

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 171

Dec. 1973

捨石均し機の現地実験について

菊 谷 徹
平 山 勇
白 鳥 保 夫
小 岩 蒼 生

運輸省港湾技術研究所



捨石均し機の現地実験について

目 次

要 旨	3
1 まえがき	3
2 捨石均し機の概要	3
2-1 原理と構造	3
2-2 実用機の設計概要	4
2-3 試作機と実用機の比較	5
3 捨石均し工事の現状	7
3-1 捨石の大きさ	7
3-2 均しの種類	7
4 現地実験の日程経過	8
4-1 現地状況及び使用船舶	8
5 実験結果	11
5-1 測定項目	11
5-2 作業状況と測量結果	14
5-3 測量結果の集計と均し効果	18
6 実験結果の考察	25
7 あとがき	25
参考文献	25

THE FIELD TEST ON THE LEVELLING MACHINE FOR RUBBLE MOUNDS:

Tooru KIKUYA *
Isamu HIRAYAMA **
Yasuo SHIRATORI*
Taisei KOIWA ***

Synopsis

The levelling work of rubbles as in case of caisson foundation for breakwater is still done by mainly the diver.

The volume of the rubble levelling work is increasing every year.

This report describes the field test with prototype levelling machine. The experiments were carried out on the two different water depths, ± 0 m and -12 m.

The sizes of rubbles are 5 - 20 kg, 30 - 50 kg, 50 - 200 kg and the kind of rubbles are andesite.

Our final purposes are to find out the levelling accuracy and efficiency, mooring of floating crane, etc.

From our test so far, the levelling accuracy is expected to be $\pm 10 - 15$ cm for the above stones in under water execution by repeated levelling by using the levelling machine.

* Member of Working Craft Development Laboratory, Machinery Division
** Senior Research Engineer, Machinery Division
*** Chief of Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

捨石均し機の現地実験について

* 菊 谷 徹
** 平 山 勇
* 白 鳥 保 夫
*** 小 岩 苔 生

要 旨

防波堤工事、護岸工事等に於ける捨石均し作業は従来より専ら潜水夫に依存している。しかし捨石均し工事量の増大と相俟って潜水夫の絶対数の低下とその作業環境から潜水夫のなり手も少なくなって来ている。

このレポートは捨石均し工事の機械化を促進するために、実用機を製作し現地実験を行なったので報告する。

実験目的は、最終的には均し効果、均し作業能率等について求めることであるが、起重機船の機種による均し作業性、均し時の変動荷重、ブーム応力等の各種応力測定、「うねり」時の影響、振れ回り力の測定等についても行なった。試験マウンドは、陸上(±0m)、水中(-12m)。

均し効果は、捨石の大きさ50~200Kg/個では±10~15cm程度の作業が可能であることが求められた。

1 まえがき

近年、港湾工事量は著しく増加して来ているが、従来より防波堤工事、護岸工事等における捨石均し作業は、専ら潜水夫に頼っているのが現状である。

そこで潜水夫の不足、工事量の増加等に対処するために捨石均し作業を機械化しようという試みが行なわれている。当機材部では試作機に続いて実用機を製作し、現地導入への種々の問題点を把握するために現地実験を行なっているので報告する。

尚捨石均し機の製作及び現地実験は、作業船整備費の開発試験費で行なわれた。

2 捨石均し機の概要

2-1 原理と構造

捨石均し機はAに示すように、①上部カウンターウエイト附近を中心として、B-B'方向に振子運動をして⑦均し板で石をけとばしながら②吊り索を水平運動させて捨石均しを行なう形式である。

振動を起す⑥起振機の内部はB図の一対の④⑤偏心ウエイトが等速対向回転をすると、B-B'方向のみの振動が得られる。この理由はC図に示すように各々の偏心ウエイトが発生する遠心力はC-C'方向には互に打



- * 機材部 特殊作業船開発室
- ** 機材部 主任研究官
- *** 機材部 特殊作業船開発室長

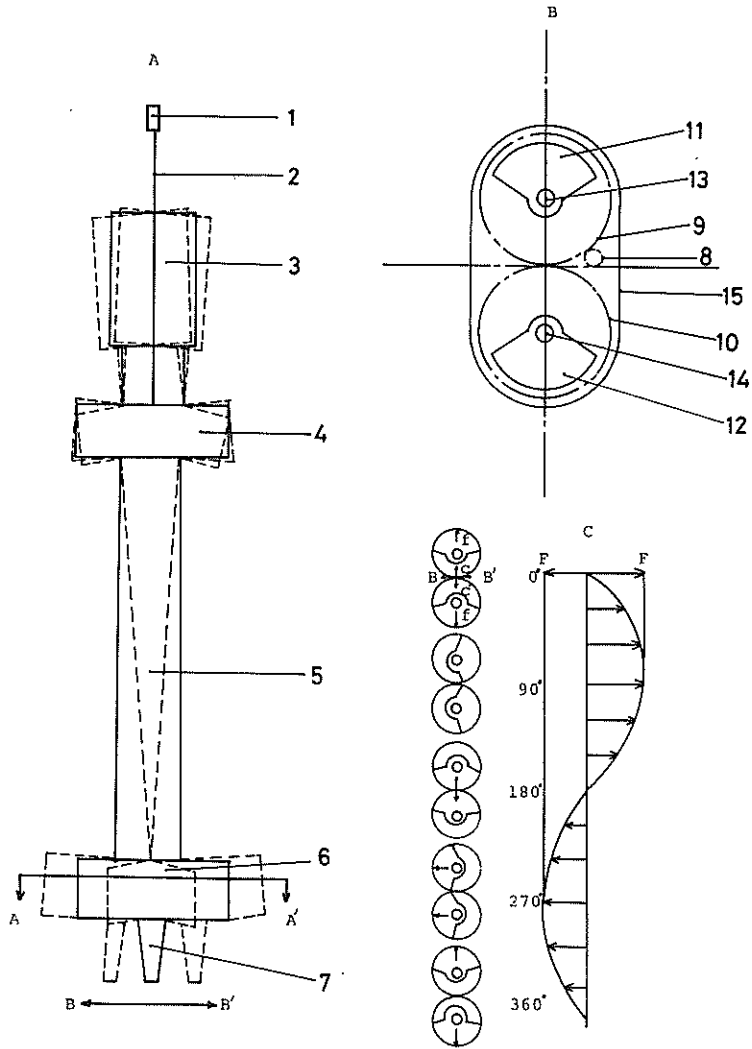


図-1 捨石均し機 原理図

消し合って零になり、 $B-B'$ 方向へは2倍になる。

この作用は繰返されて、偏心ウェイト一回転に一往復の割合で振動する。図-1に原理図を示す。

本捨石均し機は水平振動板方式であり、次のような特徴を有していると言えよう。

1. 装置が単体で独立したものであり、起振機の振動によって捨石均し反力を受けるので、起重機船等から吊り下げて作業が出来る。
2. 構造が簡単で製作費が安価である。

3. 高深度作業に適用出来る。

4. 均し面のおうとの大きさに関係なく均しが出来る。

2-2 実用機的设计概要³⁾

設件条件：均し幅-500cm 均し深さ-30cm

捨石-割栗石 50~100Kg/個

水平均し力 F は、抵抗係数 R を5.5とすると

$$R = \frac{F \times D}{W \times b} \quad \text{より} \quad F = 51,563 \text{ Kg}$$

ここでW: 石の重量 (Kg)

D: 石の大きさ (cm)

b: 均し幅 (cm)

扇形偏心ウエイトの半径をr, 厚さをt. 扇形角を α ($2\theta = \alpha$) とすると, 重心 Y_G , 重量 W_0 , 偏心モーメントは次式より求まる。

$$Y_G = 38.2 \times r \times \frac{\sin \theta}{\theta}$$

$$W_0 = \frac{1}{2} r^2 \times \frac{2\pi\alpha}{360} \times 7,800 \times t$$

$$M_0 = W_0 \times Y_G$$

ここで r: 80 cm

t: 50 cm

α : 140° とする。

固定起振力Fは, 偏心ウエイトの回転数をn (rpm) とすると

$$F = \frac{2M_0}{g} \times \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2$$

∴ F = 50,000 Kgを得るには n = 133 rpm と求まる。

次に電動機の選定は仕事量より求めると,

$$P = \frac{F \times V}{102 \times 60}$$

P: 出力 (KW)

F: 水平均し力 (Kg)

V: 均し速度 (m/min)

にて F = 50,000 Kg, V = 5 m/min とすると P = 40.8 KW となる。

2-3 試作機¹⁾と実用機の比較

実用機の全高1.6 mは中間円筒の取外しによって高さが変化出来る。中間円筒の一本外しの状態では, 全高1.27 mに, 又2本外しでは全高0.94 mになる。

均し板の形状は, 図-3に示すとおりであるが, 改造前の状態で第1回から第3回実験を行ない, 以降の実験では改造後の均し板で実験している。

	試作機	実用機
全重量	4.5 t	3.2 t
電動機	2.2 KW	4.5 KW
振動数	100~130 rpm	133 rpm
振幅	0.2 m	0.3 m
起振力	2.5 t	5.0 t
均し板幅	1.7 m	5(4) m
全高	3.6 m	1.6 m
石の大きさ	30 Kg	200 Kg

実用機の全重量3.2 tの内訳は下記の通りである。

減速機ケース・ギヤ	8,800 Kg
偏心ウエイト	6,500 Kg
均し板	2,500 Kg
中間円筒	7,100 Kg
カウンター・ウエイト	6,000 Kg
電動機	400 Kg
その他	700 Kg

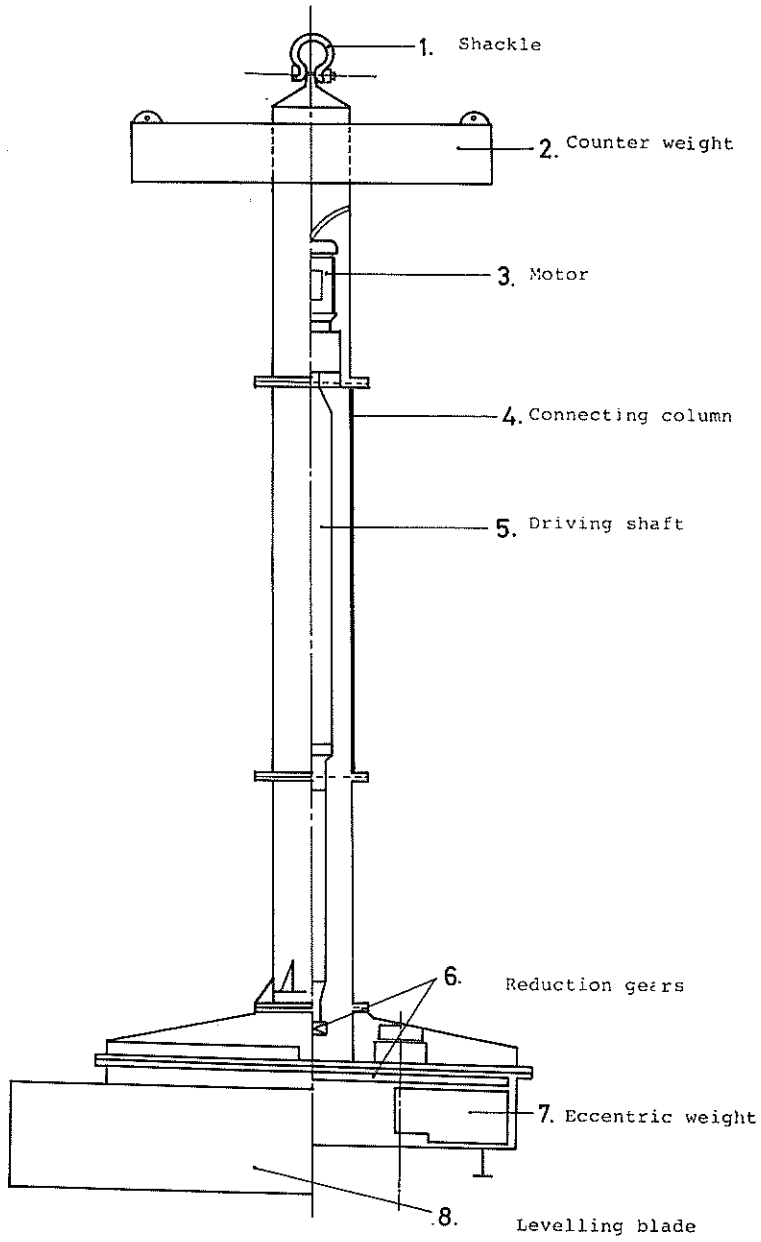


图-2 实用機 構造图

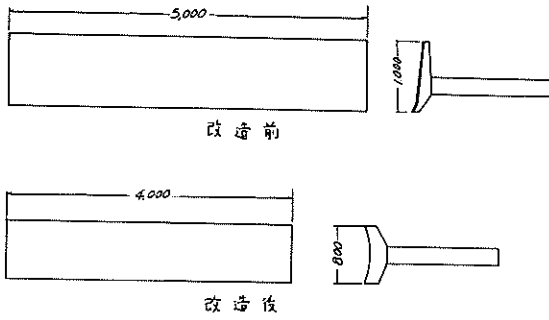


図-3 均し板の形状

3 捨石均し工事の現状

捨石均し工事の現状を把握するために、捨石の大きさ、均しの種類、精度等について述べる。

3-1 捨石の大きさ

捨石の大きさを決定する要素としては、設計波高、水

深、捨石の供給場所の制約、工費等が考えられる。

表示の方法としては、50~200Kgというように範囲で表示するのが大部分であるが、50Kg内外とか、上限値、下限値を示す例もある。

捨石の性質は、偏平細長でなく、堅硬、緻密及び耐久的で風化凍壊のおそれのないものとされている。主要石材は、花崗岩、安山岩、凝灰岩、砂岩等が使用されている。表-1に防波堤用捨石の大きさと目潰石の大きさを示す。

3-2 均しの種類

均しの種類は本均しと荒均しがあり、本均しはケーソン、根固め方塊等の構造物がのっかる所、荒均しは、それら以外の天端等で行なわれている。

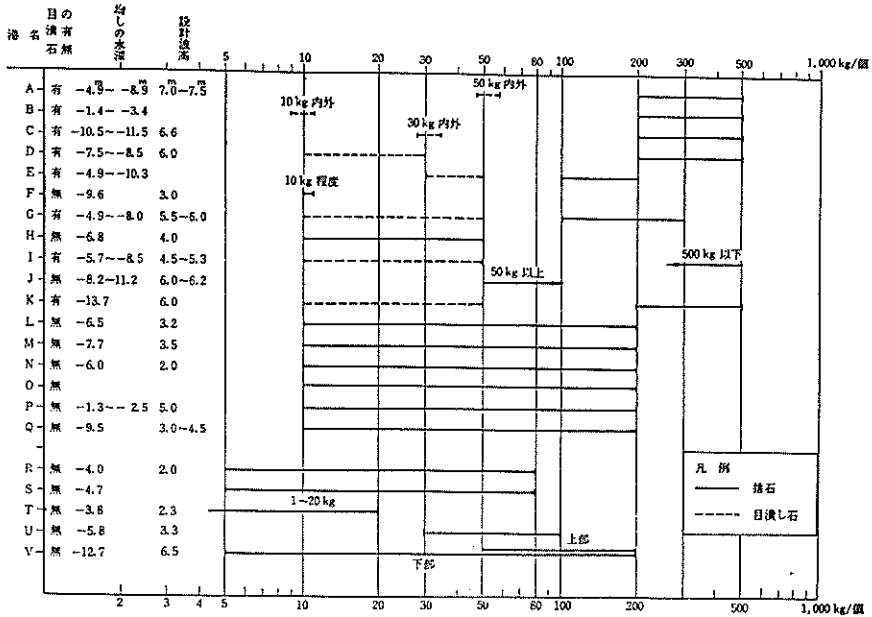
(1) 均しの精度

均しの精度は、港湾工事共通仕様書によれば、本均し面の高さは±5cm、荒均しの面は±20cmと規定している。

(2) 捨込み

各港によって若干の差異がみられるが、大体次の方法で行なっている。

表-1 防波堤用捨石の大きさと目潰石の大きさ



防波堤用捨石の大きさと目潰石の大きさ
(昭和46年度直轄港湾関係工事)

- 1) ガット船(150~700m³)でオレンジピールまたはモッコにて行なう。
- 2) 底開式石運船(60~120m³)。
- 3) 転倒船。
- 4) 台船にクローラ・クレーンを積込んだもの。
- 5) 台船より人力による。

上記の中で1), 2) が大部分を占めている。

(3) 捨込順序

1) ガット船又は石運船等で所定の天端に対して1m下がり程度まで投入する。この場合に上面近くは、レッド等により、おうとつの状態を測りながら不陸の少ないように投入する。

レッドのみの使用の場合には、精度は±0.75~1m程度におさまる。潜水夫によれば±50cm程度になる。

2) 水中スタッフにより所定の高さを定めて、潜水夫の指示により捨石の補充をする。この時の精度は、±30cmである。

3) ヌキ溝を掘り、本均しの場合にはヌキを入れ、荒均しの場合にはロープをはる。

ヌキの間隔 5m位
ロープの間隔 10m位

4) 本均しの場合には、ヌキの上をライトゲージ、レールを移動して均す。荒均しの場合にはロープを基準にして目見当て均している。

(4) 潜水夫の捨石均し能力

作業時の海象気象条件、作業水深、捨石の大きさ等に関係するので一概に規定するのは困難であるが、実績では次のようになっている。

- 1) 平日勤務7.5時間で、捨石は76.5m³、均しは10.6m²(昭和43年新潟東港整備)
- 2) 平均水深が16mで潜水夫一組あたりの均し面積は、4.6m²/1日(2建管内の工事例)
- 3) 捨石、仕上均し、被覆均しの合計43,052m³を日数169日、潜水夫組数3,222で施工した。
(室蘭港外港防波堤工事 1726m延長工事)

尚、港湾整備第4次5カ年計画の3建ての捨石均し工事では次のような策定をしている。

工種	捨石の大きさ	施工水深	作業能率
本均し	2~200Kg	-3.2~-13.0m	5~15m ² /人
荒均し	〃	-6.0~-12.3m	13.5~60m ² /人
被覆	200~2,000Kg	-6.0~-13.5m	5~15m ² /人

4 現地実験の日程経過等

全期間とも清水港袖師(陸上試験)と外港防波堤(水中試験)の2カ所で行なった。起重機船は「駿河」を使用した。

昭和46年10月 実用機の完成

昭和46年12月10~17日 第1回実験

全高16mにて袖師で行なったが、故障のため、9.3m状態にて行なう。陸上実験は良好であった。水中実験は起重機ブームの振動により中止する。

昭和47年1月23~27日 第2回実験

全高16mにて陸上実験は良好である。起重機ブームの振動を防止するために、均し機を本船にだいて行なおうとしたが、ロープの取合がうまくゆかず中止する。

昭和47年10月23~28日 第3回実験

固定ジブ起重機船(80t)を使用し、陸上、水中ともに良好に作動する。全高12.7m状態である。

昭和47年12月4日「駿河」の振動試験良好

駿河の起重機ブームをパイプ材にて補強した。

昭和48年1月8~13日 第4回実験

均し機の均し板を4m×0.8mに変更する。図-3参照。「駿河」にて水中、陸上ともに良好に作動する。

昭和48年1月29日~2月3日 第5回実験

良好に作動したが、減速機歯車が損傷した。

昭和48年3月 五建均し実験

昭和48年3月 ボンツーン方式による均し実験

(五建による均し)。

4-1 現地状況及び使用船舶

現地実験場所は、清水港内の袖師第一埠頭仮護岸前面(±0m)と清水港外防波堤(-12m)の2ヶ所に設けた捨石均し実験マウンドで行なった。

捨石の主な大きさは、袖師、外港防波堤ともに5~20,50~200kgに分けて捨込んである。

図-5~6に捨石の重量加積曲線、捨石形状図を示す。使用船舶は第3回実験以外全て下記の編成にて行なった。

1) 自航起重機船「駿河」

総t数: 779.95t

船体長: 36.5m

幅: 19m

吊上能力主巻: 固定75t, 旋回50t

補巻: 20t

推進機: シュナイダー・プロペラ

2) 台船「第87号運搬船」

積載量: 200t

長: 26m

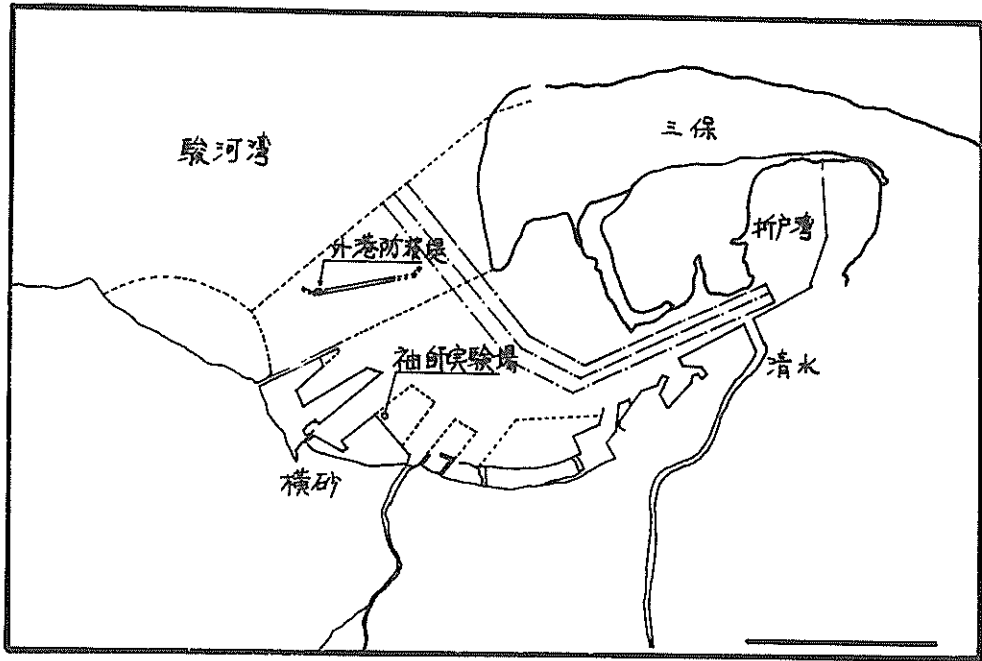


図-4 実験場位置

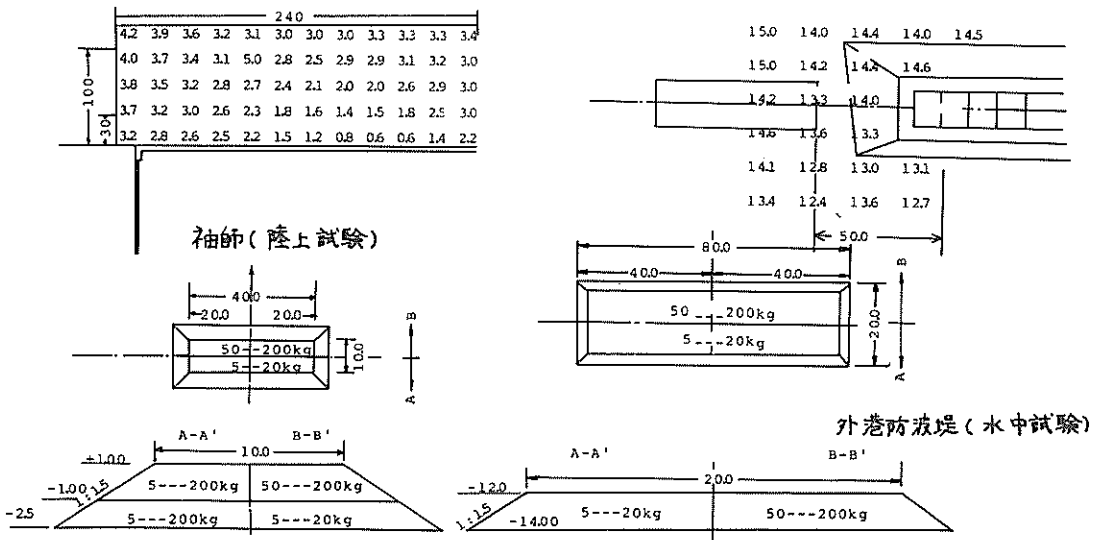


図-5 実験捨石マウンド

幅 : 10 m

3) 揚船船

4.9 t 自航船

尚, 図-7に袖師実験場での捨石形状を示す。

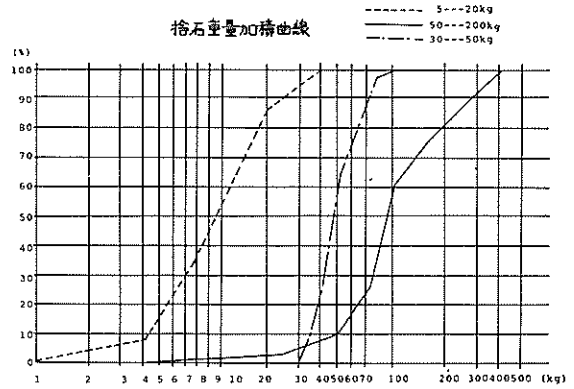


図-6 捨石重量加積曲線

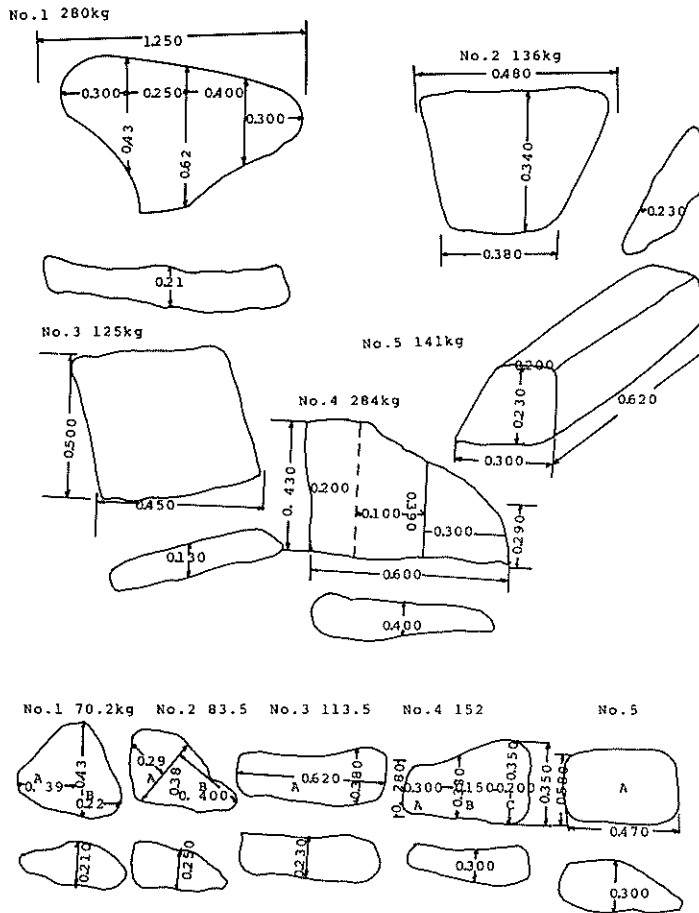


図-7 捨石形状

5 実験結果

日程経過に従って測定項目、作業状況、測量結果について求める。

5-1 測定項目

第1回実験では荷重計（テンションバー）と加速度計を設けた。荷重計では、捨石均し機の作業中に捨石より受ける垂直方向の荷重変動をみるものであり、加速度計にて捨石均し機の作業中の加速度の大きさと振動数の計測に使用した。第2回実験は前回の実験で捨石均し機と起重機ブームの共振が生じたので、ブーム応力を測定した。

第3回実験は機種機船の種類を変えて実施し、ブーム応力を測定する。

第4回以降の実験は、ブーム補強後の「駿河」にて実施し、新たに船体強度を追加して測定した。（第5回実験共通）

各回実験毎の測定項目、均し実験区分、起重機船種類は下記のとおりである。

	均し実験区分	起重機船	応力測定等
第1回実験	陸上実験	—	旋回式
第2回実験	〃	—	〃
第3回実験	〃	水中実験	固定式
第4回実験	〃	〃	旋回式
第5回実験	陸上実験	水中実験	〃

荷重計と加速計は各回ともに測定した。

1) 第1回実験

初め全高16mにて作業したが、伝動軸のゴムカップリングの破損のために、9.3m状態にて陸上実験のみ出来た。水中実験はブームの共振のため出来なかった。

陸上実験での荷重計、加速度の測定一例を次表-2に示す。

表-2 第1回実験の陸上試験での測定

荷重計 (t)	1 0.0	1 8.0	1 5.0	2 5.0	1 7.5	2 4.0	2 1.0	2 2.0	2 2.0	2 6.0
加速度 (g)	1.86	1.86	2.02	2.19	2.19	1.43	1.35	1.69	1.35	1.43

荷重計の値は、土の変動荷重のみである。加速度は、土の値である。

2) 第2回実験

ゴムカップリングと中間シャフトを修理して全高16mで陸上実験を行なう。ブームの応力測定はバックステイ上方0.8mにゲージを貼付して測定した。

ブーム断面は図-8に示す。

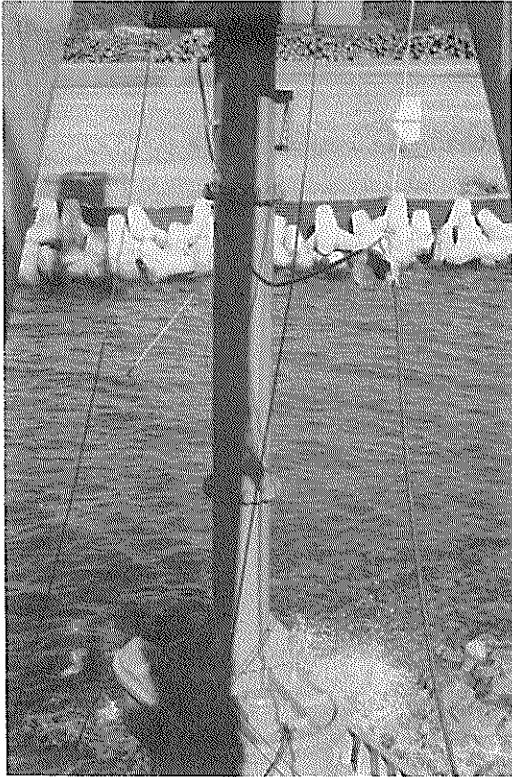
ブームの応力測定は格納状態を零点とした。実験時の初期状態はアウトリーチによって変化するが、14mのアウトリーチでは次の値 (Kg/cm^2) であった。

A	840	C	560
B	920	D	600

陸上実験での測定結果例を表-3に示す。

表-3 第2回実験の陸上試験での応力測定

荷重計 (t)	14.2	9.8	17.5	16.1	14.8	15.9	26.3	25.2	21.9	14.8
ブーム応力A (Kg/cm^2)	120	80	200	120	240	120	160	280	80	120
〃 B (Kg/cm^2)	120	80	200	160	280	120	200	240	120	120
〃 C (Kg/cm^2)	200	160	240	280	360	200	280	360	80	200
〃 D (Kg/cm^2)	240	160	280	320	360	200	280	280	120	240



3) 第3回実験

起重機船は固定式(非航80t)を使用して、陸上、水中とも実験出来た。ブームの振動は殆どなく水中実験でも良好であった。均し機は全高1.27m状態である。

ブームの応力測定は、直径80cmφのジブの下端より1.5mの個所に、直交して4個所ゲージを貼付し計測した。

陸上実験での荷重変動は前回に比較してブームの振動がないので±34.3tであり、このときの部材応力は平均100Kg/cm²である。水中実験の荷重変動は、どの位かかっているのか分からないこともあるが、±17.6tと陸上実験に比較して少な目な均し厚さになっている。

水中での無負荷運転(カウンターウェイトが水面に接する状態)での荷重変動は±8tであり、このときの部材応力は30Kg/cm²であった。

4) 第4回実験

「駿河」のブームをパイプ材にて補強後の初めての実験であるが水中実験でも良好に均し作業が出来た。

全高1.27mで実験する。

捨石均し機の均し板を初期のものより改造する。改造理由は水中抵抗力と捨石から受ける変動荷重を軽減することであったが、前者については改造前後の比較では、殆ど差異がなかった。

今回の実験では船体応力5点とブームのバックステイ2点を追加して計測した。図-9に応力測定記録を示す。

船体応力測定個所は旋回台より船尾に1mの個所で2m間隔に5点である。表-4に水中試験での一例を示す。

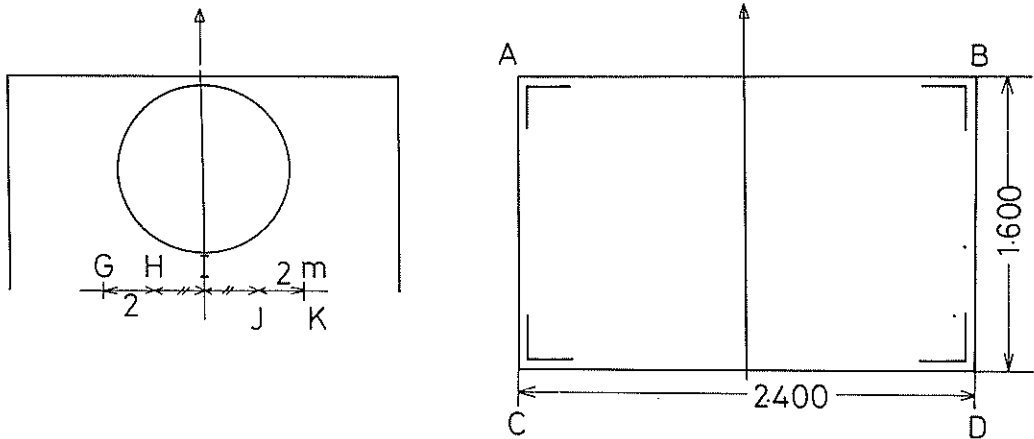


図-8 ブーム応力測定個所と船体応力測定個所

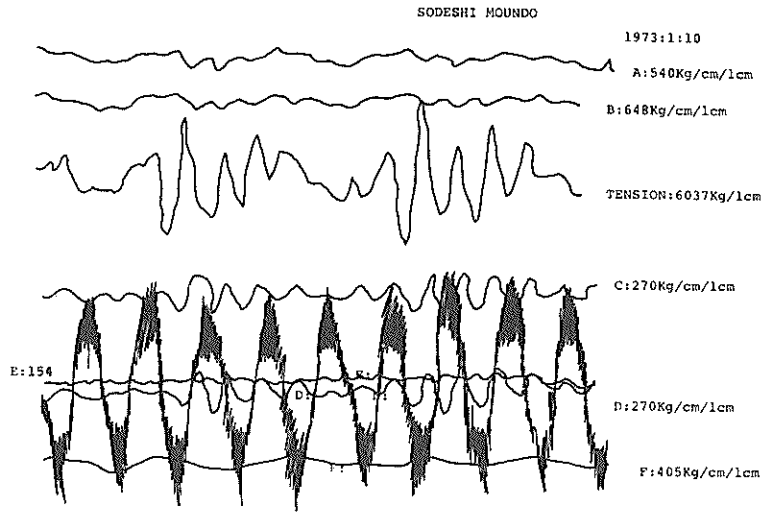


図-9 第4回実験 応力測定記録

表-4 第4回実験の水中試験での応力測定

起重機ブーム応力 (Kg/cm^2)				バックステイ (Kg/cm^2)		船体強度 (Kg/cm^2)				荷重計
A	B	C	D	E	F	G	H	L	J	(ton)
108	139	355	270	81	162	67	50	310	37	20.4
108	135	162	215	162	◇	67	50	357	38	12.7
108	92	258	270	162	◇	50	34	252	34	12.7
215	231	323	270	162	◇	67	34	287	42	24.1
108	139	129	215	81	◇	67	24	286	42	18.1
376	323	646	536	162	◇	67	34	302	42	27.1
270	370	549	296	242	242	59	42	269	50	24.1

5) 第5回実験

この実験では水中実験を主に行なう。水中カメラで均し状態の監視を行なおうとしたが、映像の視野が狭く、水の濁りが生ずるために映像は良好でなかった。

ブームの応力は、前回の測定個所の他にブームの上方3m, 5.1m, 8.1mの3個所を追加した。

6) 均し時の振回り力の測定実験

本捨石均し機は、均し能力以上の捨石が均し板前面に

たまってくると振回り(逃げ)を生ずる。そこでこの状態での力を測定するために行なった。

本船と均し機のワイヤー・ロープの中間に10tのロードセルを入れ測定し、4~6tと求められた。この値は、均し板前面の捨石の多少によって変動するものと思われる。全高1.27m状態で実験した。

7) ポンツーン方式による均し実験

今迄の実験は全て起重機船の吊りフックにワイヤー・

表-5 第5回実験の水中試験での応力測定

起重機ブーム応力 (Kg/cm ²)							バックステイ (Kg/cm ²)		船体強度 (Kg/cm ²)			
A	B	C	D	X	Y	Z	E	F	G	H	I	J
485	431	323	323	323	538	538	81	162	38	27	365	27
485	538	452	517	538	646	646	81	162	29	16	373	18
485	538	323	388	323	538	538	40	81	29	8	187	18
565	538	452	452	538	754	754	81	162	24	12	187	27
323	323	258	258	323	538	646	81	162	24	12	187	27

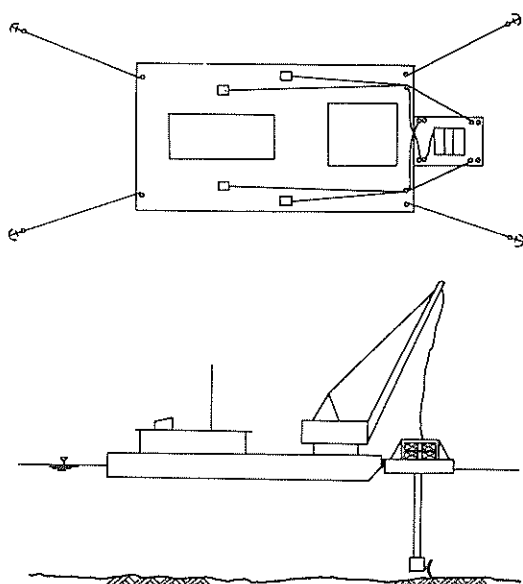


図-10 ポンツーン方式による均し機の配置

ロープを使用し捨石均し機を吊り下げて運転する方式（一本吊り方式）である。この方式によれば、容易に均し作業することが可能であるが、振回りが生じ易い。

陸上実験の場合には、実験マウンドと起重機船とのレベルが大体同じであるのでロープ取りが有効であったが水中実験では水深の関係でロープ取りをしても振回りの防止が出来なかった。この結果均し板前面に捨石が均し能力以上たまってくと逃げを生じてしまう。従って均し面に捨石の山が出来てしまうことになる。

そこで考案したのがポンツーン方式である。捨石均し

機をポンツーンに取付けた型枠に入れて、振回りを生じないようにピンジョイントで連結しているため、振回りは完全に防止出来、更に捨石均し機が捨石より受ける垂直方向の変動荷重はポンツーンが受け持つので起重機ブームへの影響もなくなる。高さの調節は予め起重機で吊上げて4個所のロープ用ポストで固定して均し作業を行った。

高さ調節後しばらくは、正常に均し作業が出来るが、捨石の「おうとつ」の関係で、均し能力以上の捨石が均し板前面にたまってしまうと、当初、垂直で振動していた捨石均し機は、本船の移動に伴って急傾斜を生じてしまい、電源のブレーカーが切断してしまう。

従って、捨石均し機が急傾斜になる前に何らかの方法で検知して上下方向の高さ調節をすることが必要である。

5-2 作業状況、測量結果

1) 第1回、第2回実験

どのような作業配置がもっとも適当か種々検討されたが、実際に行なったところ、船体固定にて起重機の旋回を使用するのが、より有効であることが分った。

均し作業は、同一半径で高さを少しずつ変えて旋回して数回均すというのを繰返して行ない、旋回半径の変更でカバー出来なくなったところで船体を移動し全面積を均すようにした。捨石均し機の振動数は111c/minである。

実験目的：1) 均し時の変動荷重、起重機ブームの振動（旋回式自航起重機船）

2) 振回り防止の支持ロープの取り方

3) 「うねり」時の作業

4) 捨石の大きさによる均し精度、均し時間等についてである。

3) については、陸上実験にて40~60cmの「うねり」のある状態での均し作業では、均し面に20~30

cm程の溝が出来た。起重機船「駿河」での場合であるが、風波浪のある場所での作業では、適当な船体固定方法が当然必要であろう。

表-6に陸上実験に於ての捨石5~20Kg, 50~200Kgの横断測量結果を示す。測量はスタッフによつた。

図-11に袖師実験場の測線位置図を、図-12に第1回実験の横断測量結果を示す。図-13は均し後の縦断測量結果の一部を示す。±1m程度のおうとつて投入された捨石をその平均高さまで均した場合、均し精度±10cmで200m²/hr(陸上実験)の能力が認められた。

2) 第3回実験

実験目的：1) 固定ジブ式起重機船による水中均し実験、応力測定等

2) 均し精度、均し時間等

全高12.7mにて、捨石均し機振動数は111cpmである。前回の実験で捨石が減つたために、新しい捨石(30~50Kg)を+1m投入した。

水中実験では1往復約4分、10m/分程度後進で均す。日時別の均し状況は次のとおりである。

10月25日 PM 2:00~ 4:00 800m²の均し
 10月26日 AM 9:45~11:40 800m²の均し
 “ PM 2:00~ 4:00 午前中の800m²の中の均し残しを均す。

表-7に外港防波堤(水中実験)での横断、縦断測量結果について示す。均し面は1,600m²を6時間で均す。

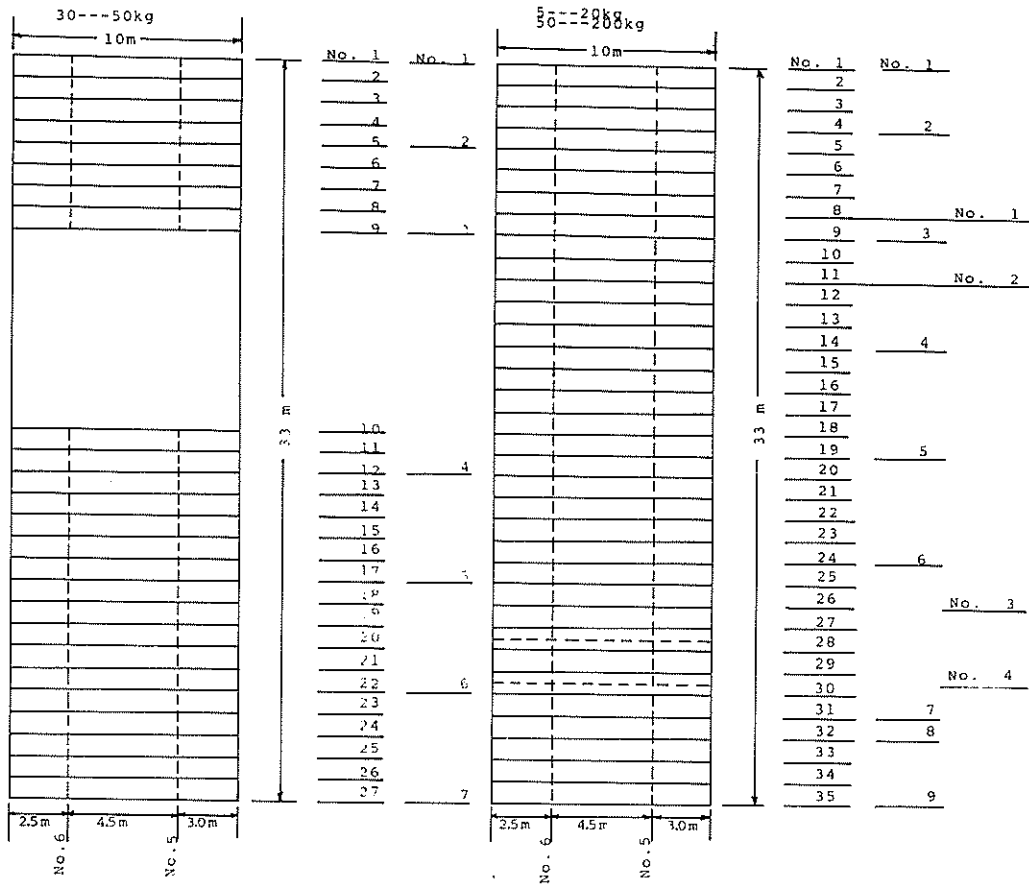


図-11 袖師実験場測線位置図

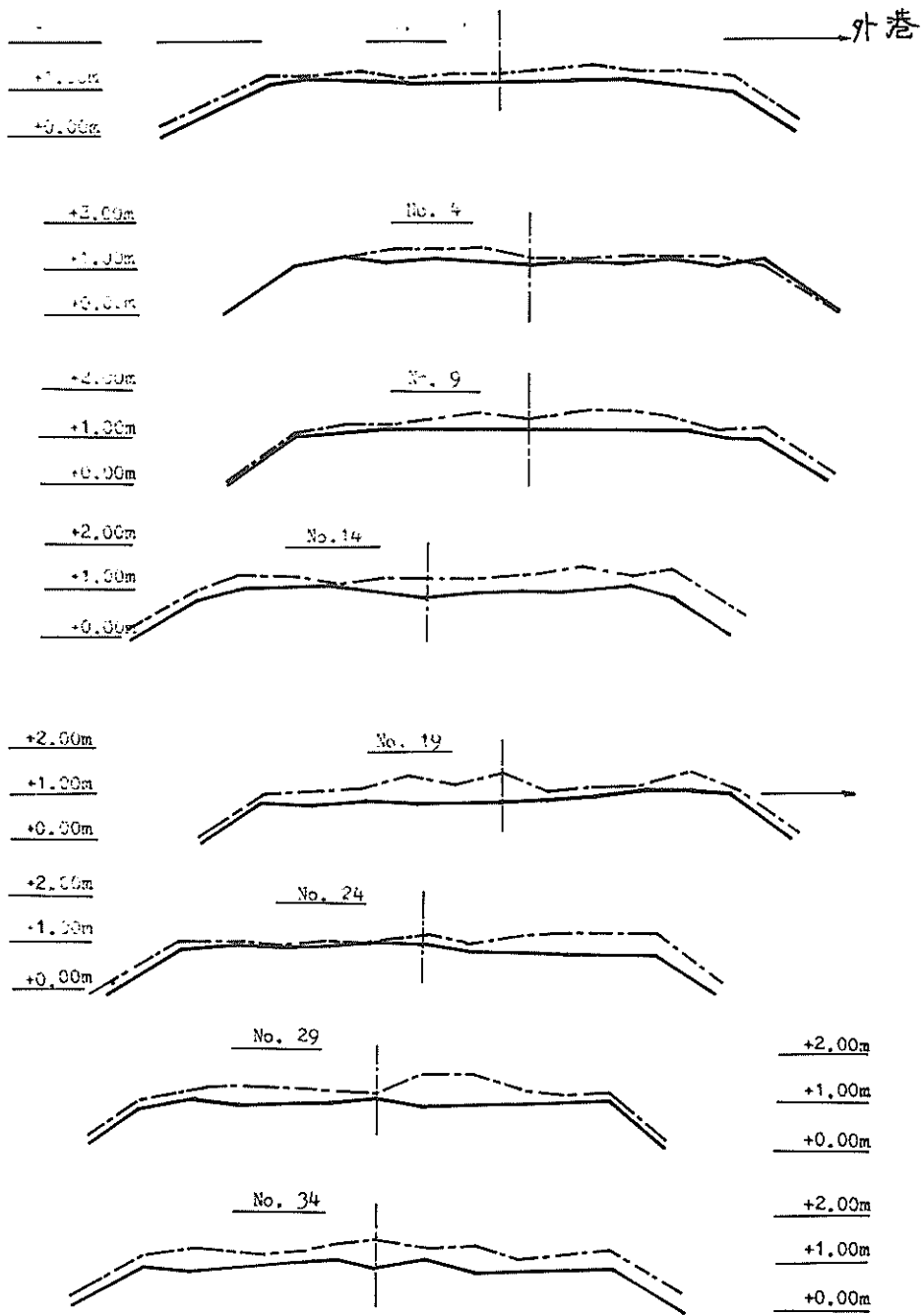


図-12 第1回実験 横断測量結果

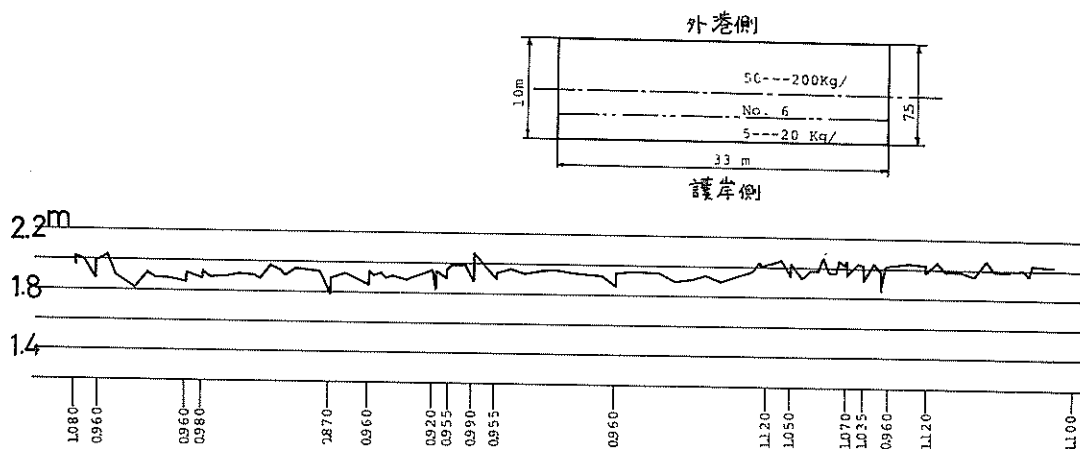


図-13 均し後の縦断測量結果

3) 第4回実験

実験目的：1) 起重機ブーム補強後の「駿河」による改造均し板による均し

2) 船体強度の測定, 起重機ブーム応力

袖師の実験マウンドは前回の実験で捨石が広範囲に散乱してしまったので、グラブ船にて±2m位にマウンドを積み直した。外港防波堤のマウンドは防波堤よりの

800m²に30~50kg/個の捨石を投入した。

図-14に水中実験での均し面軌跡を示す。表-8は、横断・縦断測量の結果である。

均し面積は、30~50kgが620m²、50~200kg/個が60m²の計680m²を5時間20分で均した。

均し作業時の配置は捨石マウンドの横断方向に船体を設置した。振動数は133cpmである。

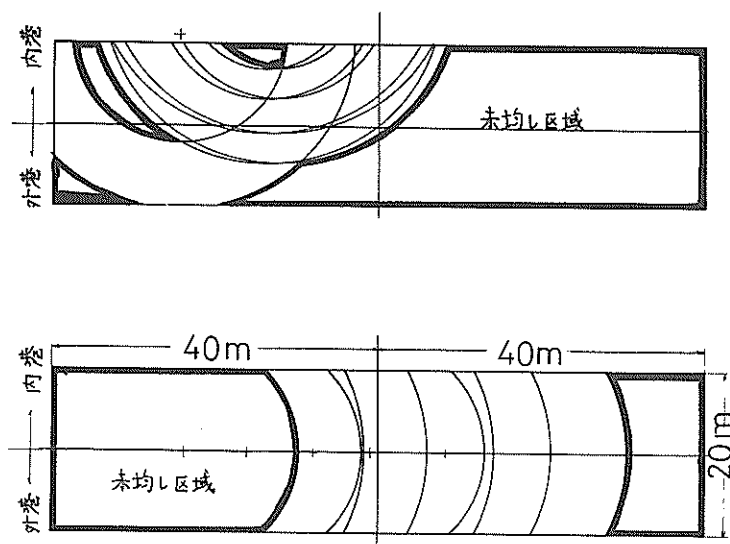


図-14 均し後の均し面軌跡

4) 第5回実験

実験目的：1) 均し作業配置を変えた場合の均し

2) 船体強度、起重機ブーム応力測定

今回の試験は、外港捨石マウンドの縦断方向に船体を配しての均し作業である。振動数は133 cpmである。

均し面は、前回の均し残し分の30~50 Kg/個のマウンドと50~200 Kg/個の捨石を捨込んだマウンドである。

日時別の状況は次のとおりである。

1月30日 陸上実験、捨石の大きさ5~20, 30~50, 50~200 Kg/個の3種類である。均し作業は船体をマウンドの横断方向に向けて、エンジンを運転しながら行なう。1回旋回均し時間は約3分である。2時間で、 m^2 を均す。

1月31日 水中実験、捨石の大きさ30~50, 50~200 Kg/個である。作業配置は図-15に示す。図示のように、マウンド法線に沿って船体をワイヤー・ロープで防波堤に固定して、1の長さを各サイクル毎にセットし直して行なった。均し面は、アウトリーチの切替えとブームの旋回とでカバーして、カバーし切れなくなった時に、1を長くして、以後繰返した。

2月1日 前日と同様である。

2日間の水中実験にて、合計で30~50 Kg/個が220 m^2 、50~200 Kg/個が600 m^2 、均し時間5時間であった。

図-16~21に水中試験での横断・縦断測量結果を示す。表-9には第5回実験の横断・縦断測量結果を示す。

5-3 測量結果の集計と均し効果

表-10は、各実験毎に於ける均し前後の平均値と標準偏差についての最大値、最小値、平均を集計したものである。単位はmである。

表中にある陸上実験での粗測量とは、1測線毎に間隔1m毎にスタッフを立て測定したものである。精密測量とは、1測線に沿って間隔約10cm毎にスケールで測った。又水中実験では、プロファイラーで測深した。1m間隔の横断・縦断方向の測深図でデータ整理を行なった。

表-10で各実験毎の標準偏差を陸上・水中実験別にみると、陸上実験に於ける均し後の標準偏差は、水中実験の値より良好な結果を示している。陸上実験では均し作業が均し状況を見ながら出来たからと思われる。

水中実験に於ける標準偏差は平均では、大きな値を示しているが、しかしながら反覆均し、振れ回り防止、水中での均し状況を把握出来るような適当な機器の導入等によってmin値まで均しが向上出来ると思われる。

表-11は、各実験毎の均し効果、均し作業能率についてまとめたものである。表中の均し面の標準偏差は、横断・縦断測量の値の平均である。表中の均し後/均し前を均し効果ということにする。従って均し効果は、値の小さい方が均し効果があるわけである。均し作業能率だけをみると第3回実験では、267 m^2/hr と最大になっている。しかし、均し効果よりみれば第5回実験の方が、0.4と均し効果が向上しているが均し作業能率では164 m^2/hr となっている。

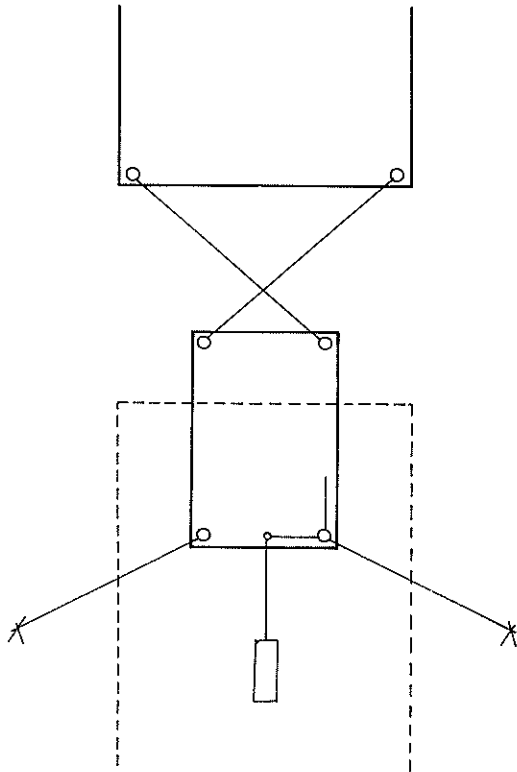


図-15 第5回実験での作業配置

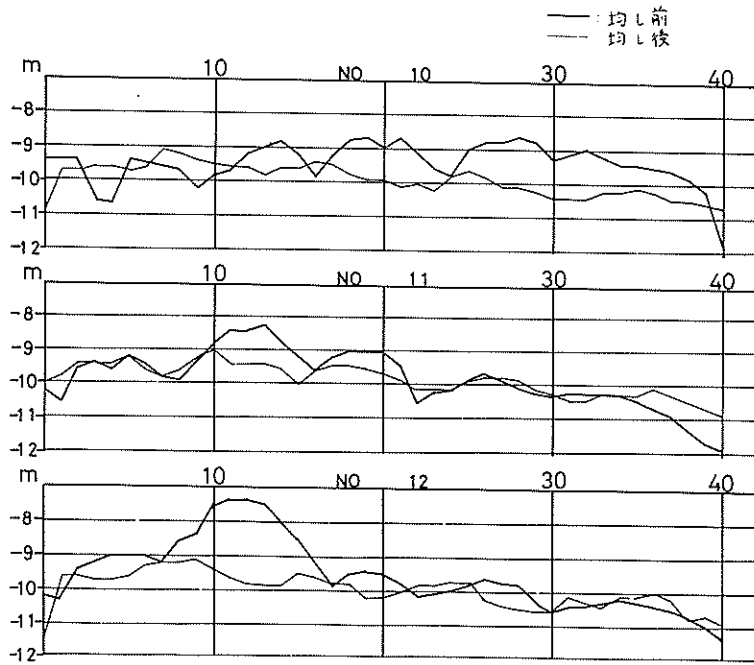


図-16 第5回実験 水中試験 縦断測量結果

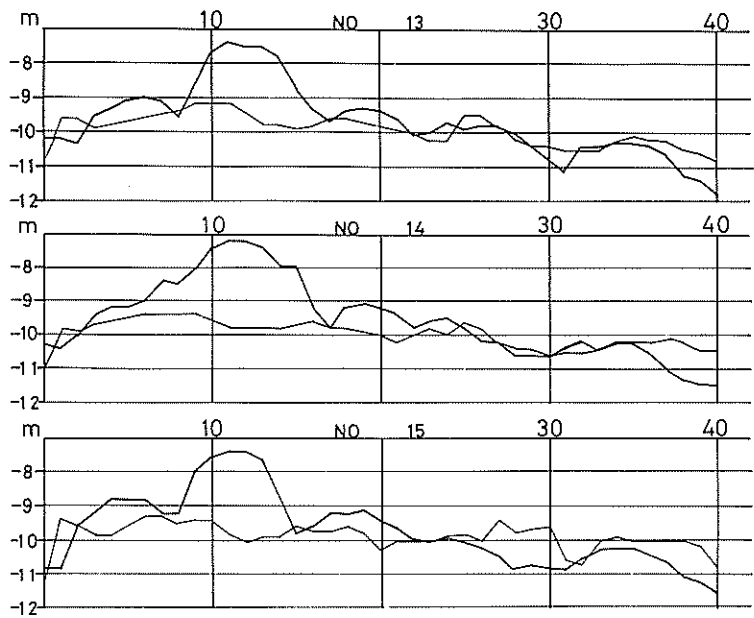


図-17 第5回実験 水中試験 縦断測量結果

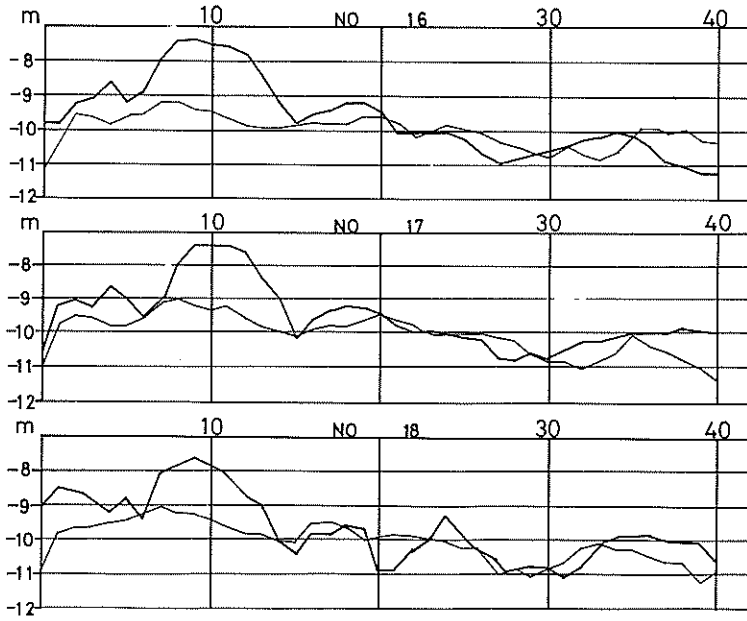


図-18 第5回実験 水中試験 縦断測量結果

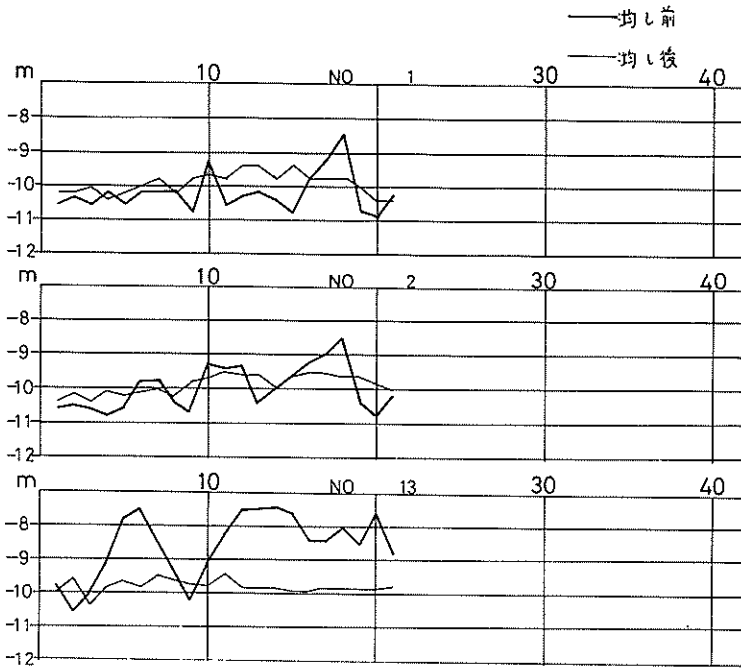


図-19 第5回実験 水中試験 横断測量結果

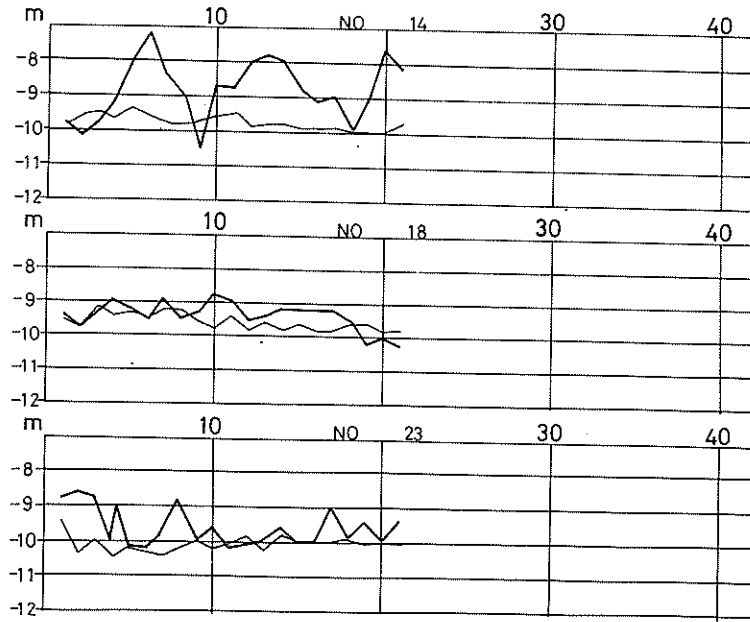


圖-20 第5回実験 水中試験 横断測量結果

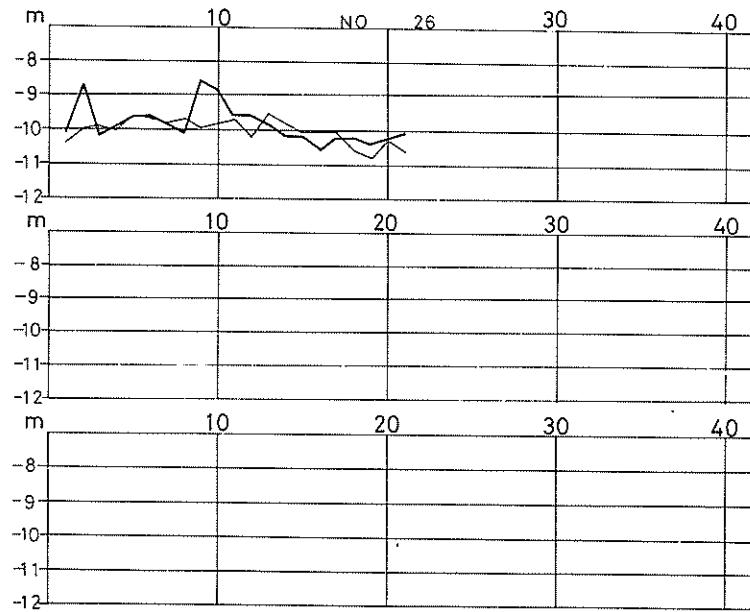


圖-21 第5回実験 水中試験 横断測量結果

表-6 陸上試験・横断測量結果(単位:m)

横断測量(5~20Kg/個の捨石)

測線	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	1.29	0.055	1.13	0.054	0.98
2	1.30	0.147	1.14	0.066	0.45
3	1.32	0.142	1.14	0.070	0.49
4	1.26	0.120	1.01	0.124	1.03
5	1.32	0.147	0.95	0.050	0.34
6	1.18	0.092	1.06	0.067	0.73
7	1.17	0.108	0.90	0.077	0.71
8	1.26	0.110	0.89	0.085	0.77

50~200Kg/個の捨石

測線	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	1.23	0.156	1.08	0.093	0.60
2	1.23	0.058	1.14	0.059	1.02
3	1.37	0.164	1.09	0.101	0.62
4	1.35	0.054	0.95	0.082	1.52
5	1.33	0.148	1.06	0.098	0.66
6	1.34	0.077	0.95	0.094	1.22
7	1.28	0.197	0.95	0.069	0.35
8	1.28	0.141	0.88	0.069	0.49

表-7 第3回実験水中試験測量結果(単位:m)

横断測量

測線	均し前				均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
10	11.02	0.445	11.00	0.39	0.88
20	11.16	0.355	11.34	0.40	1.13
30	11.00	0.46	10.89	0.37	0.80
40	11.18	0.43	11.00	0.14	0.33
50	10.62	0.33	10.95	0.17	0.52
60	10.68	0.24	10.58	0.39	1.63
70	10.72	0.16	10.80	0.19	1.36

縦断測量

測線	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
5	10.89	0.42	10.97	0.22	0.52
11	10.91	0.41	10.84	0.34	0.83
16	10.39	0.42	10.80	0.24	0.57

表-8 第4回実験 水中試験測量結果(単位:m)

横断測量

縦断測量

測線	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	9.57	0.18	10.11	0.13	0.72
2	9.54	0.70	10.11	0.22	0.31
3	9.01	0.25	9.75	0.31	1.24
4	9.51	0.34	9.86	0.36	1.06
5	10.07	0.51	9.93	0.37	0.73
6	10.12	0.32	10.47	0.24	0.75
7	10.48	0.29	10.78	0.36	1.24
8	10.55	0.14	11.17	0.18	1.29

測線	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	9.98	0.59	10.39	0.43	0.73
7	9.92	0.46	10.54	0.48	1.04
10	10.13	0.56	10.21	0.52	0.93
14	9.86	0.75	10.18	0.76	1.01
17	9.90	0.64	10.34	0.56	0.88
20	9.67	0.75	10.57	0.51	0.68
21	9.74	0.75	10.50	0.48	0.64

表-9 第5回実験 水中試験測量結果

横断測量

縦断測量

測点No	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	10.23	0.59	9.95	0.28	0.48
2	9.99	0.67	9.87	0.30	0.45
3	9.87	0.61	9.89	0.29	0.48
4	9.63	0.67	9.90	0.29	0.43
5	9.39	0.60	9.80	0.25	0.42
6	9.36	0.53	9.69	0.31	0.59
7	9.32	0.69	9.55	0.37	0.54
8	9.36	0.83	9.50	0.35	0.42
9	9.03	1.03	9.45	0.34	0.33
10	8.78	1.13	9.49	0.38	0.34
11	8.58	1.08	9.60	0.38	0.35
12	8.57	1.10	9.75	0.25	0.23
13	8.61	0.96	9.78	0.19	0.20
14	8.87	0.87	9.76	0.18	0.21
15	9.33	0.77	9.71	0.31	0.40
16	9.49	0.44	9.58	0.30	0.68
17	9.71	0.44	9.54	0.28	0.64
18	9.40	0.38	9.58	0.22	0.58
19	9.25	0.50	9.67	0.24	0.48
20	9.29	0.59	9.82	0.24	0.41
21	9.40	0.63	9.95	0.31	0.49
22	9.58	0.59	9.98	0.25	0.42
23	9.69	0.51	10.06	0.23	0.45
24	9.73	0.51	9.92	0.29	0.57
25	9.85	0.48	9.89	0.27	0.56
26	9.83	0.54	10.01	0.24	0.44
27	9.92	0.63	9.65	0.65	1.03
28	10.10	0.63	10.28	0.43	0.68
29	10.19	0.63	10.37	0.39	0.62

測点No	均し前		均し後		均し後
	平均値	σ	平均値	σ	均し前
1	10.05	0.85	10.09	0.45	0.53
2	9.71	0.72	10.16	0.48	0.67
3	10.11	0.72	10.14	0.47	0.65
4	9.94	0.73	10.05	0.42	0.58
5	9.78	0.90	9.94	0.47	0.52
6	9.55	0.93	10.08	0.54	0.58
7	9.60	0.73	10.00	0.43	0.59
8	9.88	0.68	9.96	0.59	0.87
9	9.99	0.76	10.02	0.46	0.61
10	9.42	0.63	9.91	0.40	0.64
11	9.73	0.82	9.85	0.39	0.48
12	9.56	1.00	9.98	0.50	0.50
13	10.20	0.76	9.91	0.41	0.54
14	10.09	0.77	9.96	0.38	0.49
15	10.18	0.69	9.87	0.40	0.58
16	10.21	0.58	9.95	0.44	0.76
17	10.34	0.54	9.92	0.49	0.91
18	10.32	0.61	9.92	0.54	0.89
19	10.43	0.53	9.99	0.54	1.02
20	10.57	0.51	10.13	0.63	1.24
21	10.46	0.52	10.13	0.62	1.19

表 - 1 0 均し精度の集計表

	平 均				m a x				m i n			
	均し前		均し後		均し前		均し後		均し前		均し後	
	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ
第1 第2回現地実験 陸上試験 側横断 5~20Kg 側 〃 50~200Kg	1.26	0.115	1.03	0.07	1.32	0.147	1.14	0.066	1.17	0.108	0.89	0.085
	1.301	0.124	1.013	0.083	1.37	0.164	1.14	0.059	1.23	0.058	0.88	0.069
第3 回現地実験 陸上試験 30~50Kg 横断・粗測量 〃 精密測量 縦断・粗測量 〃 精密測量 水中試験 5~20, 50~200Kg 横断・精密測量 縦断・ 〃	0.88	0.181			0.72	0.215			0.77	0.143		
			0.68	0.073			0.85	0.077			0.69	0.069
	0.94	0.214			0.95	0.229			0.92	0.214		
			0.74	0.135			0.75	0.158			0.73	0.111
	10.91	0.343	10.94	0.293	11.0	0.46	11.34	0.398	10.72	0.14	11.0	0.144
	10.73	0.419	10.87	0.262	10.89	0.428	10.84	0.338	10.91	0.412	10.97	0.217
第4 回現地実験 陸上試験 5~20, 30~50, 50~ 200Kg 横断・精密測量 縦断・ 〃 水中試験 30~50Kg 横断・精密測量 縦断・ 〃	1.90	0.097	1.78	0.145	1.95	0.127	1.64	0.215	1.95	0.068	1.95	0.071
	1.84	0.154	1.76	0.165	1.86	0.168	1.70	0.208	1.66	0.142	1.82	0.141
	9.86	0.339	10.27	0.271	9.54	0.695	9.93	0.372	10.55	0.139	10.11	0.129
	9.75	0.562	10.22	0.496	9.70	0.877	10.03	0.757	9.40	0.168	10.01	0.198
第5 回現地実験 陸上試験 5~20, 30~50, 50~ 200Kg 横断・精密測量 縦断・ 〃 水中試験 50~200Kg 横断・精密測量 縦断・ 〃	1.79	0.163	1.61	0.103	1.75	0.249	1.48	0.145	1.73	0.088	1.60	0.080
	1.79	0.157	1.62	0.103	1.76	0.206	1.59	0.125	1.80	0.115	1.68	0.084
	9.41	0.618	9.80	0.225	8.78	1.130	9.65	0.65	9.40	0.38	9.78	0.19
	9.47	0.802	9.79	0.346	9.41	1.015	9.86	0.546	9.35	0.558	9.72	0.24

表-11 均し効果, 均し作業能率

試験名	項目 区分	石の大きさ Kg/個	均し面の $\sigma(m)$		均し後 均し前	均し面積 m^2	均し時間 hr:min	m^2/hr
			均し前	均し後				
第3回	陸上試験	30~50	0.197	0.104	0.53			
	水中試験	5~20 50~200	0.39	0.26	0.67	1,600	6:00	267
第4回	陸上試験	5~20						
		30~50 50~200	0.126	0.155	1.23			
	水中試験	30~50	0.456	0.384	0.84	680	5:20	126
第5回	陸上試験	5~20						
		30~50 50~200	0.16	0.103	0.64			
	水中試験	50~200	0.71	0.285	0.40	820	5:00	164

6 実験結果の考察

1) 均し効果

水中均し作業に於ける均し効果は、最も効果があったと思われる第5回実験で0.4と求められた。精度については、反覆均しや機械の制御の向上によって集計表のmin値まで均し得ると思われるので、 $\pm 10 \sim 15cm$ 程度の均し作業が可能であろう。

2) 均し作業能率

均し作業能率は、均し精度との相関で求めなければならないが、1回均しの今回の実験については、 $267m^2/h$ 、 $126m^2/h$ 、 $164m^2/h$ と求められたが、均し効果の関係で $164m^2/h$ を使用して、荒均しでの潜水夫との比較をすると、捨石均し機は大体20~90倍程度の能力になっているのが分る。

3) 均し方式

1本吊り方式(固定ジブ起重機船によるスイング均し、旋回式起重機船による旋回均し)と4点吊り方式(ポンツーン方式)の3方式について実験した。

スイング均し: 船体を操船用ワイヤー・ロープの巻取、繰出しによってスイングして均す方式である。

ブームの振動に耐える船型であれば、最も簡単な方式であるが、旋回均しに比較すると小回りがきかない。

旋回均し: 船体をアンカー、ワイヤー・ロープ等で固

定して、旋回を使用して均す方式である。マウンドに対して縦断方向に均せば最も有効である。

4点吊り方式: 上記2方式の欠点である振り回りが生じない、ブームへの支障が全くない等の利点があるが、均し高さの調節が円滑に出来る必要がある。

7 あとがき

潜水港で実施した捨石均し機の現地実験について述べたが、一応の現地導入への足掛かりが出来たと思われる。今回の実験では、潮の干満の影響を考慮しての作業、均し面を計画水深に合せての作業、反覆均しによる測量等は行っていないので今後機会を作って続行するつもりである。

本現地実験は、潜水港工事事務所、五建機械課、「駿河」、「清興丸」の各位の協力により実施されたものであり厚く御礼申し上げます。

(1973年9月29日受付)

参考文献

- 1) 港湾技術研究所報告第9巻第1号「捨石均し機の開発」
- 2) 五建第7回管内工事報告会資料
- 3) 第17回港湾機械技術研究会資料

港湾技研資料 No.171

1973・12

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 日青工業株式会社