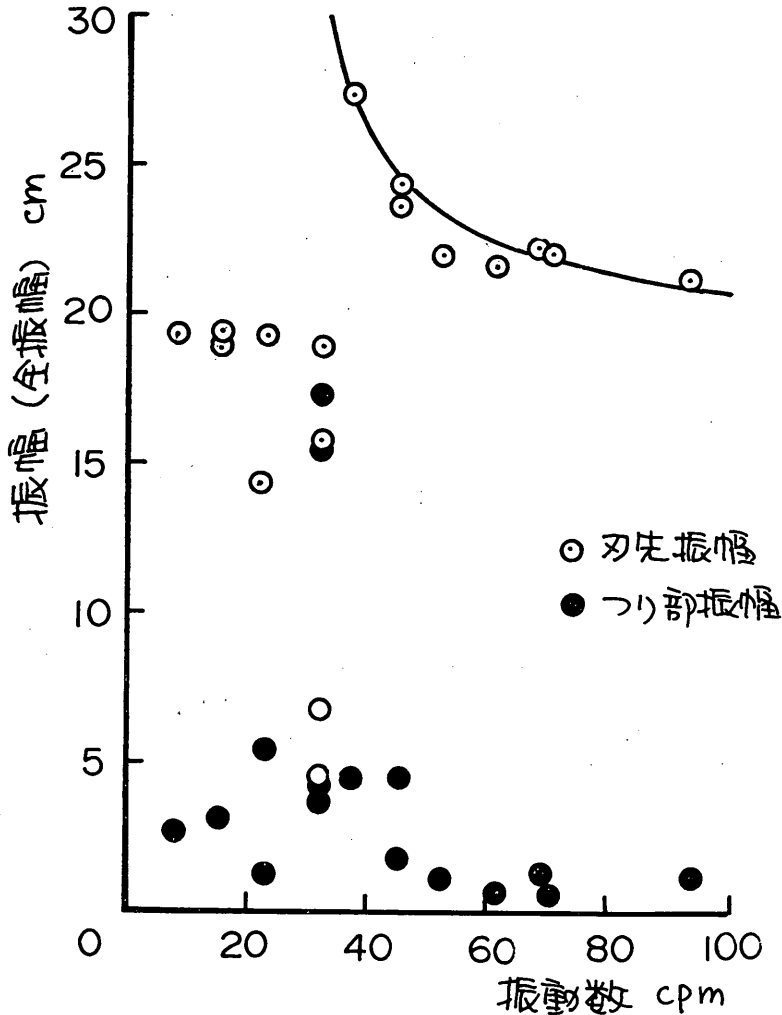


図-17 起振機の振動数と振幅

捨石均し機の開発

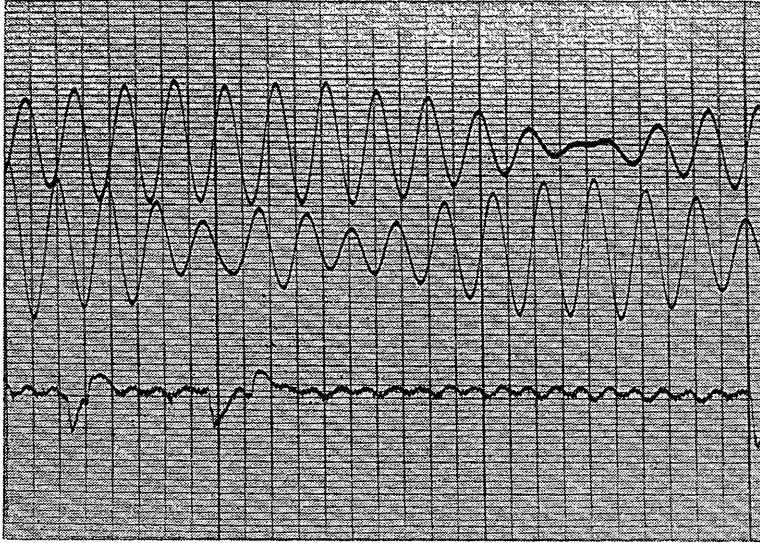


図-18 振幅 オッシログラフ 30cpm

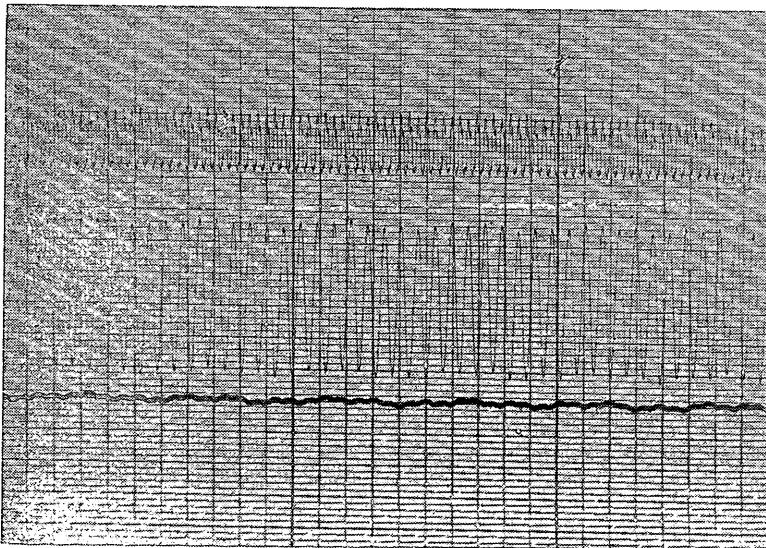


図-19 振幅 オッシログラフ 94cpm

ク変動が吸収されているためと思われる。電流の最大値および最小値は起振機固定時と異なるが、時間に対して電流値を積分した値、すなわち仕事量は、起振機固定時、振動時ともほぼ同じである。すなわち双方とも摩擦等の損失分だけの動力を示す。

5. 捨石均し特性

5.1 捨石マウンドおよび実験装置

実験に用いた石材は図-21 に示すように比較的角張った玉石である。比重は2.6~2.8で、重量は3~5kg, 5~10kg, 20~40kgの3種類とし、比較を行なった。石の大きさはそれぞれ20個の石の長径と短径の平均をとった。マウンドの形状は台形とし、手で投棄して積み上げ、最上面だけはなるべく平面になるように石の向きや大きさを選択した。

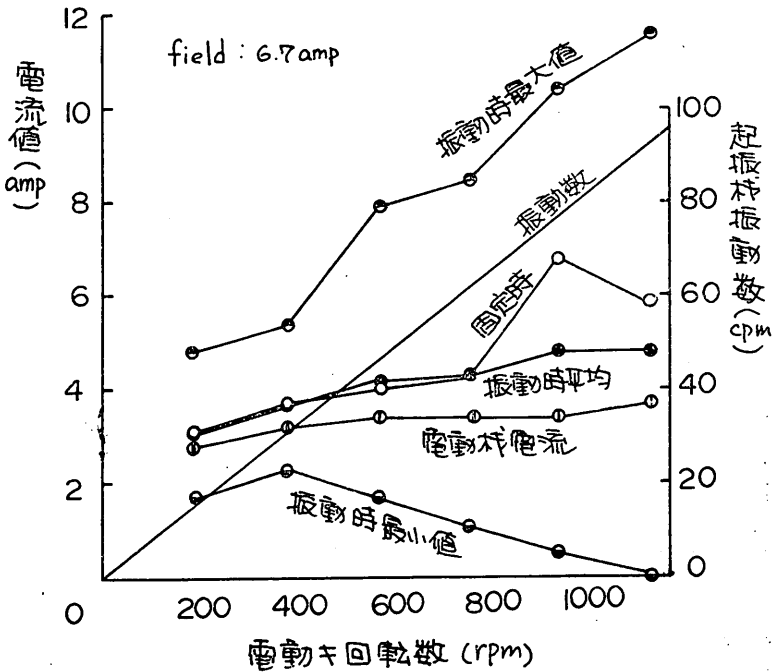


図-20 捨石均し機電流特性

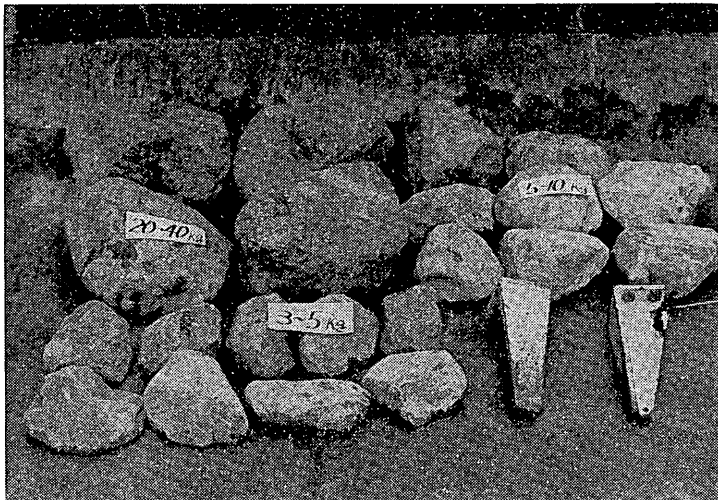


図-21 捨石均し試料

石重量	大きさ	マウンド幅×長さ×高さ	大きさは10m×7m, 深さは2.3mである。つり装置は揚程6m, 走行速度10m/min, 横行速度15m/minである。捨石均しの実験はクレーンを走行させて行ったが, 走行速度では速すぎる場合は間欠走行とした。実験装置の概要を図-22に示す。図-23に均し機全体を示す。
3~5kg	14cm	1.5×2.0×0.45m	
5~10kg	19cm	2.0×2.5×0.6 m	
20~40kg	28cm	2.0×2.5×0.9 m	

捨石均し機の開発

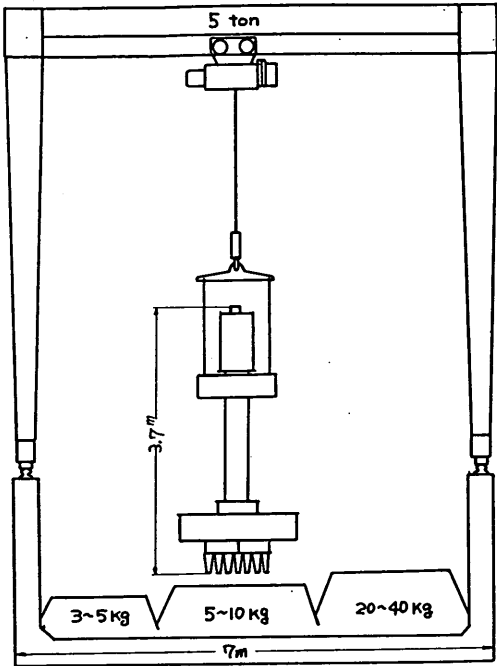


図-22 実験装置

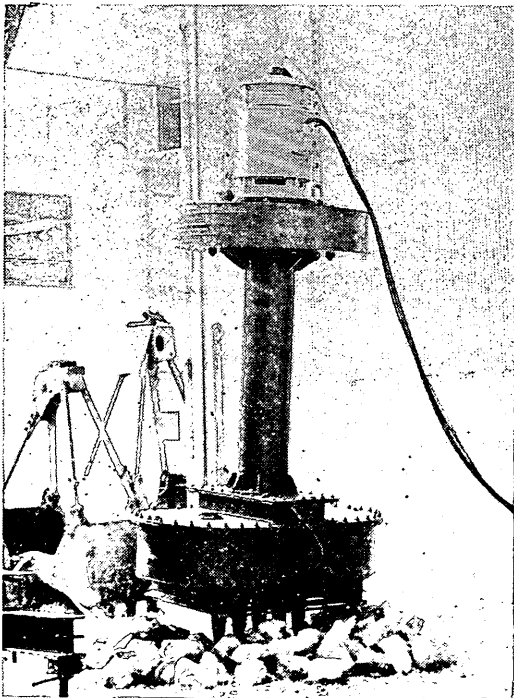


図-23 捨石均し機

5.2 捨石均し水平力と作業性

ここでは上記の3種類のマウンドに対し、捨石均しの水平力と作業性について実験を行った。マウンドが小さいので均し刃は3本、均し幅は36cmとした。捨石均しの水平力は3本の刃にかかる力を個々に測定した。測定方法は図-22に示すように均し刃背部にストレインゲージを接着し、曲げモーメントから刃先水平力に換算した。起振機の振動数を0~93cpmまで4段に変え作業性、水平力に対する振動数の影響を調べた。この実験結果を図-23~34に示す。これらはいずれも陸上での実験で、1回の均し深さは石の大きさの約1/2とし、均しを3回

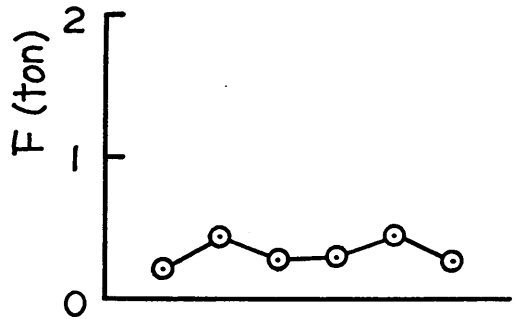


図-24 捨石均し水平力 $W=3\sim 5$ kg, $d=6$ cm, 0cpm

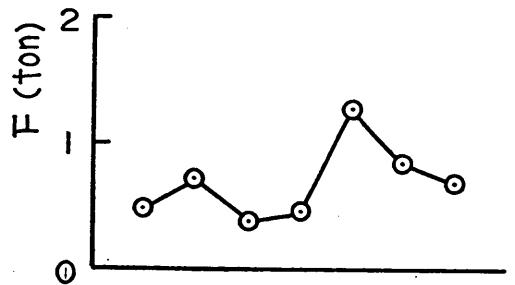


図-25 捨石均し水平力 $W=3\sim 5$ kg, $d=6$ cm, 31cpm

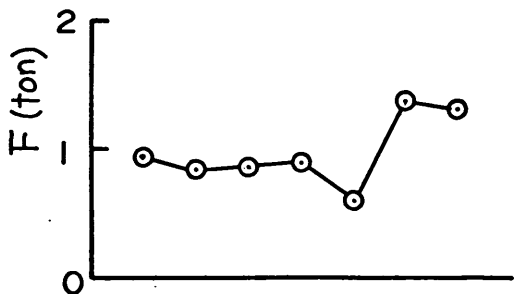


図-26 捨石均し水平力 $W=3\sim 5$ kg, $d=6$ cm, 62cpm

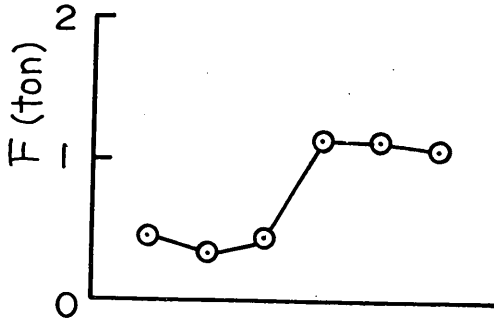


図-27 捨石均し水平力 $W=3\sim 5\text{kg}$, $d=6\text{cm}$, 93cpm

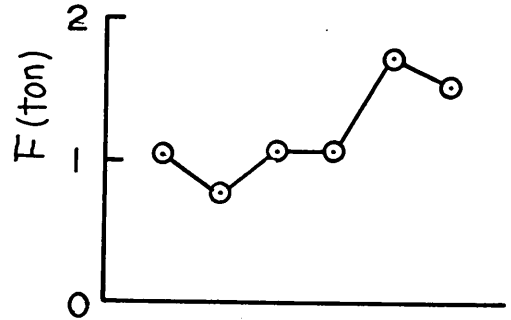


図-31 捨石均し水平力 $W=5\sim 10\text{kg}$, $d=10\text{cm}$, 93cpm

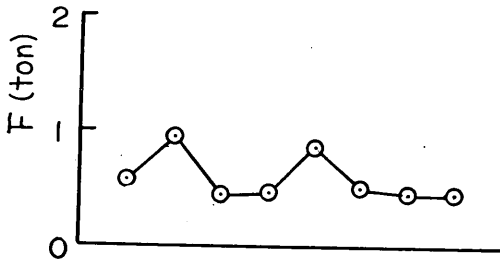


図-28 捨石均し水平力 $W=5\sim 10\text{kg}$, $d=10\text{cm}$, 0cpm

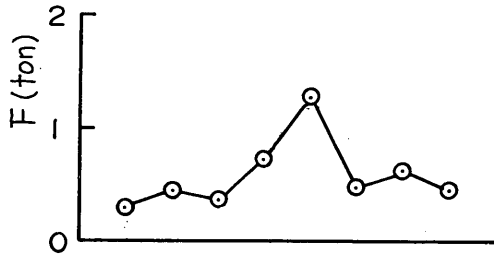


図-29 捨石均し水平力 $W=5\sim 10\text{kg}$, $d=10\text{cm}$, 30cpm

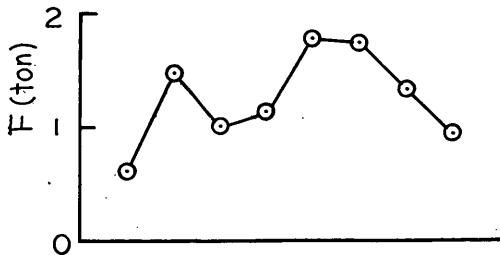


図-30 捨石均し水平力 $W=5\sim 10\text{kg}$, $d=10\text{cm}$, 62cpm

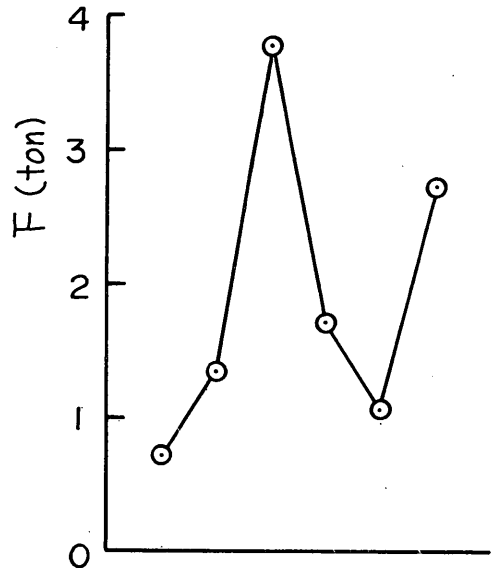


図-32 捨石均し水平力 $W=20\sim 40\text{kg}$, $d=15\text{cm}$, 0cpm

行ったもので、代表的な実験値を順に列挙したものである。これらの結果を見ると、捨石均しの水平力は起振機の振動数にはあまり関係はなかった。すなわち振動数に影響される動的な力は静的な均し抵抗に比べて極く小さい。しかし作業性に対しては起振機の振動数の影響は大きい。すなわち本機は偏心モーメント量が固定なので振動数の2乗に比例して起振力が大きくなる事、また本実験では均し機のねじれに対処する機構を備えずに実験を行ったので、振動数を高くした方が均し刃にかかる不平衡力により、均し機が回転する現象が少なくなる事などにより、振動数の大きい方が作業性は良くなる。

次に石の大きさについて見ると、3~5kgの石のマウンドでは起振機を回転させずに、つり部を10m/minで

捨石均し機の開発

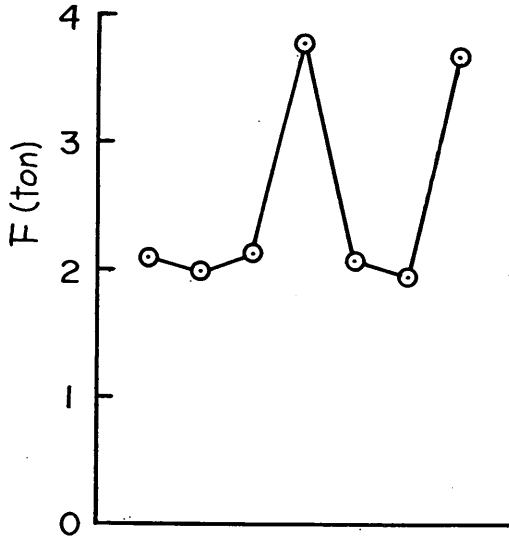


図-33 捨石均し水平力W=20~40kg, d=15cm, 46cpm

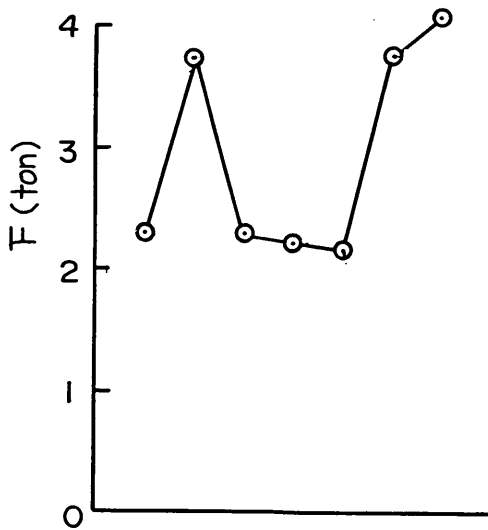


図-34 捨石均し水平力W=20~40kg, d=15cm, 70cpm

移動するだけでも石の移動が見られた。振動数が48cpmでは起振機の振動のみで石の移動が行われたが石につかえる現象も見られた。96cpmにすると均しは十分良好に行われるが、均し機が回転する事も若干見うけられた。

5~10kgの石のマウンドでは起振機を振動させずにつり部のみを移動させたのでは石の移動は見られなかったが、つり部を前後に移動させ、捨し機に動揺を与えれば石を動かす事はできた。起振機の回転数を上げ、60cpm

ぐらいにすれば起振機の力のみで石を均す事ができた。96cpmでは均し機移動速度が10m/minで十分可能であった。

20~40kgの石のマウンドでは起振動数を96cpmで石を移動する事ができるが、均し速度は5m/minぐらいにする必要があった。また20~40kgの石の場合、今回の実験ではマウンドの大きさが小さい嫌があった。図-35~37に実験中の写真を示す。

捨石均し水平力の大きさは実験の性質上バラツキや変動が大きく、マウンドの積上げ状態や確率的な影響に左右されるが、今回の実験では3本の均し刃にかかる水平力の和は、3~5kgの石で1ton, 5~10kgの石で1.6ton, 20~40kgの石で3.8ton程であった。石の重量を各々の区分の中央値とし、先に示した抵抗係数を求めてみると3~5, 5~10, 20~40kgの場合それぞれ97, 112, 99となり100前後である。均し深さが石の大きさの1/2であるから、先の図-13の砂利Cのd/D=0.5の値50の約2倍となっている。これは石の形状、均し深さの調整および均し幅が小さい事などによるものと思われる。

捨石均し時の電流は非作業時の約2倍の25~30ampを記録したが、これは5~10kgの石のマウンドで均し幅を変えても、また20~40kg石のマウンドにした場合もあまり変らなかった。図-38~39に捨石均しの実験の記録例を示す。

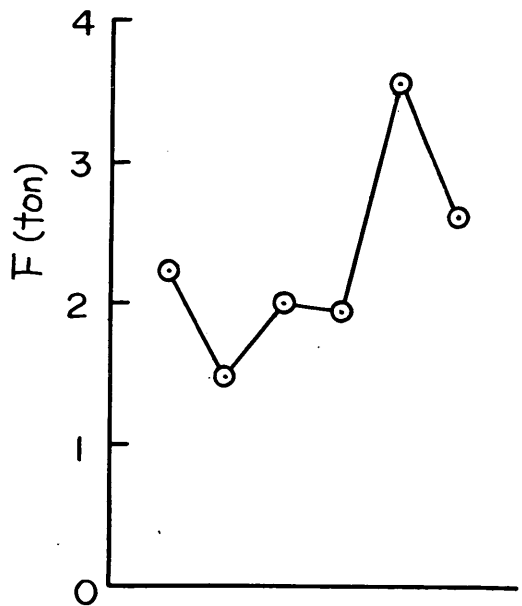


図-35 捨石均し水平力W=20~40kg, d=15cm, 93cpm

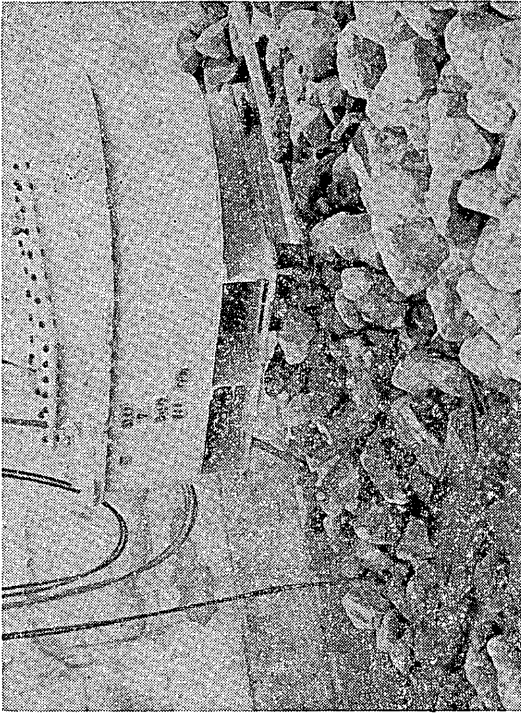


图-36 捨石均し実験 W=3~5kg

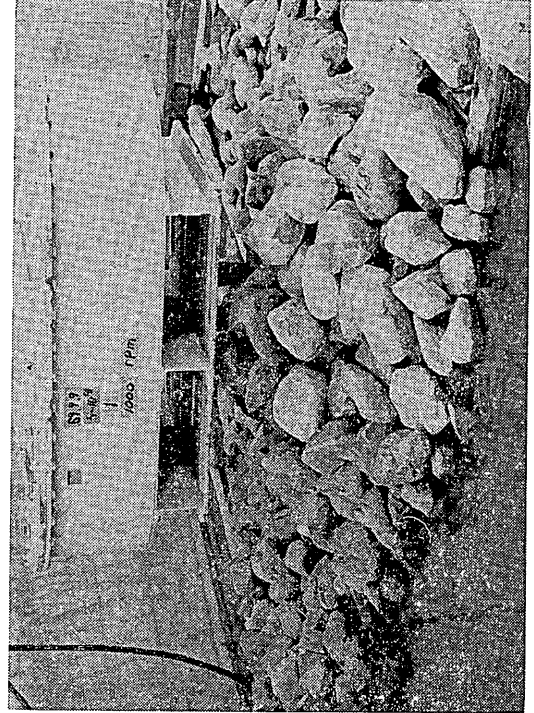


图-37 捨石均し実験 W=5~10kg



图-38 捨石均し実験 W=20~40kg

捨石均し機の開発

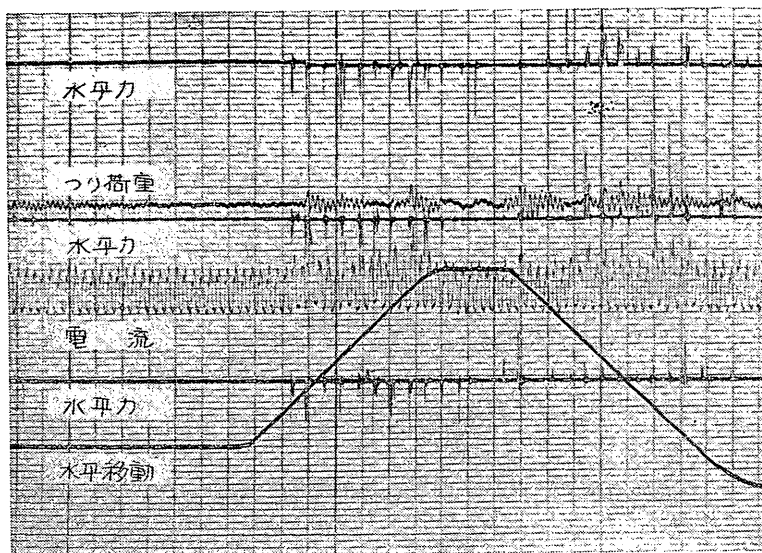


図-39 捨石均し実験記録 W=5~10kg 93cpm

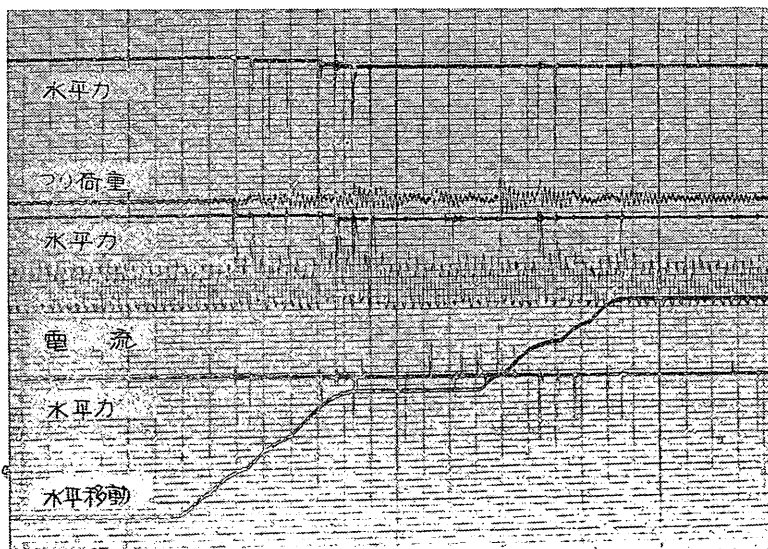


図-40 捨石均し実験記録 W=20~40kg 93cpm

5.3 水中における捨石均し

ここでは陸上と水中における捨石均しの差異を調べるために、水槽を水ぬぎした状態と水を注入して水深1mとした状態の比較を行った。実験の方法は先の水平力の実験と同じであるが、先に陸上での実験を行い、その後水中での実験を行った。実験結果を図-41~43に示す。

捨石均しの水平力が石の重量に比例するとすれば、水中では30~40%ほど水平力は少くなるはずであるが、実験数が少ないのでこの傾向は明らかにはできなかった。また水中では少し作業を確認する事は困難であるので、線的な作業を繰返して面的な作業を行う場合には均し機の移動を確実に出来るようにする事が必要である。

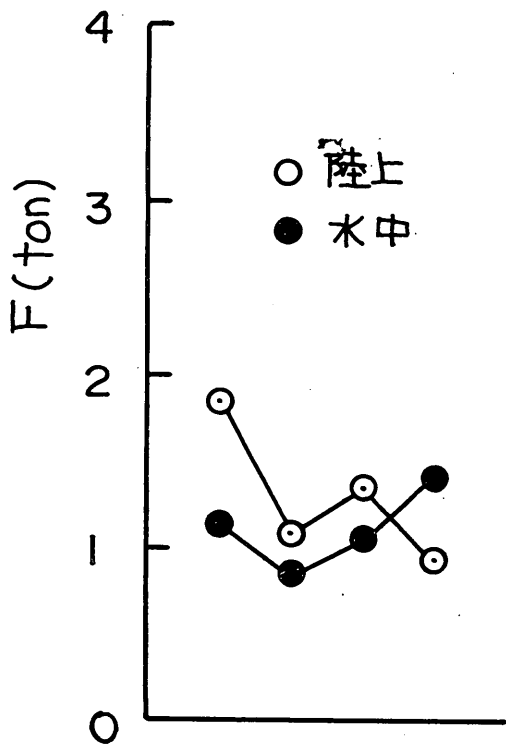


図-41 捨石均し水平力の陸上と水中の比較
W=3~5kg

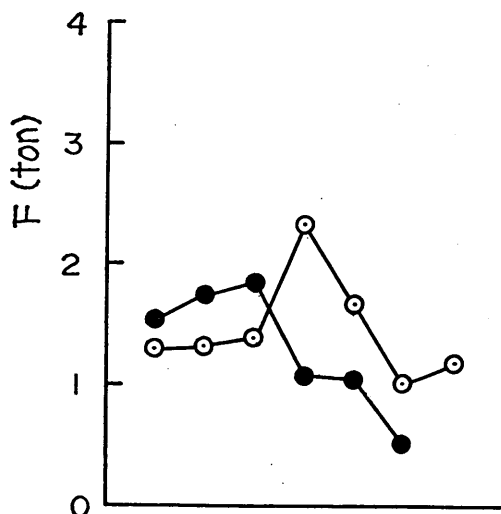


図-42 捨石均し水平力の陸上と水中の比較
W=5~10kg

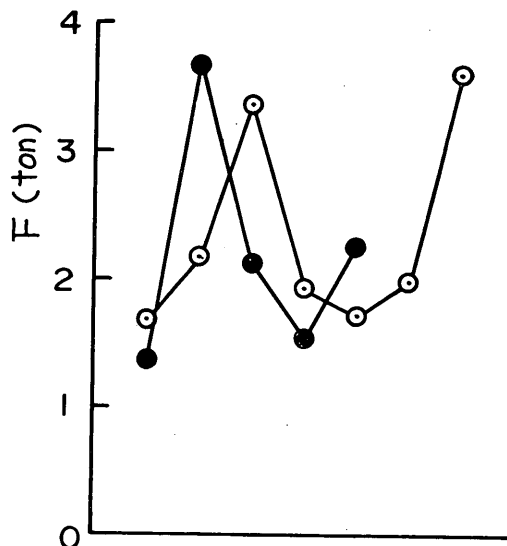


図-43 捨石均し水平力の陸上と水中の比較
W=20~40kg

5.4 捨石均し精度

捨石均し精度を正確に測定するのは手数がかかるので、ここでは目測と巻尺による簡単な測定にとどめた。捨石の大きさは5~10kg、起振機回転数は96cpmとし、均し幅は36cmおよび100cmの2種とした。均し深さは10cmつつ3回行った。

均し面の精度は実験ケースにより多少異なるが、均し面（刃先高さ）の±5cm位が多く、巾1m、長さ2mの均し面上の3~4ヶ所で3~4個の石が連続して-10cmほどになる所がみられた。実験例の写真を図-44~46に示す。本方式のように均し板を水平に移動する事により捨石の均しを行う場合の均し面の精度は石の形状に大きく左右され、角の鋭い割栗石や、偏平な石の場合には均し面の平面度は低下するものと思われる。

6. あとがき

ケーソンマウンド等の捨石均し作業には本来、捨石の均しと安定化（締め）の2つが必要であるが、ここでは本試作方式による捨石均しの作業性等の一般的な実験の結果を主として述べるにとどめた。捨石均しの他の方式についての紹介については筆者等の文献⁴⁾などがある。本実験範囲では20~40kgの石まで移動させる事ができたが、今後マウンドを大きくし、作業性を検討するとともに、大きな石に対処するために均し部の改造などを行う

捨石均し機の開発

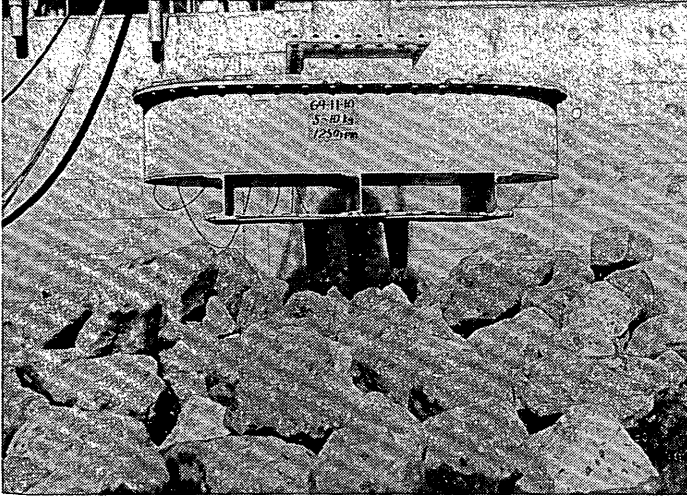


図-44 均し刃3本による均し面

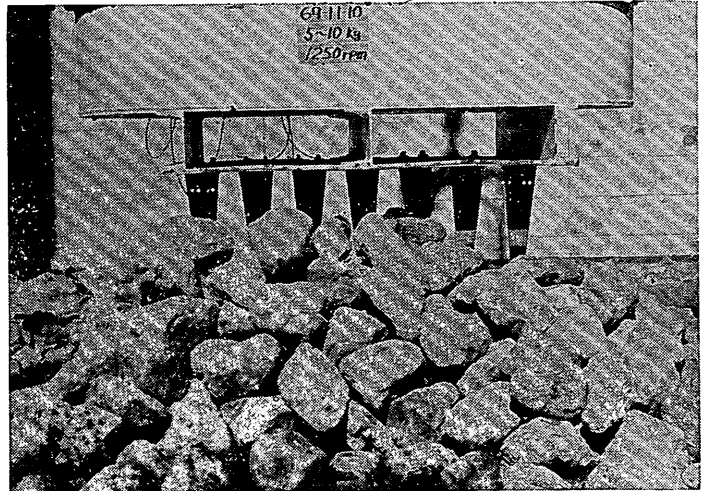


図-45 均し刃7本による均し面

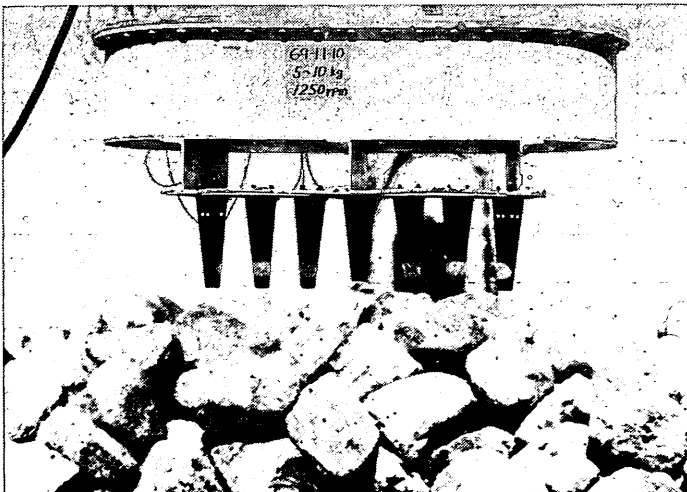


図-46 均し刃7本による均し面

予定である。その他、本報告ではふれていない偏心ウエイトの速度変動、電動機などの動力、また捨石均しの水平力についてさらに実験、考察を進めたい。本機を実際に使用する場合は、捨石均し時に均し部にかかる不平衡力のために装置がねじれてしまうと作業性が低下するので、この点が問題となる。これを解決するためにはねじれを元に戻す装置を備えるとともに、起振機の振動数を高める事が効果的であると思われる。本方式は改造を行ったり、大形化する事により捨石均しのみでなく、海底や浚渫土盤の掘削や地均しなどに応用する事も考えられる。

謝 辞 本報告中の捨石均し水平力の子備実験に対しでは実験装置などの面で当所作業船研究室の石塚技官に御協力を頂いた。また捨石均しの実験では当開発室の鈴木章君の協力に感謝する。

参 考 文 献

1. 比田正, 新妻幸雄, 港湾施工法, 山海堂
2. Н. В. КРАСОВ Механическое равнение каменных постелей под водой
《Транспортное строительство》1963. 9
3. 石塚浩次 土砂の掘削抵抗に関する実験 (未発表)

港湾技術研究所 作業船研究室

4. 小岩苔生他 港湾技術研究所研究発表会, 第7回講演概要 1969. 12

記 号 表

b	: 均し幅
D	: 試料の径
Fe	: 水平均し力
g	: 重力定数
I	: 系の慣性モーメント
I_w	: 偏心ウエイトの慣性モーメント
k	: 復元係数
l	: うでの長に
M	: 偏心モーメント
P	: 振動周期
R	: 水平均し抵抗係数
r	: 偏心ウエイトのうでの長に
t	: 時間
W	: 試料の重料
w	: 偏心ウエイト重量
α	: 振幅
θ	: 角変位
ω	: 角速度
φ	: 回転角

(1969 12. 26 受付)