

# 港湾技研資料

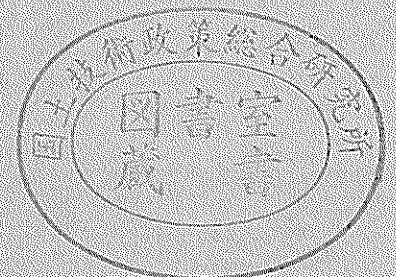
TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 249 Dec. 1976

捨石の水中落下速度について

俊基生 夫夫徹博勝茂  
英 苔峯保 義  
橋藤岩崎鳥谷藤藤本  
高近小岩白菊佐齊松

運輸省港湾技術研究所



## 目 次

要 旨 .....	3
1. まえがき .....	3
2. 水中を落下する物体の挙動と落下速度 .....	3
2.1 水中を落下する物体の挙動 .....	3
2.2 落下速度 .....	3
2.3 抵抗係数 .....	4
3. 室内実験 .....	4
3.1 供試体 .....	4
3.2 実験装置, 測定装置 .....	5
3.3 実験方法, 解析方法 .....	5
3.4 実験結果 .....	5
4. 現場実験 .....	10
4.1 実験海域, 海象条件 .....	10
4.2 実験装置 .....	10
4.3 供試体 .....	10
4.4 測定装置 .....	10
4.5 解析方法 .....	10
4.6 実験結果 .....	11
5. 結 論 .....	15
6. あとがき .....	17

## The velocity of falling rubbles in quiescent water.

Hidetoshi TAKAHASHI\*  
Motoi KONDO\*\*  
Taisei KOIWA\*\*\*  
Mineo IWASAKI\*\*\*\*  
Yasuo SHIRATORI\*\*\*\*\*  
Tooru KIKUYA\*\*\*\*\*  
Yoshihiro SATO\*\*\*\*\*  
Masaru SAITO\*\*\*\*\*  
Shigeru MATSUMOTO\*

### Synopsis

The behavior and velocity of falling rubbles in quiescent water depends on their weight, specific gravity, diameter, shape etc.

We conducted some falling experiments on falling velocity and drag coefficient of the rubbles, classifying the rubbles by their weight ( $5 \text{ g} \sim 1 \text{ t}$ ) and flatness ratio ( $0.1 \sim 0.8$ ) as a shape function into the groupe.

In this experiment we confirmed that falling velocity is in proportion to the sixth root of their weight, and decreases rapidly with increasing their flatness ratio.

We also found that drag coefficient increases rapidly with increasing flatness ratio.

We measured falling velocity of the rubbles as a groupe (5 and 10), but their velocity is not different from that of individual rubbles.

---

\* Member of the Working Craft Development Laboratory, Machinery Division  
\*\* Ex-head of the Machinery Division  
\*\*\* Head of the Machinery Division  
\*\*\*\* Ex-senior Reseach Engineer, Machinery Division  
\*\*\*\*\* Senior Reseach Engineer, Machinery Division  
\*\*\*\*\* Ex-member of the Working Craft Development Laboratory, Machinery Division  
\*\*\*\*\* Member of the Hydraulic Transportation Laboratory, Machinery Division

# 捨石の水中落下速度について

高橋英俊 \*  
近藤 基 \*\*  
小岩苔生 \*\*\*  
岩崎峯夫 \*\*\*\*  
白鳥保夫 \*\*\*\*\*  
菊谷 徹 \*\*\*\*  
佐藤義博 \*\*\*\*\*  
斉藤 勝 \*\*\*\*\*  
松本 茂 \*

## 要 旨

水中を落下する捨石の挙動，落下速度は主として，その重量・比重・粒径・粒子の形状に左右される。本実験では捨石を重量及び形状（扁平率で表したもの）によって分類（5g級～1,000kg，扁平率0.1～0.8）し，落下実験を行ない，落下速度，速度変動率，抵抗係数について解析を行った。

その結果，落下速度は重量の1/6乗に比例し，扁平率が大きくなるに伴い急激に小さくなること，また速度変動率，抵抗係数は扁平率が大きくなると急激に増加すること等が認められた。

## 1. まえがき

現在，ケーソン据付といった水中工事に於いて捨石を海底に投下して基礎とするのが一般的であるが，捨石投下の際の落下途中の捨石の挙動，落下速度はあまり考慮されていないのが現状である。しかし，後の捨石ならし工事，捨石の落下途中における散乱による捨石のロス，海底への衝突による支持岩盤の破壊，沈埋管等の水中構造物への影響等を考えると，捨石の落下途中の挙動や落下速度を予想し，捨石を目標点に落下させて後の均し作業を容易にし，かつ海底岩盤への衝突速度の小さい捨石を選ぶことが望ましい。これらの落下中の捨石の挙動は大部分がその形の不規則さに由来する極めて不規則で複雑なものであり，また不規則な形を完全に表わすことが非常に困難である。これらの事情がその挙動の解析を困難にしている。従ってこれらに関する研究は極めてまれである。

今回本研究室で実際の捨石の落下速度を計測する機会を得たので，この結果と水槽での実験結果を併せてここに報告する。

## 2. 水中を落下する物体の挙動と落下速度

### 2.1 水中を落下する物体の挙動

流体中を物体が進む場合，抵抗中心は重心から離れ，前方に移動する性質があり，また石の様に形が非対称なものは，重心点と抵抗中心とが一致しなくずれるのが普通である。従って石には回転モーメントが生じ，反転しながら蛇行し複雑な軌跡を描いて落下することになる。これらの挙動は主として粒径，粒子の形状，粒子の比重，流体の粘性，流体の密度に影響されている。しかし今回の実験では粒子の形状による影響を最も重視して，石の形を扁平率  $\left(\frac{\text{長径}-\text{短径}}{\text{長径}}\right)$  で表わして，これにより測定値を整理した。

### 2.2 落下速度

水中を落下する物体はだんだん加速して行き，抵抗と重力が釣り合う終速度で一定となる。ここで水中を落下する石の運動方程式を立てて解くと，

\* 機材部 特殊作業船開発室，\*\*前機材部長，\*\*\*機材部長，\*\*\*\*前機材部 施工機械主任研究官，  
\*\*\*\*\*機材部 水中施工主任研究官，\*\*\*\*\*前機材部 特殊作業船開発室，\*\*\*\*\*機材部 流体輸送研究室

運動方程式は、

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{1}{2} \frac{\gamma_0}{g} C_D \cdot A \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 = W \left( 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

となる。

- 但し  $W$  : 石の重量 (kg)  
 $A$  : 石の投影面積 (m<sup>2</sup>)  
 $\gamma$  : 石の比重量 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $C_D$  : 水の抵抗係数  
 $\gamma_0$  : 水の比重量 (kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  : 重力の加速度 (m/sec<sup>2</sup>)  
 $x$  : 落下距離 (m)  
 $t$  : 時間 (sec)

ここで  $\frac{1}{2} \frac{\gamma_0}{W} C_D \cdot A = G$

$$g \left( 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) = H$$

とおくと、

$$\frac{d^2x}{dt^2} + G \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 = H$$

となる。

ここで  $\frac{dx}{dt} = u$   $u^2 = 2Z$  とおくと

$$u \frac{du}{dx} = \frac{dz}{dx}, \quad \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{du}{dt} = \frac{du}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = u \frac{du}{dx} = \frac{dz}{dx}$$

故に運動方程式は、

$$\frac{dz}{dx} + G \cdot Z = H \dots\dots\dots (2.2)$$

積分して、

$$\ln \left| Z - \frac{H}{G} \right| = -Gx + C_0$$

ただし  $C_0$  は積分定数。

$$Z = C_0 e^{-Gx} + \frac{H}{G}$$

$x = 0$  で  $u = 0$  なので、 $Z = \frac{u^2}{2} = 0$

$$\therefore C_0 = -\frac{H}{G}$$

$$z = \frac{H}{G} (1 - e^{-Gx}) \dots\dots\dots (2.3)$$

従って落下速度  $u$  は、

$$u = \sqrt{\frac{2H}{G}} \cdot \sqrt{1 - e^{-Gx}} \dots\dots (2.4) \text{となる。}$$

### 2.3 抵抗係数

終速度  $u_u$  とすれば、重力と抵抗との釣り合の式は、

$$\frac{1}{2} \frac{\gamma_0}{g} \cdot C_D \cdot A \cdot u_u^2 = W \left( 1 - \frac{\gamma_0}{\gamma} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

となる。

(2.5) 式を  $C_D$  について解くと、

$$C_D = \frac{2gW}{Au_u^2} \left( \frac{1}{\gamma_0} - \frac{1}{\gamma} \right)$$

石の体積を  $V$  とすると、

$$C_D = \frac{2gV}{Au_u^2} \left( \frac{\gamma}{\gamma_0} - 1 \right) \dots\dots (2.6)$$

ここで石が代表寸法  $a$  なる立方体と考えて進めると、

$$C_D = \frac{2ga}{u_u^2} \left( \frac{\gamma}{\gamma_0} - 1 \right) \dots\dots (2.7)$$

となる。

ここで問題となるのは、代表寸法  $a$  の定め方である。抵抗を主として考え、抵抗を受ける面の長径と短径とを相乗平均したものを代表寸法 1 とし、その時の抵抗係数を  $C_{D1}$  で表わす。また重力の方を主として考え、石と同一重量の立方体の一辺の長さを代表寸法 2 とし、その時の抵抗係数を  $C_{D2}$  で表わすことにする。

## 3. 室内実験

前面がガラス張りの水槽中に落下距離を読み取るための目盛線入りアクリル板を吊し、その前方に石を投下してストロボスコープにより写真撮影を行った。

### 3.1 供試体

供試体は玉砂利を重量、扁平率ごとに集めたものをケース 1 とし、玉砂利を重量ごとに集めたものをケース 2、割石を重量ごとに集めたものをケース 3 とした。この理由は天然の砂利の扁平率がかたよっているため、扁平率をそろえて集めることが非常に困難だったことによる。従って扁平率がそろっているのはケース 1 だけである。また比較参考のためにガラス球、プラスチック球、碁石

の落下実験も行った。これらの供試体は写真写りを良くするため、白又は黄色のスプレーラッカーを塗付した。また同時に5又は10個を落下させる場合には、測定する

石以外は写真に写らない様に黒く塗った。これらを写真3.1に示す。また重量、寸法、扁平率を付表1に示す。

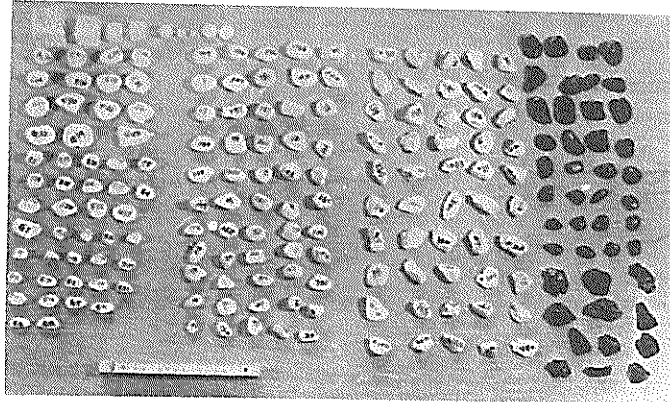


写真 3.1 供試体 (室内実験)

### 3.2 実験装置, 測定装置

これは図 3.1 に示すもので、水槽内に吊るした落下距離測定用の目盛板の前方に石を落下させ、望遠レンズ付きのカメラとストロボスコープを用いて写真撮影を行うものである。

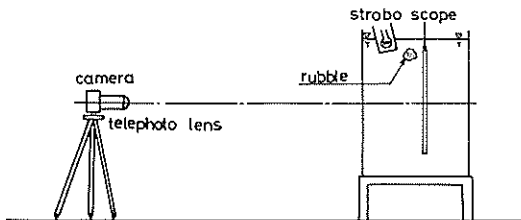


図 3.1 実験装置, 測定装置

- 1) 水槽は長さ180 cm, 幅60 cm, 深さ100 cmの前面ガラス張りの鋼製水槽である。
- 2) 目盛板は厚さ10mmの亚克力板に2mm毎に細く2cm毎に太く白線で目盛を入れ、裏を黒く塗ったもので、大きさは60cm×80cmである。
- 3) ストロボスコープは250~18,500CPMの間で連続可変のものである。
- 4) カメラは頭丈な三脚に取付け、200mmの望遠レンズを使用した。

### 3.3 実験方法, 解析方法

実験は暗幕にて室内を暗くして行い、ストロボスコープを一定の周波数で発光させておき、カメラのシャッターを開いてから石を落下させ、着底したのを確認してからシャッターを閉じた。

解析は、撮影済のフィルムを現象し、プロジェクターにより写し出して行い、目盛板よりストロボ発光時の石の位置を読み取り、その落下距離に対する落下速度を算出した。

### 3.4 実験結果

#### 3.4.1 水中を落下する石の挙動

写 3.2 に代表例を示す様に、水中を落下する石の挙動はいろいろなタイプに分けられるが、これらは、主に石の形の不規則さに由来するものである。石の形が球又は回転だ円体状のものは鉛直線上、又は鉛直線上をら(螺)旋状に落下する傾向にあるが、はまぐり(蛤)状の重心が偏っているものはどちらかに曲り、鉛直線上から大きく離脱する傾向にある。この程度は扁平率の大きいもの程大きい傾向にある。

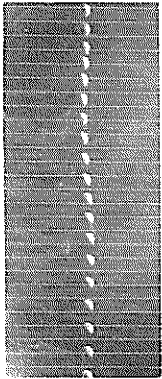


写真 3. 2. 1  
(プラスチック球)

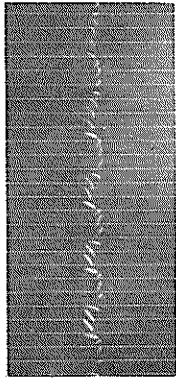


写真 3. 2. 2  
(碁石)

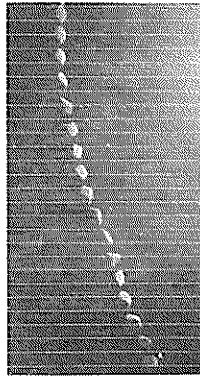


写真 3. 2. 3  
(20g級 F-6)

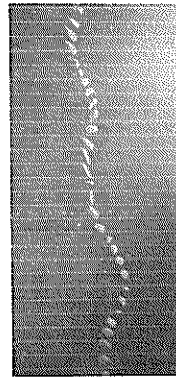


写真 3. 2. 4  
(20g級 F-6)

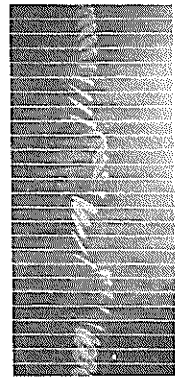


写真 3. 2. 5  
(20g級 G-34)

### 3. 4. 2 落下速度，速度変動率

落下距離に対する落下速度の実測例を図 3. 2 に示す。

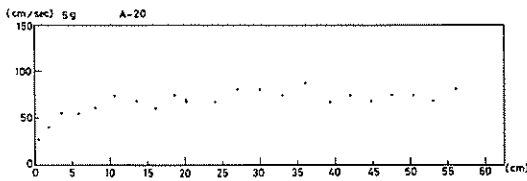


図 3. 2. 1 落下距離に対する落下速度 (5 g 級 A - 20)

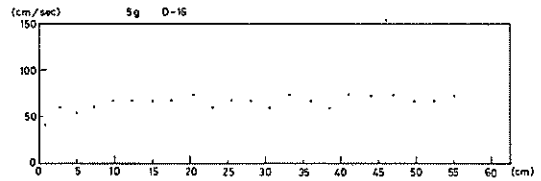


図 3. 2. 4 落下距離に対する落下速度 (5 g 級 D - 16)

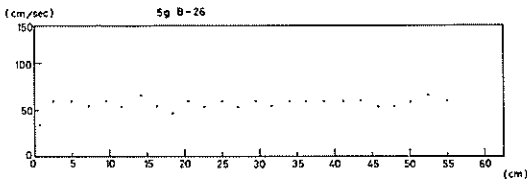


図 3. 2. 2 落下距離に対する落下速度 (5 g 級 B - 26)

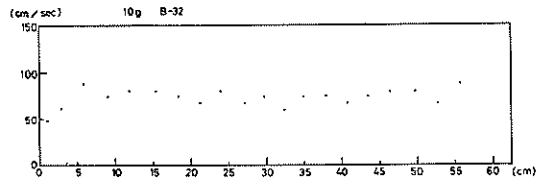


図 3. 2. 5 落下距離に対する落下速度 (5 g 級 B - 32)

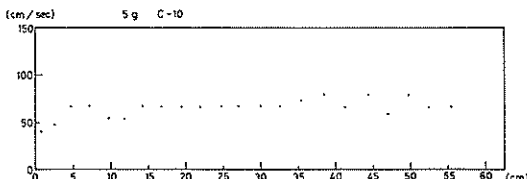


図 3. 2. 3 落下距離に対する落下速度 (5 g 級 C - 10)

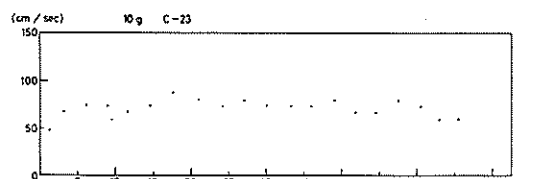


図 3. 2. 6 落下距離に対する落下速度 (10 級 C - 23)

落下速度は石の反転に伴い変動しながら増加して、ついには終速度となり、これを中心として変動する。これを速度変動率とする。次に終速度と石の重量との関係を探ってみると。

式(2.5)より

$$u_u^2 = \frac{2 \cdot g \cdot W}{r_0 \cdot C_D \cdot A} \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \dots\dots\dots (3.1)$$

ここでまた石を一边長  $a$  の同重量の立方体と考えると

$$A = a^2, W = r \cdot a^3 \quad A = \left(\frac{W}{r}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$u_u^2 = \frac{2 \cdot g \cdot r^{\frac{2}{3}}}{C_D} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right) W^{\frac{1}{3}}$$

従って終速度  $u_u$  は

$$u_u = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot r^{\frac{2}{3}}}{C_D} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right) \cdot W^{\frac{1}{6}}} \dots\dots\dots (3.2)$$

となり、重量  $W$  の  $\frac{1}{6}$  乗に比例していることがわかる。しかし抵抗係数  $C_D$  が一边長  $a$ 、重量、扁平率等と無関係ではなく、厳密には実量  $W$  の  $\frac{1}{6}$  乗には比例しない。

図 3.3 に実測値と計算値を示してある。これによると実測値が扁平率によって差があるので、抵抗係数と扁平率との関係を後述する。

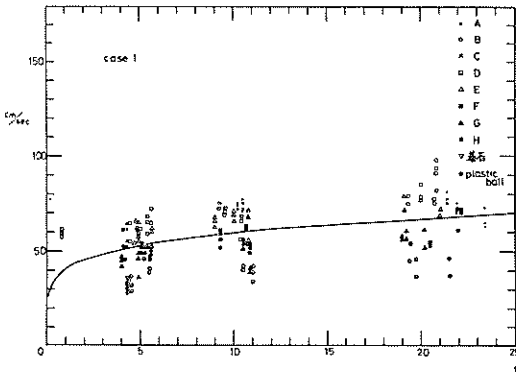


図 3.3.1 重量に対する落下速度 (実線-計算値,  $C_D = 1.5$ )

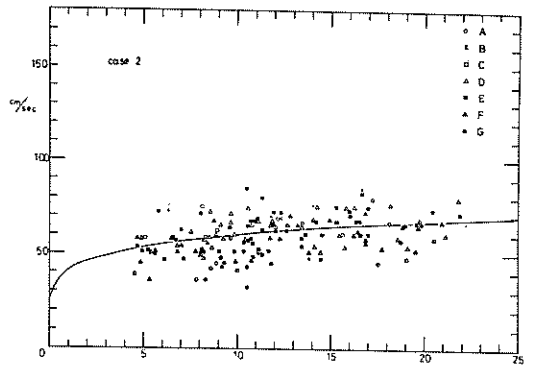


図 3.3.2 重量に対する落下速度 (実線-計算値,  $C_D = 1.5$ )

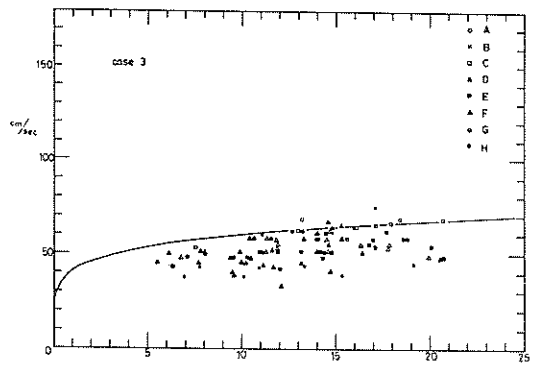


図 3.3.3 重量に対する落下速度 (実線-計算値,  $C_D = 1.5$ )

実際の落下速度は終速度を中心として変動している。この変動の上限、下限を終速度で除したものを速度変動率とし、扁平率で整理したものを図 3.4 に示す。これによると速度変動率は、扁平率が大きくなると急激に大きくなり、そのばらつきも大きくなる。このことは、扁平率の大きいもの程、最大投影面積と最小投影面積との比が大きいことから、反転による抵抗の変化も大きく、当然速度変動率も大きくなると説明できる。

5個、あるいは10個を同時に落下させた場合、後から落下する石は、先に落下した石が静水を乱し、また気泡を上昇させるため、抵抗が大きくなり落下速度は小さくなる傾向にある。一方、先に落下する石によって下向きの流れを生じて後から落下する石を加速するということも考えられるが、本実験では、落下速度の差は認められなかった(図 3.5)。



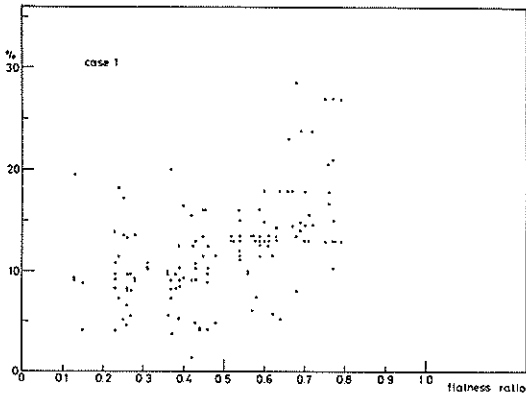


図 3.4.1 扁平率に対する速度変動率

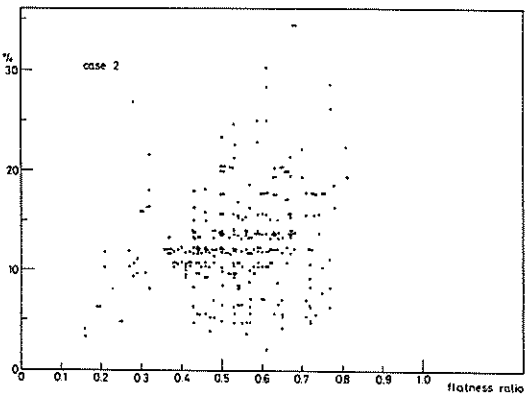


図 3.4.2 扁平率に対する速度変動率

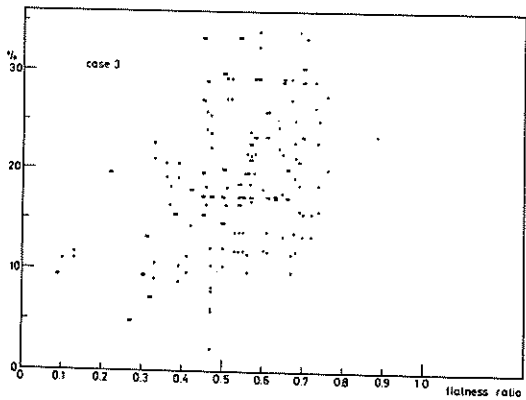


図 3.4.3 扁平率に対する速度変動率

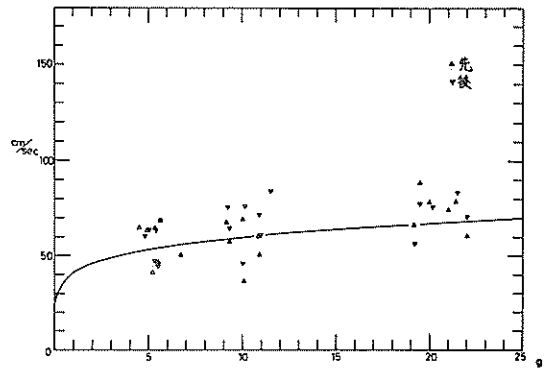


図 3.5.1 5個を同時に落下したときの落下速度 (実線は計算値)

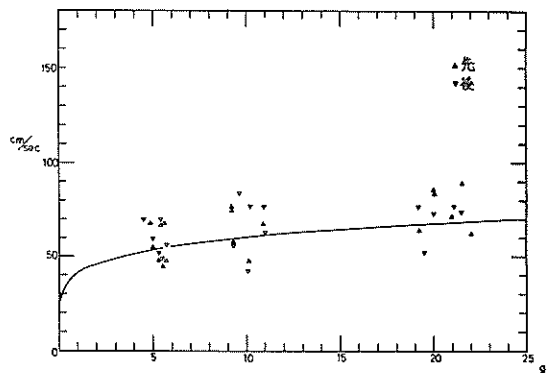


図 3.5.2 10個を同時に落下したときの落下速度 (実線は計算値)

### 3.4.3 抵抗係数, レイノルズ数

抵抗係数は図 3.6 の様に扁平率の増加とともに増加している。

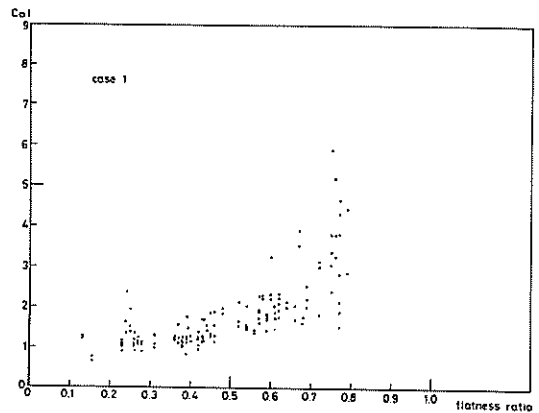


図 3.6.1 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

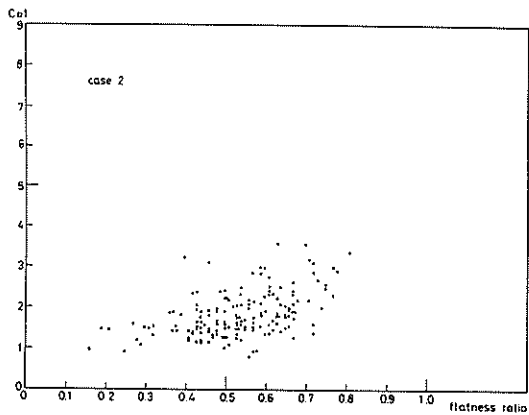


図 3.6.2 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

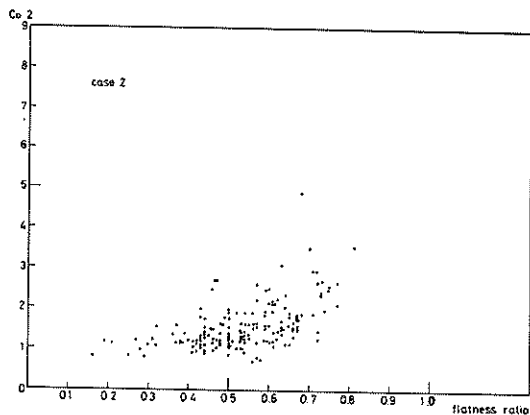


図 3.6.5 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D2}$ )

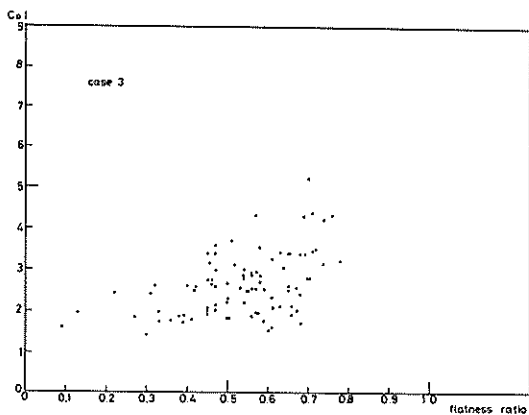


図 3.6.3 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

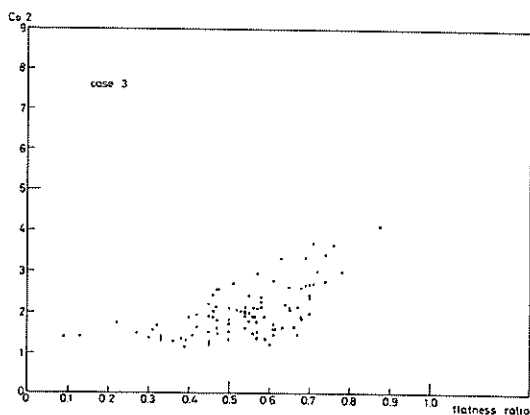


図 3.6.6 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D2}$ )

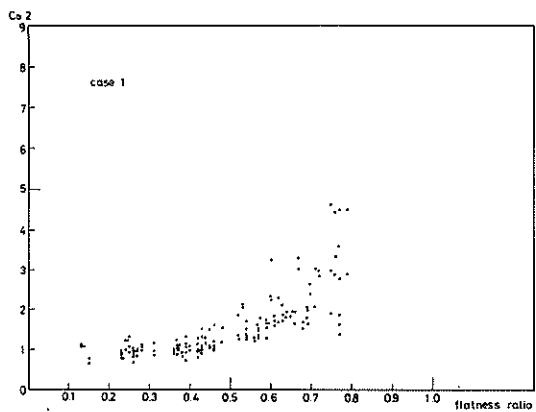


図 3.6.4 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D2}$ )

また 5 個, 10 個同時に落下させた場合も先に落下する石と, 後から落下する石との抵抗係数の差は認められなかった (図 3.7)。

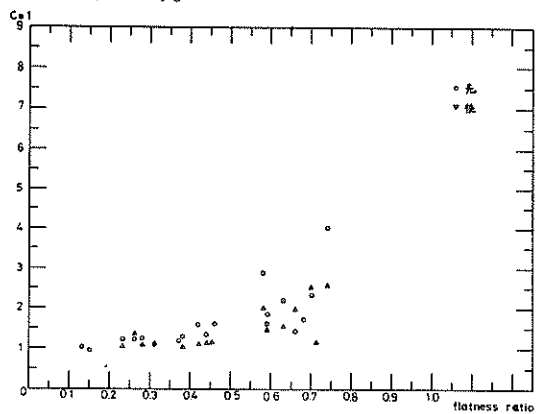


図 3.7.1 5 個同時に落下したときの扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

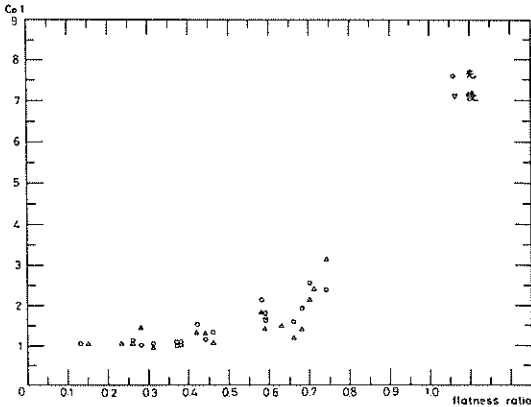


図 3.7.2 10個同時に落下したときの抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

なお各実験のレイノルズ数は付表1に載せてある。

## 4. 現場実験

### 4.1 実験海域、海象条件

捨石の落下実験は、昭和50年3月に横須賀港西防波堤の水深23mの海域で行った。また方形花崗岩は京浜港川崎扇島前面にて行った。

実験は荒天時を避けて行われ、実験海域の潮流は0.26 m/sec であり、水深は-23.5~-22.7 mであった。また海水の比重は平均1.026であった。

### 4.2 実験装置

捨石を台船上のクレーンの離脱フックに海面上に吊り下げ、速度検出用のテトロン糸を結び付けて合図により離脱フックをはずして落下させるものであり、図4.1に概略図を示す。

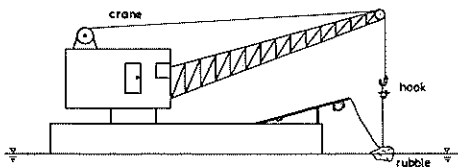


図 4.1 実験装置

#### 4.2.1 捨石落下実験の船団

- 30トンクレーン付台船
- 20トンクレーン付台船
- 潜水夫船
- スキンド이버船

ひき(曳)船

交通船

#### 4.2.2 方形花崗岩落下実験の船団

自航式グラブ船(上総丸)

100トン台船

交通船

### 4.3 供試体

捨石は50Kg, 100Kg, 200Kg, 500Kg, 1,000Kg級のもので、形は任意のものである。重量及び寸法を付表1に示してある。なお捨石には回収用ロープを結び付けてある。

### 4.4 測定装置

動揺し足場の悪い船上での測定装置は軽量で堅牢、かつ取扱いが簡単なものが望ましいので、ポテンシオメータを同軸上に取付たリールにテトロン糸を巻き付け、テトロン糸の繰出し量をポテンシオメータの回転数から算出する方法とした。また糸に一定のテンションをかけて繰り出すため、魚釣用のスピニングリールを使用した。リール及びスピニングリールは長さ2mのアルミ棒に取り付けてあり、丁度魚釣の要領で測定できるものである。またリールの外周長は計算し易い様に50cmにしてある。図4.2に概要図を示す。

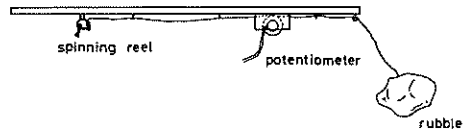


図 4.2 落下速度測定装置

落下速度はポテンシオメータの回転に伴う抵抗値の変化をブリッジボックスを介してアンプで増幅して電磁オシロに記録した。また時間軸に電磁オシロのタイミングラインを用いたので、ポータブル発電機の電圧、周波数の変動によるタイミングラインの変動が懸念されたが、ユニバーサルカウンタを用いた検定の結果、変動は±0.1%以内であり、解析には支障がないことが確認された。

### 4.5 解析方法

記録された鋸歯状の波形の1歯が落下距離50cmに相当するので、1歯落下するのに何秒かかったかをタイミングラインより読取り、落下速度を算出した。この記録の一例を図4.3に示す。

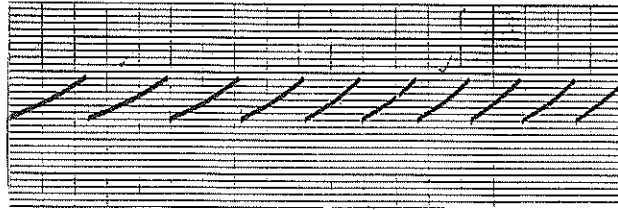


図 4.3 落下速度の記録例

## 4.6 実験結果

### 4.6.1 落下速度 速度変動率

落下距離に対する落下速度の例を図 4.4 に示す。

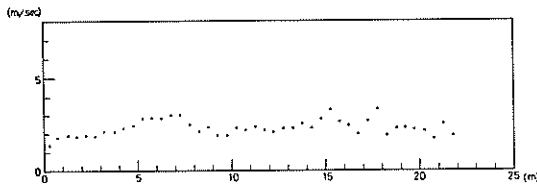


図 4.4.1 落下距離に対する落下速度  
(50Kg級 A-1 No. 2)

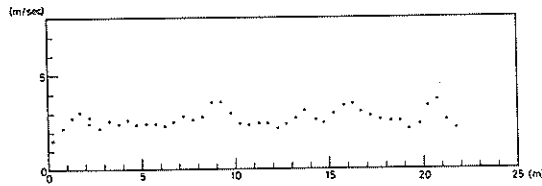


図 4.4.2 落下距離に対する落下速度  
(100Kg級 B-61 No. 3)

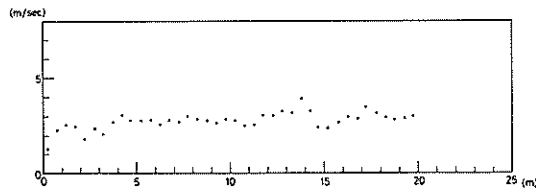


図 4.4.3 落下距離に対する落下速度  
(200Kg級 C-3 No. 1)

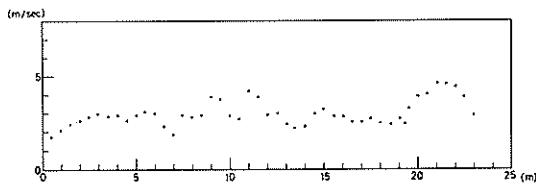


図 4.4.4 落下距離に対する落下速度  
(500Kg級 D-3 No. 1)

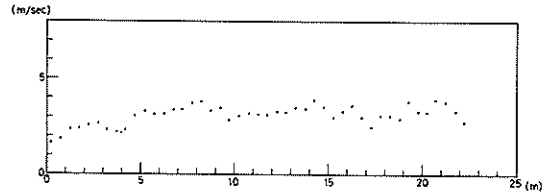


図 4.4.5 落下距離に対する落下速度  
(1,000Kg級 E-5 No. 2)

現場実験の場合は水槽実験と異り回収ロープを結び付てあるので運動方程式に若干の変更を必要とする。問題を図 4.5 の様にモデル化し、運動方程式を立てる。但し

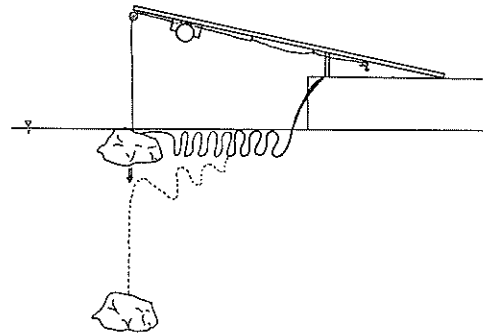


図 4.5 落下速度解析モデル

捨石は水面上  $H_0m$  から放たれ、回収ロープおよびテロン糸の繰出し抵抗は無視する程小さいとする。また運動方程式は捨石が水没後のものとする。

$$\begin{aligned} & \left( \frac{W}{g} + \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \frac{r_2}{g} x \right) \frac{d^2 x}{dt^2} + \\ & \left( C_D \cdot \frac{r}{2g} A_0 + f \cdot \frac{r}{2g} \pi \cdot d \cdot x \right) \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \\ & = W \left( 1 - \frac{r}{r_1} \right) + \frac{\pi}{4} d^2 (r_2 - r) x \cdots (4.1) \end{aligned}$$

ただし、

- $W$  : 石の重量                       $d$  : ロープの径  
 $A_0$  : 石の投影面積                 $r_2$  : ロープの比重量  
 $r_1$  : 石の比重量                     $f$  : ロープの摩擦抵抗係数  
 $C_D$  : 石の抵抗係数                 $r$  : 水の比重量  
 $\pi$  : 円周率                         $t$  : 時間  
 $g$  : 重力の加速度                 $x$  : 落下距離

次に、

$$A = \frac{W}{g}, \quad B = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{r_2}{g}, \quad C = C_D \frac{r}{2g} A_0$$

$$D = f \frac{r}{2g} \pi \cdot d, \quad E = W \left( 1 - \frac{r}{r_1} \right)$$

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 (r_2 - r)$$

とおくと (4.1) 式は、

$$\begin{aligned} (A+Bx) \frac{d^2 x}{dt^2} + (C+Dx) \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \\ = E + Fx \quad \dots \quad (4.2) \end{aligned}$$

ここで  $\frac{dx}{dt} = u$ ,  $u^2 = 2_z$  とおくと

$$\begin{aligned} u \frac{du}{dx} = \frac{dz}{dx} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{du}{dt} = \frac{du}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} \\ = u \frac{du}{dx} = \frac{dz}{dx} \end{aligned}$$

従って (4.2) 式は、

$$(A+Bx) \frac{dz}{dx} + (C+Dx) Z = E + Fx$$

$$\frac{dz}{dx} + G(x) Z = H(x) \quad \dots \quad (4.3)$$

$$\text{ただし} \quad G(x) = 2 \cdot \frac{C+Dx}{A+Bx}$$

$$H(x) = \frac{E+Fx}{A+Bx}$$

(4.3) 式を解くのに、 $G(x)$  及び  $H(x)$  中の  $x$  を  $x$  の微小区間で一定である。すなわち  $G(x)$ ,  $H(x)$  は  $x$  の微小区間で定数  $G$ ,  $H$  となると仮定して行う。例えば  $0 \leq x \leq 0.1$  で  $G(x)$ ,  $H(x)$  中の  $x$  を 0.05 と仮定して解く。この様にして  $0 \leq x \leq 0.1$  間で (4.3) を解くと。

$$\begin{aligned} \frac{dz}{dx} + Gz = H \\ \frac{1}{Z - \frac{H}{G}} \frac{dz}{dx} = -G \end{aligned}$$

積分して、

$$\ln \left| Z - \frac{H}{G} \right| = -Gx + C_0$$

ただし  $C_0$  は積分定数

$$Z = C_0 e^{-Gx} + \frac{H}{G}$$

$$\begin{aligned} \frac{dz}{dx} + Gz = H \\ \frac{1}{Z - \frac{H}{G}} \frac{dz}{dx} = -G \end{aligned}$$

水面上  $H_0$  で放たれた石は水中に  $V_0$  の速度で突入する。

$$\begin{aligned} V_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0} \\ x=0 \text{ で} \quad Z = \frac{V_0^2}{2} = gH_0 \\ \therefore C_0 = gH_0 - \frac{H}{G} \end{aligned}$$

$$Z = \left( gH_0 - \frac{H}{G} \right) e^{-Gx} + \frac{H}{G}$$

従って落下速度  $u$  は

$$\begin{aligned} u = \sqrt{2 \left( gH_0 - \frac{H}{G} \right) e^{-Gx} + \frac{2H}{G}} \\ \dots \dots (4.4) \text{となる。} \end{aligned}$$

次に  $0.1 \leq x \leq 0.2$  で解くのに前と同様な方法で解き初期条件として  $0 \leq x \leq 0.1$  の時の  $x = 0.1$  の速度を、 $0.1 \leq x \leq 0.2$  の時の  $x = 0.1$  の速度として与える。以後同様に  $x = 2, 3$  まで解き図示したものを図 4.6 に示す。

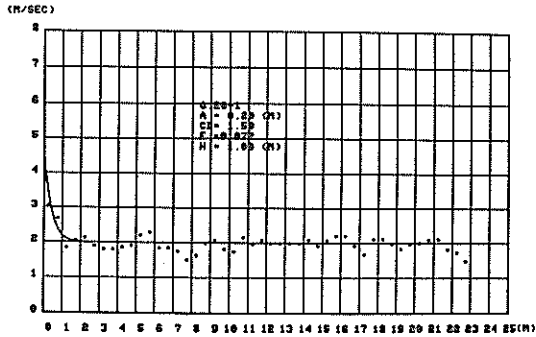


図 4.6 落下距離に対する落下速度 (方形-2)  
(実線は計算値,  $C_D = 1.5$ )

これは方形-2のもので点が実測値, 実線が計算値である。この結果, 回収ローブを取付たことによる影響は全くない事がわかったので以後の解析には回収ローブを考慮しない。

終速度と速度変動率は付表 1 に示してある。

終速度は重量の  $\frac{1}{6}$  乗に比例し, これを図示したものが図 4.7 である。図 4.8 に扁平率に対する速度変動率を示す。

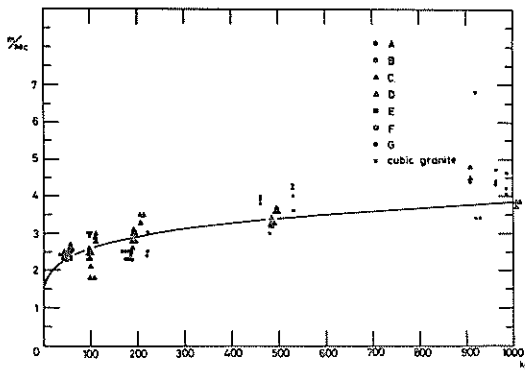


図 4.7 重量に対する落下速度  
(実線-計算値,  $C_D = 1.5$ )

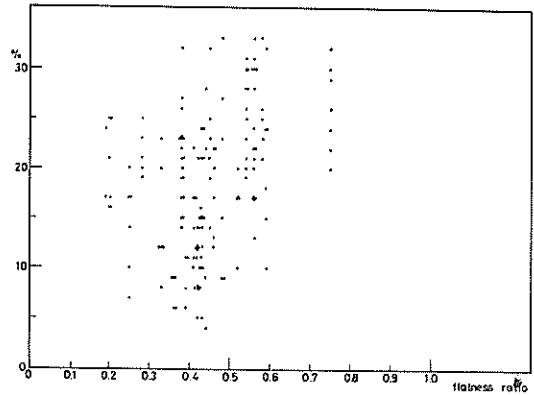


図 4.8 扁平率に対する速度変動率

5群, 10群の場合は先に落下するものの方がいく方, 落下速度が大きい様であるが, 明確ではない。図 4.9 に重量に対する落下速度を示す。

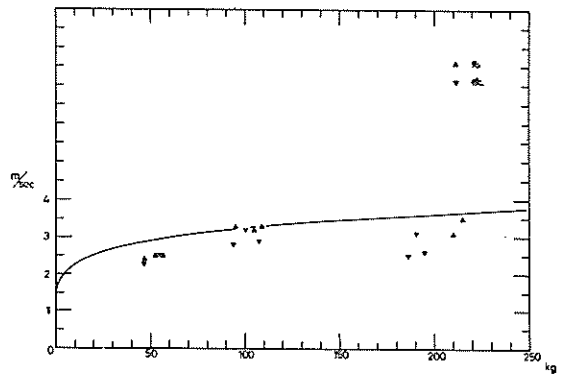


図 4.9.1 5個同時に落下したときの重量に対する落下速度 (実線は計算値)

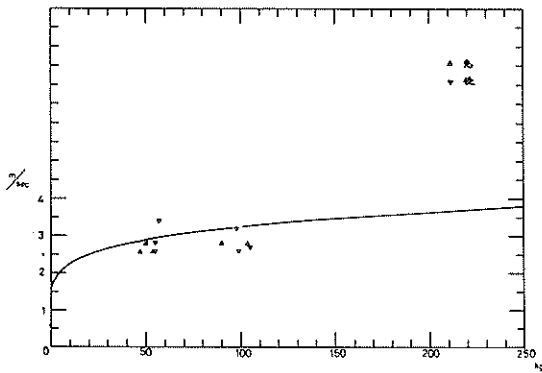


図 4.9.2 10個同時に落下したときの重量に対する落下速度（実線は計算値）

#### 4.6.2 抵抗係数, レイノルズ数

抵抗係数, レイノルズ数とも室内実験と同様に求めめ表 1 に示してある。

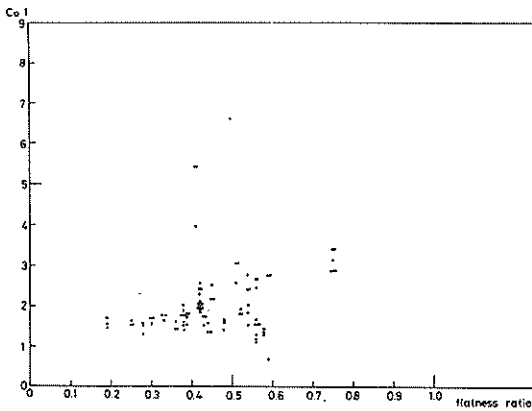


図 4.10.1 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

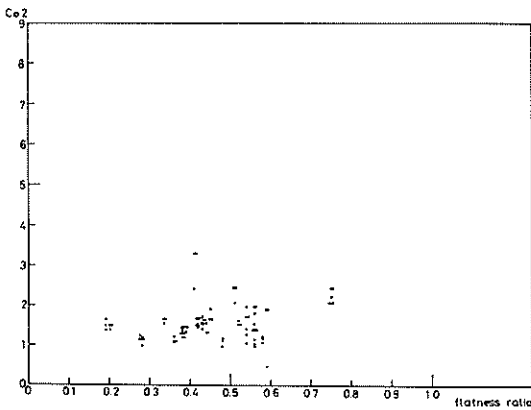


図 4.10.2 扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D2}$ )

抵抗係数と扁平率との関係(図 4.10)は, 供試体が実際の工事に使用されるものであり, 扁平率がかたよっているため, 室内実験の時の様に明確な傾向が現れていない。しかし同様な傾向にあると推測できる。

また 5 個, 10 個を同時に落下した場合の抵抗係数-扁平率の関係を図 4.11 に示すが, 先に落下するものと後から落下するものの抵抗係数の差は認められない。

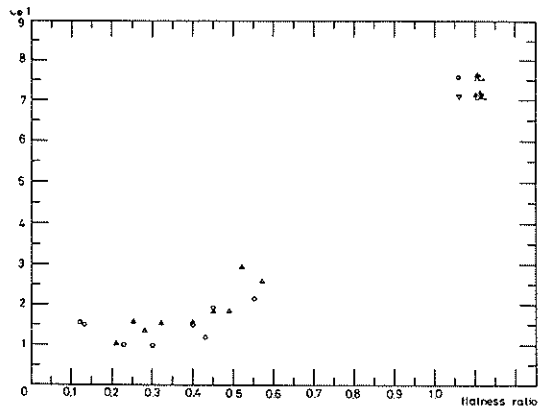


図 4.11.1 5 個同時に落下したときの扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

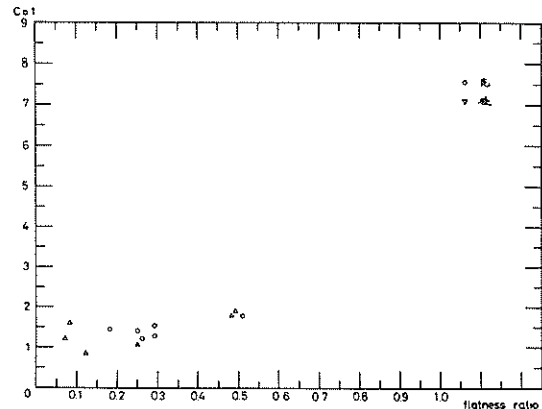


図 4.11.2 10 個同時に落下したときの扁平率に対する抵抗係数 ( $C_{D1}$ )

現場実験のレイノルズ数は室内実験の約 100 倍であり, 球の場合の抵抗係数が大きく変わる点であるが, 本実験で使用した石が天然のものであり, 形状抵抗の他の (例えば表面あらさによるもの)<sup>\*</sup> 抵抗要素がかなりあり, これらを含めたものとして抵抗係数が算出されているため, あまり差は認められなかった。

\* 割石の抵抗係数が玉石よりも大きいことから考えられる。

## 5. 結 論

関係を両対数グラフによって示してある。また抵抗係数  
-レイノルズ数の関係を図 5.2 に示す。

図 5.1 に室内実験と現場実験の場合の重量-終速度の

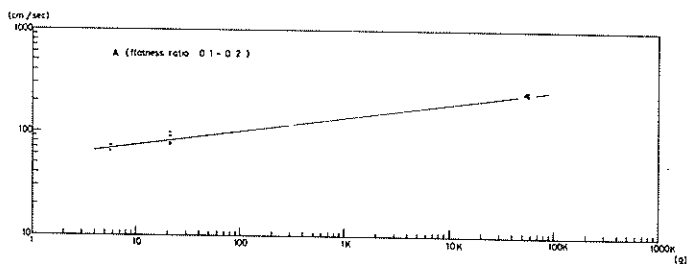


図 5.1.1 重量に対する落下速度(扁平率 0.1~0.2)

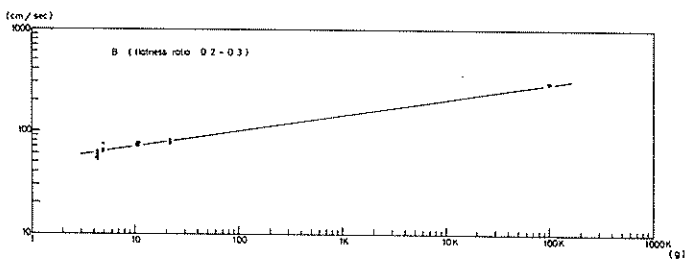


図 5.1.2 重量に対する落下速度(扁平率 0.2~0.3)

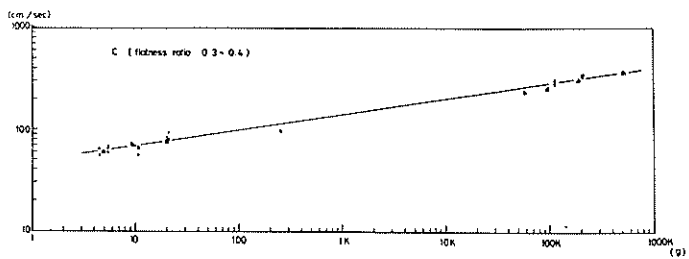


図 5.1.3 重量に対する落下速度(扁平率 0.3~0.4)

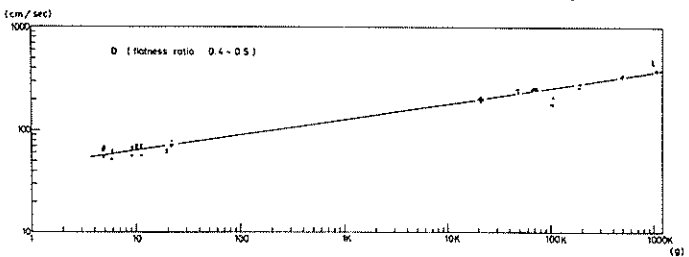


図 5.1.4 重量に対する落下速度(扁平率 0.4~0.5)



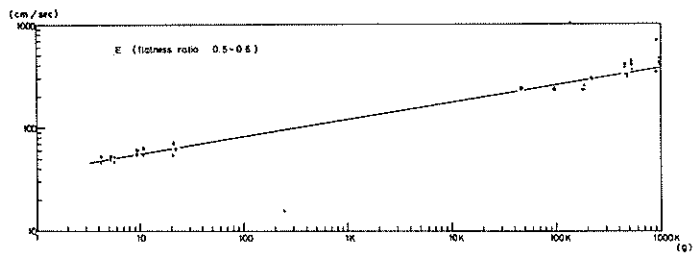


図 5.1.5 重量に対する落下速度(扁平率 0.5~0.6)

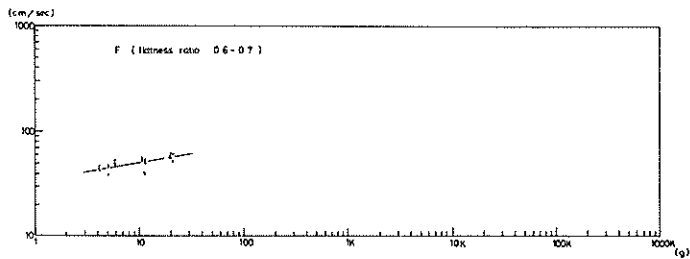


図 5.1.6 重量に対する落下速度(扁平率 0.6~0.7)

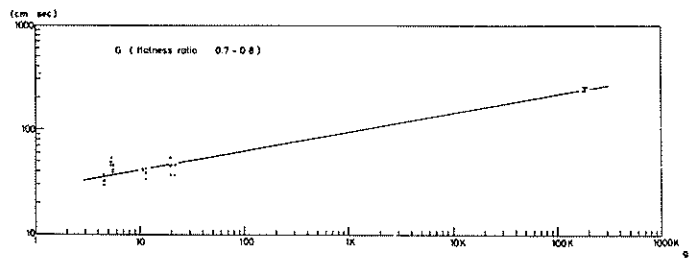


図 5.1.7 重量に対する落下速度(扁平率 0.7~0.8)

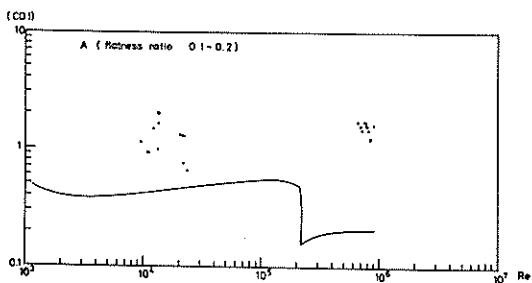


図 5.2.1 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D$ )  
(実線は球)

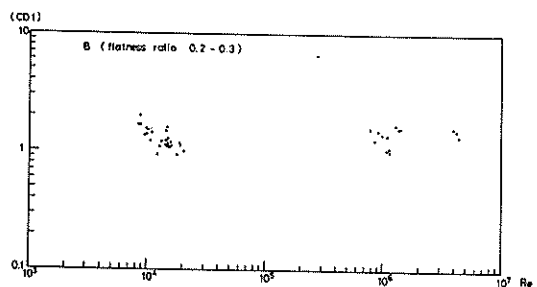


図 5.2.2 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D$ )

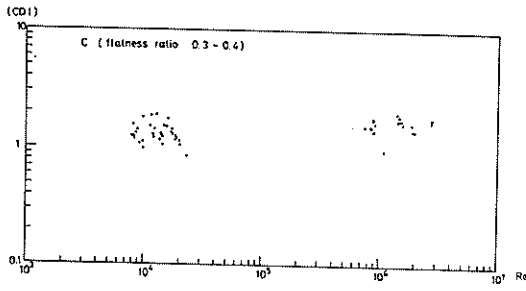


図 5.2.3 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D 1$ )

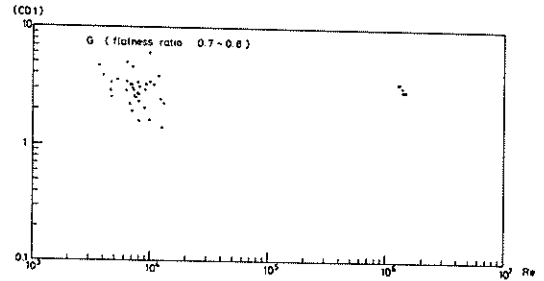


図 5.2.7 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D 1$ )

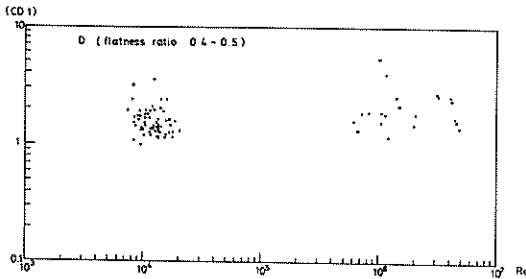


図 5.2.4 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D 1$ )

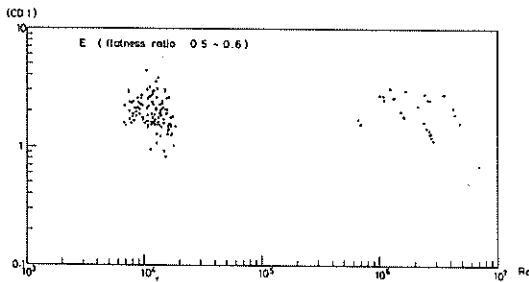


図 5.2.5 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D 1$ )

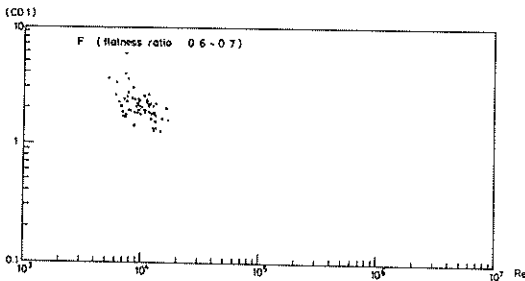


図 5.2.6 レイノルズ数-抵抗係数 ( $C_D 1$ )

以上の結果をまとめると。

- 1) 落下の速度は重量の $\frac{1}{6}$ 乗に比例し、扁平率が大きくなるに従って急減する。
- 2) 抵抗係数は扁平率が大きくなるに従って激増する。
- 3) 捨石を5個又は10個同時に落下させた場合の、落下速度、抵抗係数とも単体の時と全く差が認められなかったが、さらに確認の実験が行われることが望まれる。
- 4) 速度変動率は、扁平率が大きくなるに従って急増する。
- 5) 石の形が球に近いものは鉛直線上をら施状に落下するのが、形がいびつなものはどちらかに曲りながら落下し、目標点から外れる傾向にある。また落下中のジグザグ運動は扁平率の大きいもの程大きく、また曲り方も激しい。

## 6. あとがき

本実験の結果、捨石の水中での挙動は、種々のタイプに分かれることがわかり、実際の工事に使用する捨石はなるべく目標点を離脱しない対称形なものを選び、また扁平率の小さなものを選んで、効果的な投下を行い捨石の損失を防ぎ、また後の均し作業を容易にすることが可能となるであろう。

また海底支持地盤及び水中構造物への衝突速度は、重量の $\frac{1}{6}$ 乗に比例し、扁平率に対する抵抗係数を代入することにより予想することができ、これにより事故を未然に防ぐことができるであろう。

なお現場実験は作業船整備費の開発試験費により第2港湾建設局と共同で行ったものであり、関係諸氏に深く感謝の意を表わすものである。(1976年9月24日受付)

付表 1 供試体寸法及び実験結果 (室内)

重量・寸法

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -	抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイクルズ数1 $\times 10^4$	レイクルズ数2 $\times 10^4$	備考	
方形 A-1	23.47	2.0	2.0	0.00	1	64	23.4	7.8	1.53	1.59	1.27	1.32	
					2	72	4.2	5.6	1.21	1.26	1.43	1.48	
					3	70	10.0	10.0	1.28	1.33	1.39	1.44	
方形 A-2	21.95	2.0	2.0	0.00	1	70	1.4	14.5	1.28	1.30	1.39	1.41	
					2	69	7.3	8.5	1.32	1.34	1.37	1.39	
					3	82	9.1	9.1	0.93	0.95	1.62	1.65	
方形 B-1	77.39	3.0	3.0	0.00	1	82	12.2	12.2	1.40	1.45	2.44	2.52	
					2	75	9.3	9.3	1.67	1.73	2.23	2.30	
					3	84	8.3	8.3	1.33	1.38	2.50	2.58	
基石	4.31	2.14	0.68	0.682	1	32	21.9	43.8	3.07	3.62	0.38	0.37	
					2	35	20.0	20.0	2.57	3.03	0.42	0.41	
					3	36	27.8	27.8	2.43	2.86	0.43	1.42	
					4	35	20.0	20.0	2.57	3.03	0.42	0.41	
ガラス球	0.88	0.85 <sup>d</sup>	0.85 <sup>d</sup>	0.00	1	60	10.0	11.7	0.53	0.53	0.50	0.50	
					2	61	11.5	11.5	0.51	0.51	0.51	0.51	
					3	59	6.8	5.1	0.55	0.55	0.50	0.50	
プラスチック球	4.31	1.90 <sup>d</sup>	1.90 <sup>d</sup>	0.00	1	29	17.2	10.3	0.59	0.59	0.55	0.55	
					2	33	6.1	9.1	0.46	0.46	0.62	0.62	
					3	30	10.0	6.7	0.55	0.55	0.56	0.56	

## 重量・寸法(ケース1)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイノルズ数1 $\times 10^4$	レイノルズ数2 $\times 10^4$
						+	-	+	-				
A-44	20.78	3.0	2.6	0.13	1	77	19.5	14.3		1.23	1.06	2.13	1.52
					2	75	9.3	9.3	1.29	1.11	2.07	1.48	
					3	77	9.1	9.1	1.23	1.06	2.13	1.52	
A-56	20.90	2.6	2.2	0.15	1	91	8.8	5.5	0.75	0.76	2.15	1.80	
					2	98	4.1	3.1	0.65	0.65	2.32	1.94	
B-57	21.48	2.9	2.1	0.28	1	81	13.6	11.1	0.98	0.97	1.98	1.62	
					2	75	9.3	9.3	1.14	1.13	1.83	1.50	
					3	77	9.1	9.1	1.09	1.07	1.88	1.54	
C-14	19.31	3.0	1.8	0.40	1	79	16.5	16.5	1.17	0.98	1.82	1.53	
					2	75	9.3	9.3	1.30	1.09	1.73	1.45	
C-24	20.02	3.0	1.9	0.37	1	85	8.2	7.1	1.04	0.86	2.01	1.66	
					2	79	3.8	5.1	1.20	0.99	1.87	1.54	
					3	77	9.1	9.1	1.26	1.04	1.82	1.51	
C-29	20.85	3.1	1.9	0.39	1	94	5.3	8.5	0.86	0.71	2.26	1.86	
					2	82	8.5	8.5	1.13	0.93	1.97	1.63	
D-28	21.06	3.2	1.8	0.44	1	69	4.3	4.3	1.58	1.32	1.64	1.37	
					2	72	4.2	5.6	1.45	1.21	1.71	1.43	
D-51	19.14	3.3	1.7	0.48	1	63	4.8	6.3	1.87	1.54	1.48	1.21	
					2	61	11.5	11.5	2.00	1.18	1.43	1.17	
D-36	21.46	3.5	1.9	0.46	1	79	8.9	8.9	1.30	1.02	2.02	1.58	
					2	72	4.2	5.6	1.56	1.22	1.84	1.44	
E-22	20.51	3.3	1.4	0.58	1	55	7.3	5.5	2.23	2.06	1.17	1.08	
					2	54	13.0	13.0	2.31	2.14	1.15	1.06	
E-31	22.02	3.4	1.4	0.59	1	62	16.1	16.1	1.78	1.66	1.34	1.25	
					2	61	11.5	11.5	1.84	1.72	1.32	1.23	
E-55	21.12	3.4	1.5	0.56	1	72	9.7	8.3	1.37	1.22	1.61	1.43	
					2	70	10.0	10.0	1.45	1.29	1.57	1.39	
F-6	19.09	3.6	1.3	0.64	1	56	17.9	17.9	2.16	1.94	1.20	1.08	
					2	58	5.2	6.9	2.02	1.81	1.24	1.12	
F-43	19.23	3.5	1.2	0.66	1	56	17.9	17.9	2.05	1.95	1.14	1.08	
					2	61	23.0	23.0	1.73	1.64	1.24	1.18	
F-50	20.27	3.4	1.3	0.62	1	52	5.8	11.5	2.44	2.30	1.08	1.02	
					2	61	11.5	11.5	1.77	1.67	1.27	1.20	
G-32	19.45	4.1	1.2	0.71	1	45	15.6	13.3	3.44	3.03	0.99	0.87	
					2	54	13.0	13.0	2.39	2.10	1.19	1.05	
G-34	19.78	4.2	0.9	0.79	1	46	13.0	15.2	2.88	2.91	0.89	0.90	
					2	37	27.0	27.0	4.45	4.51	0.71	0.72	
G-49	21.52	5.1	1.3	0.75	1	46	13.0	15.2	3.82	3.00	1.17	0.92	
					2	37	27.0	27.0	5.90	4.63	0.98	0.74	

## 重量・寸法 (ケース1)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	純速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
B-15	10.23	2.2	1.7	0.23	1	72	9.7	8.3	1.17	0.93	1.38	1.13	
					2	75	9.3	9.3	1.08	0.88	1.44	1.17	
					3	74	4.1	5.4	1.11	0.90	1.42	1.16	
B-30	10.52	2.7	1.6	0.27	1	72	9.7	8.3	1.26	0.96	1.48	1.14	
					2	71	5.6	4.2	1.16	0.99	1.46	1.12	
					3	77	9.1	9.1	1.10	0.84	1.58	1.21	
B-32	10.58	2.3	1.7	0.26	1	72	9.7	8.3	1.20	0.97	1.41	1.14	
					2	75	9.3	9.3	1.10	0.89	1.47	1.19	
					3	77	9.1	9.1	1.05	0.84	1.51	1.22	
C-5	9.22	2.4	1.5	0.38	1	72	9.7	8.3	1.15	0.92	1.35	1.09	
					2	75	9.3	9.3	1.06	0.85	1.41	1.03	
C-23	9.46	2.5	1.6	0.36	1	72	9.7	8.3	1.21	0.93	1.43	1.10	
					2	71	5.6	4.2	1.24	0.96	1.41	1.08	
					3	70	10.0	10.0	1.28	0.98	1.39	1.07	
C-29	10.49	2.3	1.4	0.39	1	66	9.1	10.6	1.29	1.15	1.17	1.04	
					2	68	10.3	10.3	1.22	1.08	1.21	1.07	
					3	56	12.5	12.5	1.79	1.59	0.99	0.88	
D-2	10.00	2.6	1.4	0.46	1	72	9.7	8.3	1.15	0.98	1.36	1.15	
					2	68	10.3	10.3	1.29	1.09	1.28	1.09	
					3	56	12.5	12.5	1.91	1.61	1.06	1.89	
D-14	10.00	2.6	1.5	0.42	1	66	9.1	10.6	1.42	1.13	1.29	1.02	
					2	71	15.5	14.1	1.23	0.97	1.39	1.10	
					3	70	1.4	8.6	1.26	1.00	1.37	1.09	
D-21	9.09	2.3	1.3	0.43	1	66	9.1	10.6	1.25	1.09	1.13	1.99	
					2	68	10.3	10.3	1.17	1.03	1.16	1.02	
					3	56	12.5	12.5	1.73	1.52	0.96	0.84	
E-4	9.38	2.6	1.2	0.54	1	59	11.9	11.9	1.59	1.38	1.03	0.90	
					2	61	11.5	11.5	1.49	1.29	1.07	0.93	
E-24	10.77	2.8	1.3	0.54	1	62	16.1	16.1	1.56	1.31	1.17	0.99	
					2	54	13.0	13.0	2.05	1.73	1.02	0.86	
					3	63	11.1	11.1	1.51	1.27	1.19	1.00	
E-31	9.31	2.7	1.1	0.59	1	54	13.5	11.5	1.85	1.65	0.92	0.82	
					2	61	13.0	13.0	1.45	1.29	1.04	0.92	
					3	56	12.5	12.5	1.72	1.53	0.96	0.85	
F-11	10.96	3.0	1.1	0.63	1	52	13.5	11.5	2.11	1.87	0.94	0.83	
					2	54	13.0	13.0	1.95	1.74	0.97	0.86	
					3	49	14.3	14.3	2.37	2.11	0.88	0.78	

重量・寸法 (ケース1)

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)	速度変動率 + (%) -	抵抗係数1	抵抗係数2	レールズ数1 $\times 10^4$	レールズ数2 $\times 10^4$	備考
F-26	10.59	2.8	1.1	0.61	1	52	13.5 11.5	2.04	1.85	0.90	0.82	
					2	54	13.0 13.0	1.89	1.72	0.94	0.85	
					3	56	12.5 12.5	1.75	1.60	0.97	0.89	
F-28	11.00	3.3	1.1	0.67	1	39	17.9 17.9	3.93	3.33	0.74	0.62	
					2	41	14.6 17.1	3.55	3.02	0.77	0.66	
G-1	11.07	3.8	0.9	0.76	1	39	17.9 17.9	3.81	3.34	0.71	0.63	
					2	34	20.6 20.6	5.02	4.40	0.62	0.55	
					3	42	16.7 16.7	3.29	2.88	0.77	0.67	
G-12	10.59	3.2	0.9	0.72	1	42	23.8 23.8	3.02	2.84	0.71	0.66	
					2	41	14.6 17.1	3.17	2.98	0.69	0.65	
A-20	5.64	1.6	1.4	0.23	1	72	8.3 9.7	0.91	0.78	1.07	0.92	
					2	72	13.9 15.3	0.91	0.78	1.07	0.92	
					3	65	10.8 9.2	1.11	0.96	0.96	0.83	
B-6	4.89	1.9	1.4	0.26	1	75	13.3 13.3	0.91	0.69	1.21	0.92	
					2	65	4.6 6.2	1.21	0.92	1.05	0.79	
					3	61	6.6 3.3	1.37	1.04	0.99	0.75	
B-25	4.37	1.8	1.4	0.24	1	55	7.3 12.7	1.65	1.23	0.86	0.65	
					2	61	11.5 11.5	1.34	1.00	0.96	0.72	
					3	55	18.2 16.4	1.65	1.23	0.86	0.65	
B-26	4.31	2.4	1.2	0.25	1	59	5.1 6.8	1.53	1.07	0.99	0.69	
					2	64	17.2 15.6	1.40	0.91	1.08	0.75	
					3	52	13.5 11.5	1.97	1.37	0.87	0.61	
C-10	4.46	1.9	1.2	0.37	1	65	20.0 9.2	1.12	0.89	0.97	0.77	
					2	55	7.3 5.5	1.57	1.24	0.82	0.66	
C-19	5.39	1.75	1.2	0.31	1	65	10.8 9.2	1.08	0.95	0.93	0.82	
					2	68	10.3 10.3	0.98	0.86	0.98	0.86	
					3	59	10.2 11.9	1.31	1.15	0.85	0.74	
C-23	4.87	1.75	1.1	0.37	1	59	10.2 11.9	1.25	1.11	0.81	0.72	
					2	61	11.5 11.5	1.17	1.04	0.84	0.74	
					3	59	10.2 11.9	1.25	1.11	0.81	0.72	
D-1	4.96	1.9	1.1	0.42	1	65	10.8 9.2	1.07	0.92	0.84	0.80	
					2	68	10.3 10.3	0.98	0.84	0.97	0.84	
					3	55	7.3 5.5	1.50	1.29	0.84	0.68	
D-16	4.89	2.1	1.2	0.43	1	65	10.8 9.2	1.18	0.92	1.02	0.79	
					2	54	13.0 13.0	1.71	1.33	0.85	0.66	
					3	62	4.8 21.0	1.30	1.01	0.77	0.76	
D-17	5.67	2.2	1.2	0.45	1	62	16.1 16.1	1.33	1.06	1.00	0.80	
					2	61	11.5 11.5	1.37	1.09	0.98	0.78	
					3	52	13.5 11.5	1.88	1.50	0.84	0.67	

重量・寸法 (ケース1)

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
E-3	6.11	2.3	1.0	0.57	1	52	13.5	11.5		1.76	1.45	0.78	0.64	
					2	54	13.5	13.0		1.63	1.35	0.81	0.67	
					3	49	6.1	6.1		1.98	1.64	0.74	0.61	
E-22	5.59	2.5	1.1	0.57	1	52	13.5	11.5		1.92	1.50	0.85	0.66	
					2	47	14.9	12.8		2.35	1.83	0.77	0.60	
E-27	4.16	2.1	1.0	0.52	1	52	13.5	11.5		1.68	1.36	0.75	0.60	
					2	54	13.0	13.0		1.56	1.26	0.77	0.63	
					3	46	13.0	15.2		2.16	1.86	0.66	0.53	
F-4	4.05	2.6	0.8	0.69	1	42	23.8	23.8		2.56	2.06	0.60	0.48	
					2	47	14.9	12.8		2.05	1.65	0.67	0.54	
					3	45	20.0	8.9		2.23	1.80	0.64	0.52	
F-11	4.95	2.5	1.0	0.60	1	46	13.0	15.2		2.34	1.84	0.72	0.56	
					2	47	14.9	12.8		2.24	1.76	0.74	0.58	
					3	39	17.9	17.9		3.26	2.56	0.61	0.48	
F-12	5.69	2.5	0.8	0.68	1	52	13.5	11.5		1.64	1.51	0.73	0.67	
					2	50	8.0	6.0		1.77	1.63	0.70	0.64	
					3	49	28.6	28.6		1.85	1.70	0.69	0.63	
G-5	4.51	2.6	0.6	0.77	1	32	21.9	18.8		3.83	3.68	0.40	0.38	
					2	37	27.0	27.0		2.86	2.75	0.46	0.44	
					3	29	10.3	10.3		4.66	4.48	0.36	0.34	
G-9	5.27	3.0	0.7	0.77	1	46	13.0	15.2		2.16	1.88	0.66	0.58	
					2	54	13.0	13.0		1.56	1.36	0.77	0.68	
					3	49	6.1	6.1		1.89	1.65	0.70	0.61	
G-14	5.51	3.0	0.9	0.70	1	39	17.9	17.9		3.39	2.65	0.63	0.50	
					2	41	14.6	9.8		3.07	2.40	0.67	0.52	
					3	46	13.0	15.2		2.44	1.90	0.75	0.59	

## 重量・寸法 (ケース2)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	扁平率	No.	終速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -	抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイノルズ数1 $\times 10^4$	レイノルズ数2 $\times 10^4$	備考
TA-94	5.06	1.9	1.2	0.37		58	12.1 12.1	1.41	1.16	0.87	0.72	
TA-44	4.97	2.1	1.1	0.48		58	12.1 12.1	1.42	1.16	0.87	0.71	
TA-183	5.44	2.1	1.1	0.48		50	14.0 14.0	1.91	1.60	0.75	0.63	
TA-48	4.92	1.9	0.9	0.53		51	13.7 15.7	1.58	1.49	0.66	0.62	
TA-79	5.34	2.2	1.1	0.50		51	13.7 15.7	1.88	1.53	0.79	0.64	
TA-185	5.57	2.5	1.1	0.56		50	14.0 14.0	2.08	1.62	0.82	0.64	
TA-140	5.90	2.4	1.0	0.58		72	11.1 9.7	0.94	0.79	1.10	0.94	
TA-142	4.73	2.0	0.9	0.55		53	15.1 13.2	1.50	1.36	0.70	0.64	
TA-184	4.89	2.8	1.1	0.61		45	17.8 17.8	2.72	1.91	0.78	0.55	
TA-82	4.66	2.5	0.9	0.64		58	13.8 12.1	1.40	1.13	0.86	0.70	
TA-42	5.33	2.4	0.9	0.63		36	19.4 19.4	3.56	3.07	0.52	0.45	
TA-41	5.64	2.7	0.9	0.67		51	13.7 15.7	1.88	1.56	0.79	0.65	
TA-83	4.51	2.4	0.6	0.75		39	10.3 7.7	2.47	2.48	0.46	0.46	
TA-45	6.35	2.1	1.5	0.29		72	11.1 9.7	1.07	0.81	1.27	0.96	
TA-144	6.90	2.4	1.3	0.46		54	50.0 5.6	1.90	1.49	0.94	0.74	
TA-20	7.52	2.3	1.3	0.43		61	18.0 16.4	1.46	1.20	1.04	0.86	
TA-71	7.20	2.4	1.2	0.50		47	23.4 23.4	2.41	1.99	0.79	0.65	
TA-181	6.11	2.4	1.1	0.54		47	8.5 8.5	2.31	1.89	0.76	0.62	
TA-5	6.68	2.4	1.2	0.50		58	12.1 12.1	1.58	1.28	0.97	0.79	
TA-103	6.72	2.4	1.2	0.50		57	14.0 12.3	1.64	1.32	0.96	0.77	
TA-4	7.09	2.6	1.3	0.50		62	4.8 6.5	1.50	1.14	1.13	0.86	
TA-117	7.88	2.7	0.9	0.67		51	13.7 15.7	1.88	1.74	0.79	0.73	
TA-46	7.00	2.7	1.0	0.63		54	20.4 5.6	1.77	1.50	0.88	0.74	
TA-37	6.45	2.6	0.9	0.62		58	12.1 12.1	1.43	1.26	0.88	0.78	
TA-119	6.89	2.4	0.9	0.63		51	13.7 15.7	1.77	1.67	0.74	0.70	
TA-56	7.89	2.7	0.8	0.70		36	19.4 22.2	3.56	3.50	0.52	0.52	
TA-98	9.11	2.1	1.7	0.19		64	6.3 6.3	1.45	1.16	1.20	0.96	
TA-91	8.14	1.9	1.6	0.16		75	15.3 4.0	0.97	0.82	1.29	1.06	
TA-29	8.97	2.2	1.5	0.32		61	18.0 16.4	1.53	1.27	1.10	0.91	
TA-47	8.31	2.5	1.6	0.36		58	12.1 12.1	1.86	1.37	1.15	0.85	
TA-93	9.65	2.4	1.5	0.38		65	10.8 10.8	1.41	1.15	1.22	1.09	
TA-102	9.67	2.5	1.4	0.44		71	5.6 5.6	1.16	0.96	1.32	0.09	
TA-96	8.62	2.3	1.3	0.43		53	13.2 15.1	1.93	1.66	0.91	0.78	
TA-161	8.23	2.3	1.2	0.48		57	5.3 7.0	1.60	1.42	0.94	0.83	
TA-50	9.81	2.5	1.4	0.44		60	13.3 11.7	1.63	1.36	1.11	0.92	
TA-121	8.95	2.3	1.3	0.43		60	13.3 11.7	1.51	1.32	1.03	0.90	
TA-133	9.66	2.5	1.4	0.44		66	16.7 12.1	1.35	1.12	1.22	1.01	
TA-31	8.77	2.6	1.4	0.46		44	15.9 18.2	3.09	2.43	0.83	0.65	
TA-74	8.18	2.3	1.3	0.43		48	6.3 8.3	2.35	1.99	0.82	0.70	



## 重量・寸法 (ケース2)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイム数1 ×10 <sup>4</sup>	レイム数2 ×10 <sup>4</sup>	備考
TA-139	9.17	2.5	1.3	0.48		65	10.8	10.8		1.34	1.13	1.16	0.98	
TA-177	9.21	2.7	1.5	0.44		58	12.1	12.1		1.88	1.42	1.16	0.88	
TA-95	8.59	2.5	1.4	0.44		72	9.7	9.7		1.13	0.90	1.33	1.05	
TA-125	8.36	2.5	1.3	0.48		58	12.1	12.1		1.68	1.38	1.04	0.85	
TA-168	9.64	3.0	1.4	0.53		64	4.7	6.3		1.57	1.18	1.30	0.98	
TA-162	8.17	2.6	1.2	0.54		52	15.4	13.5		2.05	1.70	0.91	0.75	
TA-110	8.10	2.8	1.3	0.54		71	16.9	15.5		1.19	0.91	1.34	1.03	
TA-138	8.13	2.6	1.3	0.50		51	13.7	13.7		2.22	1.76	0.93	0.74	
TA-69	9.09	2.7	1.1	0.59		51	13.7	13.7		2.08	1.83	0.87	0.77	
TA-3	9.23	2.2	1.3	0.57		43	18.6	16.3		2.83	2.59	0.72	0.65	
TA-127	9.82	2.7	1.1	0.59		51	13.7	15.7		2.08	1.88	0.87	0.79	
TA-123	8.77	3.1	1.2	0.61		67	11.9	10.4		1.35	1.05	1.28	0.99	
TA-118	8.40	3.2	1.1	0.66		55	20.0	20.0		1.95	1.53	1.02	0.81	
TA-65	9.98	2.8	1.0	0.64		46	8.7	6.5		2.48	2.32	0.76	0.71	
TA-18	8.16	3.3	1.1	0.67		50	14.0	14.0		2.39	1.84	0.94	0.72	
TA-8	8.07	3.3	1.1	0.67		51	13.7	15.7		2.30	1.76	0.96	0.74	
TA-97	9.33	3.3	0.9	0.73		45	15.6	17.8		2.67	2.37	0.77	0.68	
TA-128	8.61	3.5	0.8	0.77		42	26.2	28.6		2.98	2.65	0.70	0.62	
TA-52	8.99	3.3	0.9	0.73		45	17.8	17.8		2.57	2.34	0.77	0.67	
TA-131	9.13	3.5	0.8	0.77		48	6.3	8.3		2.28	2.07	0.80	0.72	
TA-10	9.67	3.2	0.9	0.72		58	12.1	12.1		1.58	1.44	0.97	0.89	
TA-59	8.35	3.2	0.6	0.81		36	22.2	19.4		3.36	3.57	0.46	0.53	
TA-40	11.85	2.7	1.9	0.30		69	15.9	15.9		1.49	1.09	1.55	1.13	
TA-173	11.17	2.6	1.5	0.42		67	11.9	10.4		1.38	1.14	1.31	1.08	
TA-170	11.88	2.8	1.5	0.46		67	11.9	10.4		1.43	1.16	1.36	1.10	
TA-147	10.56	2.7	1.6	0.41		74	10.0	9.5		1.19	0.91	1.52	1.17	
TA-22	10.73	2.4	1.4	0.42		65	10.8	10.8		1.36	1.19	1.18	1.03	
TA-36	10.46	2.6	1.4	0.46		58	12.1	12.1		1.78	1.48	1.10	0.91	
TA-34	11.81	2.5	1.5	0.40		65	10.8	12.3		3.21	1.23	1.25	1.07	
TA-32	11.77	2.5	1.4	0.44		58	12.1	12.1		1.74	1.54	1.07	0.95	
TA-155	11.16	2.7	1.3	0.56		52	15.4	13.5		2.17	1.88	0.96	0.85	
TA-150	11.35	2.8	1.3	0.54		49	8.2	8.2		2.49	1.25	0.93	0.79	
TA-164	10.64	3.0	1.3	0.57		64	4.7	6.3		1.51	1.22	1.25	1.01	
TA-92	11.14	2.6	1.3	0.50		68	10.3	11.8		1.25	1.08	1.24	1.03	
TA-150	11.35	2.8	1.3	0.54		62	6.5	6.5		1.56	1.33	1.17	1.00	
TA-2	11.33	2.8	1.2	0.57		80	10.0	8.8		0.90	0.80	1.45	1.29	
TA-169	10.77	3.2	1.4	0.56		58	13.8	12.1		1.97	1.50	1.22	0.92	
TA-9	10.57	2.7	1.2	0.56		84	3.6	4.8		0.80	0.71	1.50	1.33	
TA-53	11.10	2.9	1.4	0.51		65	10.8	10.8		1.50	1.20	1.30	1.04	

## 重量・寸法 (ケース 2)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	扁平率	No.	終速度 (cm/sec)	速度変動率 + (%) -		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイノルズ数1 $\times 10^4$	レイノルズ数2 $\times 10^4$	備考
TA-35	10.36	2.6	1.3	0.50		51	13.7	15.7	2.22	1.91	0.93	0.80	
TA-28	11.93	3.2	1.5	0.53		72	9.7	9.7	1.33	1.01	1.56	1.18	
TA-33	11.93	2.9	1.2	0.59		69	10.8	12.3	1.83	1.23	1.20	1.03	
TA-23	10.67	2.9	1.2	0.59		57	14.0	12.3	1.80	1.55	1.05	0.90	
TA-166	10.34	3.0	1.2	0.60		56	7.1	7.1	1.90	1.58	1.05	0.88	
TA-145	10.77	3.0	1.2	0.60		67	11.9	10.4	1.33	1.12	1.26	1.07	
TA-111	10.90	2.8	1.1	0.61		48	25.0	22.1	2.39	2.19	0.83	0.77	
TA-145	10.77	3.0	1.2	0.60		45	17.8	17.8	2.94	2.49	0.85	0.72	
TA-63	11.69	3.0	1.1	0.63		51	13.7	13.7	2.19	1.99	0.92	0.83	
TA-57	10.84	2.9	1.0	0.66		55	20.0	20.0	1.77	1.67	0.93	0.88	
TA-51	10.53	3.4	1.1	0.68		32	34.4	34.4	5.92	4.88	0.73	0.51	
TA-132	10.08	2.9	0.8	0.72		41	9.8	4.9	2.84	2.93	0.62	0.64	
TA-7	11.85	3.4	0.8	0.75		45	17.8	17.8	2.55	2.57	0.73	0.74	
TA-6	11.16	3.4	0.9	0.74		51	13.7	15.7	1.99	1.96	0.88	0.82	
TA-58	10.51	3.6	0.8	0.78		43	18.6	16.3	2.88	2.70	0.72	0.68	
TA-182	13.93	2.6	1.9	0.27		67	11.9	10.4	1.55	1.22	1.47	1.16	
TA-174	12.32	2.4	1.9	0.21		68	10.3	11.8	1.45	1.14	1.44	1.13	
TA-81	13.72	2.8	1.8	0.38		68	10.3	11.8	1.52	1.18	1.51	1.17	
TA-149	12.00	2.8	1.6	0.43		64	4.7	6.3	1.62	1.27	1.34	1.06	
TA-39	13.37	2.7	1.5	0.44		65	10.8	10.8	1.49	1.28	1.30	1.11	
TA-49	12.66	2.6	1.4	0.46		65	10.8	12.3	1.42	1.26	1.23	1.09	
TA-105	13.66	2.8	1.2	0.57		60	13.3	11.7	1.60	1.51	1.09	1.03	
TA-61	12.61	2.8	1.4	0.50		62	17.7	17.7	1.62	1.38	1.22	1.04	
TA-78	13.45	2.9	1.4	0.52		54	20.4	20.4	2.17	1.86	1.08	0.92	
TA-62	13.48	3.2	1.5	0.53		58	12.1	12.1	2.04	1.61	1.26	0.99	
TA-179	12.40	2.5	1.2	0.52		72	9.7	9.7	1.05	1.02	1.23	1.20	
TA-120	12.89	3.6	1.2	0.67		60	13.3	11.7	1.26	1.49	1.23	1.01	
TA-122	12.30	3.2	1.2	0.63		58	13.8	12.1	1.83	1.56	1.13	0.96	
TA-60	12.03	3.2	1.2	0.63		62	17.7	17.7	1.60	1.36	1.20	1.02	
TA-16	13.21	3.5	1.2	0.66		65	10.8	12.3	1.52	1.28	1.32	1.11	
TA-134	13.84	3.3	1.3	0.61		51	13.7	15.7	2.50	2.11	1.05	0.88	
TA-90	13.45	3.6	1.0	0.72		66	10.6	12.1	1.37	1.25	1.24	1.13	
TA-167	14.03	2.5	1.8	0.28		75	9.3	10.7	1.18	0.98	1.58	1.30	
TA-135	15.67	2.7	1.7	0.37		60	1.7	13.3	1.87	1.59	1.27	1.08	
TA-75	14.93	2.2	1.7	0.47		68	10.3	11.8	1.31	1.21	1.30	1.21	
TA-80	14.08	2.7	1.6	0.41		68	10.3	11.8	1.41	1.19	1.40	1.18	
TA-77	14.25	2.8	1.5	0.46		75	9.3	19.3	1.14	0.98	1.52	1.30	
TA-108	15.87	2.8	1.6	0.43		57	14.0	12.3	2.04	1.76	1.19	1.03	

## 重量・寸法 (ケース2)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 (%)		抵抗係数1	抵抗係数2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
						+	-	+	-					
TA-172	15.26	3.1	1.4	0.55		67	11.9	10.4		1.46	1.26	1.38	1.20	
TA-160	14.51	3.4	1.4	0.59		48	25.0	22.9		2.97	2.41	1.04	0.84	
TA-180	15.33	3.2	1.5	0.53		75	9.3	10.7		1.22	1.01	1.63	1.34	
TA-116	14.51	3.0	1.3	0.57		60	11.7	13.3		1.72	1.55	1.17	1.05	
TA-114	14.29	3.4	1.4	0.59		67	10.4	11.9		1.52	1.23	1.45	1.17	
TA-157	15.79	3.1	1.1	0.64		53	13.2	15.1		2.06	2.04	0.97	0.96	
TA- 7	15.43	3.4	1.2	0.65		60	13.3	11.7		1.76	1.58	1.20	1.08	
TA- 12	14.20	3.1	1.1	0.65		54	20.4	20.4		1.99	1.89	0.99	0.94	
TA- 84	14.47	2.5	1.4	0.60		51	13.7	15.7		2.26	2.14	0.94	0.89	
TA-151	16.64	2.4	1.8	0.25		84	4.8	4.8		0.92	0.83	1.73	1.55	
TA-101	17.29	2.8	1.9	0.32		74	21.6	8.1		1.32	1.08	1.69	1.38	
TA-163	16.24	2.9	1.7	0.41		75	9.3	10.7		1.24	1.03	1.65	1.37	
TA- 70	16.22	3.1	1.6	0.48		60	13.3	11.7		1.94	1.60	1.32	1.09	
TA-154	16.59	3.6	1.7	0.53		67	11.9	10.4		1.73	1.30	1.64	1.23	
TA-152	17.00	3.2	1.6	0.50		75	20.0	20.0		1.26	1.04	1.68	1.39	
TA-171	16.41	3.6	1.7	0.53		67	11.9	10.4		1.73	1.29	1.64	1.23	
TA-176	16.60	3.3	1.6	0.52		60	11.7	13.3		2.00	1.62	1.37	1.10	
TA-113	16.62	3.0	1.5	0.50		82	9.8	8.5		0.99	0.87	1.72	1.51	
TA- 72	16.91	3.7	1.6	0.57		60	13.3	11.7		2.12	1.63	1.45	1.11	
TA- 66	16.06	3.0	1.5	0.50		73	20.5	20.5		1.25	1.08	1.53	1.33	
TA-165	16.01	2.9	1.8	0.57		70	7.1	5.7		1.46	1.17	1.58	1.27	
TA-126	17.71	3.3	1.3	0.61		53	28.3	30.2		2.31	2.12	1.09	0.99	
TA-106	16.81	3.1	1.1	0.65		57	5.3	7.0		1.78	1.80	1.04	1.05	
TA-104	16.81	2.8	1.5	0.65		72	4.2	5.6		1.24	1.13	1.46	1.33	
TA-109	16.88	3.6	1.2	0.67		56	21.4	19.6		2.08	1.87	1.15	1.03	
TA- 14	16.45	3.6	1.2	0.67		62	4.8	6.5		1.70	1.51	1.28	1.14	
TA-136	17.58	3.8	1.1	0.71		45	15.6	17.8		3.17	2.93	0.91	0.84	
TA-178	18.18	3.1	1.9	0.39		66	10.6	12.1		1.75	1.38	1.59	1.25	
TA- 89	19.75	3.1	1.7	0.45		68	10.3	11.8		1.56	1.33	1.55	1.32	
TA- 54	18.14	3.2	1.7	0.47		76	5.3	3.9		1.27	1.04	1.76	1.44	
TA- 87	18.68	3.5	1.8	0.49		58	13.8	12.1		2.34	1.80	1.44	1.11	
TA-153	19.51	3.9	1.3	0.67		52	15.4	13.5		2.61	2.27	1.16	1.01	
TA- 68	19.08	3.4	1.3	0.62		53	13.2	15.1		2.35	2.17	1.10	1.02	
TA-146	19.67	4.4	1.5	0.66		64	17.2	17.2		1.97	1.50	1.63	1.24	
TA- 13	18.82	4.2	1.6	0.62		65	10.8	10.8		1.67	1.44	1.67	1.24	
TA-100	18.76	4.2	1.2	0.71		57	5.3	7.0		2.17	1.87	1.27	1.09	
TA-158	19.08	4.3	1.2	0.72		48	6.3	8.3		3.09	2.65	1.08	0.92	
TA- 24	19.82	3.6	1.7	0.53		66	21.2	22.7		1.78	1.42	0.85	1.29	

## 重量・寸法 (ケース2)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイブル数1 $\times 10^4$	レイブル数2 $\times 10^4$	備考
						62	65	4.8	10.8					
TA-26	19.61	3.1	1.4	0.55		62	65	4.8	10.8	1.70	1.60	1.28	1.20	
TA-27	18.80	3.3	1.5	0.54		65	72	10.8	9.7	1.65	1.44	1.43	1.24	
TA-11	21.81	2.9	2.0	0.31		72	79	9.7	13.9	1.46	1.23	1.72	1.45	
TA-15	21.84	3.0	1.7	0.43		79	60	13.9	13.3	1.13	1.02	1.77	1.59	
TA-85	21.18	3.6	2.0	0.44		60	71	13.3	14.1	2.34	1.75	1.59	1.20	
TA-86	21.95	3.4	1.6	0.53		71	73	14.1	11.0	1.45	1.27	1.64	1.43	
TA-107	20.46	3.6	1.7	0.53		73	67	11.0	11.9	1.46	1.17	1.79	1.44	
TA-175	20.92	3.6	1.4	0.61		67	58	11.9	13.8	1.57	1.40	1.49	1.33	
TA-112	20.55	4.1	1.3	0.68		58		13.8	12.1	2.15	1.86	1.33	1.14	

## 重量・寸法 (ケース3)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径(cm)	短径(cm)	扁平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイムル数1 ×10 <sup>4</sup>	レイムル数2 ×10 <sup>4</sup>
WA-66	5.56	3.3	1.0	0.70		45	28.9	28.9	2.81	2.00	0.81	0.57	
WA-19	7.56	2.6	1.8	0.31		53	13.2	13.2	2.42	1.59	1.14	0.75	
WA-62	6.88	2.5	1.5	0.40		48	41.7	43.8	2.64	1.88	0.92	0.66	
WA-44	7.18	2.9	1.2	0.59		48	29.2	29.2	2.54	1.91	0.89	0.67	
WA-76	6.31	2.6	1.1	0.58		43	23.3	23.3	2.87	2.28	0.72	0.57	
WA-90	7.86	3.1	1.2	0.61		51	13.7	11.8	2.33	1.74	0.97	0.73	
WA-84	7.78	3.3	1.2	0.64		45	22.2	24.4	3.08	2.23	0.89	0.64	
WA-100	6.17	2.9	1.0	0.66		50	20.0	20.0	2.14	1.67	0.84	0.66	
WA-50	6.98	3.2	0.7	0.78		38	26.3	28.9	3.25	3.02	0.86	0.52	
WA-102	7.73	3.0	0.9	0.70		43	23.3	23.3	2.79	2.44	0.70	0.61	
WA-23	8.06	2.3	1.8	0.22		51	19.6	19.6	2.45	1.76	1.03	0.74	
WA-39	8.72	3.3	1.4	0.58									
WA-107	9.57	3.3	1.6	0.52		48	27.1	29.2	3.13	2.10	1.09	0.77	
WA-55	8.10	2.6	1.3	0.50		50	20.0	20.0	2.31	1.83	0.91	0.72	
WA-43	9.69	3.6	1.1	0.69		38	18.4	15.8	4.32	3.37	0.75	0.58	
WA-26	9.51	3.3	1.0	0.70		45	13.3	15.6	2.81	2.39	0.81	0.69	
WA-18	9.96	3.0	0.7	0.68		51	13.7	11.8	1.75	1.89	0.73	0.79	
WA-52	9.48	3.1	1.1	0.65		48	29.2	29.2	2.51	2.09	0.88	0.73	
WA-54	11.15	2.4	2.2	0.13		60	10.0	11.7	1.96	1.42	1.33	0.97	
WA-71	11.96	3.0	1.6	0.47		45	22.2	22.2	3.39	2.58	0.98	0.74	
WA-56	10.21	2.8	1.5	0.46		45	28.9	28.9	3.17	2.44	0.91	0.70	
WA-112	11.49	2.9	1.6	0.45		58	17.2	17.2	2.01	1.53	1.24	0.94	
WA-113	11.30	3.1	1.7	0.45		51	19.6	19.6	2.77	1.97	1.16	0.82	
WA-108	10.61	3.2	1.7	0.47		58	17.2	17.2	2.17	1.49	1.34	0.92	
WA-47	11.86	3.3	1.8	0.45		63	27.0	27.0	1.93	1.31	1.52	1.03	
WA-98	11.82	3.3	1.9	0.42		56	17.9	17.9	2.50	1.66	1.39	0.92	
WA-65	11.93	3.1	1.4	0.55		51	13.7	11.8	2.51	2.00	1.05	0.84	
WA-92	11.20	3.5	1.6	0.54		51	13.7	11.8	2.81	1.96	1.19	0.82	
WA-94	11.11	3.2	1.4	0.56		51	21.6	19.6	2.55	1.96	1.07	0.82	
WA-96	10.35	2.8	1.4	0.50		48	14.6	14.6	2.69	2.16	0.94	0.75	
WA-103	11.59	2.8	1.4	0.50		58	17.2	17.2	1.85	1.53	1.14	0.95	
WA-79	10.00	3.7	1.3	0.65		45	13.3	15.6	3.40	2.43	1.17	0.70	
WA-85	11.61	3.7	1.2	0.68		52	19.2	21.2	2.44	1.91	1.08	0.85	
WA-3	11.12	2.2	2.0	0.68		44	25.0	22.7	3.40	2.63	0.91	0.71	
WA-58	10.57	3.3	1.1	0.67		48	27.1	29.2	2.59	2.17	0.91	0.76	
WA-20	11.79	3.1	1.2	0.61		43	23.3	23.3	3.27	2.81	0.82	0.70	
WA-93	10.45	3.6	1.4	0.61		58	25.9	25.9	2.09	1.48	1.29	0.91	
WA-88	10.18	3.8	1.0	0.74		38	18.4	15.8	4.23	3.42	0.73	0.59	

重量・寸法 (ケース3)

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	回転速度		抵抗係数1	抵抗係数2	レイノルズ数1 ×10 <sup>4</sup>	レイノルズ数2 ×10 <sup>4</sup>	備考	
						cm/sec	速度変動率 + (%) -						
WA-12	10.95	3.8	1.1	0.71		43	39.5	39.5	3.47	2.73	0.87	0.69	
WA-29	13.25	3.3	2.0	0.39		68	10.3	8.8	1.74	1.17	1.73	1.16	
WA-14	13.04	3.0	2.0	0.33		62	21.0	22.6	2.00	1.40	1.50	1.05	
WA-51	12.06	3.7	1.6	0.57		42	21.4	23.8	4.33	2.96	1.01	0.69	
WA-1	13.22	3.2	1.5	0.53		51	13.7	11.8	2.64	2.07	1.11	0.87	
WA-6	12.79	3.4	1.4	0.59		62	32.3	33.9	1.78	1.39	1.34	1.04	
WA-63	13.27	3.7	1.6	0.57		62	21.0	22.6	1.98	1.40	1.49	1.06	
WA-57	13.29	3.7	1.3	0.65		45	28.9	28.9	3.40	2.67	0.98	0.77	
WA-13	13.35	2.8	1.1	0.61		58	17.2	17.2	1.64	9.61	1.01	0.99	
WA-49	12.16	3.3	1.0	0.70		33	30.3	30.3	5.23	2.71	0.59	0.55	
WA-68	13.39	3.8	1.0	0.74		44	25.0	22.7	3.16	2.80	0.85	0.75	
WA-2	15.99	2.2	2.0	0.09		64	9.4	9.4	1.61	1.40	1.33	1.16	
WA-4	14.83	2.6	1.9	0.27		61	4.9	4.9	1.87	1.51	1.34	1.08	
WA-37	15.69	3.4	2.3	0.32		58	17.2	17.2	2.61	1.70	1.61	1.05	
WA-75	14.54	3.0	1.6	0.47		58	10.3	12.1	2.04	1.65	1.26	1.02	
WA-42	15.33	3.8	2.1	0.45		65	15.4	15.4	2.10	1.34	1.82	1.16	
WA-24	14.65	3.5	1.8	0.47		55	23.6	25.5	2.60	1.84	1.37	0.97	
WA-25	14.63	3.4	1.8	0.47		51	7.8	5.9	2.98	2.14	1.25	0.90	
WA-32	14.71	2.9	1.7	0.41		62	9.7	11.3	1.81	1.45	1.36	1.09	
WA-70	14.85	3.4	1.7	0.50		64	29.7	29.7	1.84	1.37	1.52	1.13	
WA-87	14.57	3.4	1.5	0.58		51	21.6	19.6	2.72	2.14	1.14	0.90	
WA-83	14.00	3.5	1.6	0.54		58	17.2	17.2	2.21	1.63	1.36	1.01	
WA-109	14.30	4.0	1.7	0.58		48	29.2	29.2	3.55	2.40	1.24	0.84	
WA-87	14.57	3.4	1.5	0.56		61	11.5	9.8	1.90	1.50	1.36	1.07	
WA-95	14.24	3.6	1.6	0.56		51	19.6	19.6	2.89	2.13	1.21	0.89	
WA-111	14.65	3.7	1.7	0.54		51	33.3	33.3	3.02	2.15	1.27	0.90	
WA-115	14.77	3.1	1.1	0.63		41	17.1	17.1	3.44	3.33	0.75	0.72	
WA-72	14.02	3.7	1.3	0.65		51	21.6	19.6	2.64	2.11	1.11	0.89	
WA-105	14.77	3.8	1.4	0.63		58	17.2	17.2	2.15	1.66	1.32	1.02	
WA-35	15.32	3.5	1.2	0.66		58	17.2	17.2	1.91	1.68	1.18	1.04	
WA-45	14.65	3.5	1.4	0.60		67	11.9	17.9	1.55	1.24	1.36	1.18	
WA-67	14.01	3.5	1.7	0.67		61	11.5	9.8	2.06	1.48	1.47	1.06	
WA-22	15.37	4.2	1.2	0.71		39	35.9	33.3	4.63	3.73	0.87	0.70	
WA-82	16.02	3.0	2.1	0.30		64	9.4	9.4	1.45	1.40	1.59	1.16	
WA-99	17.13	3.2	2.0	0.38		65	15.4	15.4	1.88	1.39	1.63	1.21	
WA-74	18.00	3.0	2.0	0.33		66	10.6	9.1	1.76	1.37	1.60	1.25	
WA-31	16.31	3.5	1.9	0.46		55	16.4	18.2	2.67	1.91	1.40	1.00	
WA-89	17.87	3.3	1.9	0.42		55	16.4	18.2	2.60	1.97	1.36	1.04	
WA-59	17.89	3.5	1.9	0.46		54	25.9	24.1	2.77	2.05	1.38	1.02	

## 重量・寸法 (ケース 3)

## 測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 (%)		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
						+	-	+	-					
WA-78	1640	3.8	2.1	0.45		51	33.3	33.3	3.41	2.23	1.43	0.93		
WA-80	1703	3.4	1.7	0.50		58	10.3	12.1	2.24	1.74	1.38	1.07		
WA-40	1798	3.9	1.8	0.54		54	18.5	16.7	2.85	2.05	1.42	1.02		
WA-7	1718	3.5	1.6	0.54		54	18.5	16.7	2.54	2.02	1.27	1.00		
WA-28	1687	4.1	1.8	0.56		55	16.4	18.2	2.81	1.93	1.48	1.02		
WA-106	1777	3.7	1.6	0.57		62	21.0	22.6	1.98	1.55	1.49	1.16		
WA-73	1710	4.5	1.1	0.76		40	27.5	20.0	4.36	3.67	0.88	0.74		
WA-5	1843	3.3	2.1	0.36		68	20.6	19.1	1.79	1.30	1.77	1.29		
WA-46	1993	3.8	2.0	0.47		49	8.2	6.1	3.60	2.58	1.34	0.96		
WA-60	1884	4.0	1.8	0.55		58	17.2	17.2	2.50	1.80	1.54	1.11		
WA-34	1865	4.2	1.8	0.57		58	17.2	17.2	2.56	1.80	1.58	1.11		
WA-11	1918	4.3	1.2	0.72		45	13.3	15.6	3.52	3.01	1.01	0.87		
WA-104	2072	3.6	2.2	0.39		68	20.6	19.1	1.91	1.35	1.89	1.34		
WA-36	2013	4.2	1.8	0.57		54	18.5	16.7	2.96	2.13	1.47	1.06		
WA-38	2076	3.9	1.9	0.51		48	27.1	29.2	3.71	2.72	1.24	0.95		
WA-9	2064	4.5	1.4	0.69		48	20.8	20.8	3.42	2.72	1.19	0.95		

重量・寸法 (5個先)

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイカバ数1 ×10 <sup>4</sup>	レイカバ数2 ×10 <sup>4</sup>	備考
						終速度	終速度	+	-					
A-20	5.64	1.6	1.1	0.13		68	10.3	10.3		1.02	0.88	1.01	0.87	
B-6	4.51	1.9	1.4	0.26		65	15.4	16.9		1.21	0.89	1.05	0.77	
C-19	5.39	1.8	1.2	0.31		65	15.4	16.9		1.09	0.95	0.95	0.82	
D-1	4.96	1.9	1.1	0.42		54	13.0	24.1		1.55	1.33	0.77	0.66	
E-7	5.29	2.4	1.0	0.58		41	14.6	17.1		2.89	2.36	0.63	0.51	
F-12	6.69	2.5	0.8	0.68		51	19.6	19.6		1.71	1.65	0.71	0.69	
G-14	5.51	3.0	0.9	0.70		47	29.8	27.7		2.33	1.82	0.76	0.60	
B-15	10.23	2.2	1.7	0.23		70	17.1	12.9		1.24	1.01	1.34	1.09	
C-5	9.12	2.4	1.5	0.38		68	10.3	10.3		1.29	1.03	1.28	1.02	
D-2	10.90	2.6	1.4	0.46		61	23.0	23.0		1.61	1.36	1.15	0.97	
E-31	9.31	2.7	1.1	0.59		58	29.3	29.3		1.61	1.43	0.99	0.88	
F-11	10.97	3.0	1.1	0.63		51	19.6	19.6		2.19	1.95	0.92	0.82	
G-13	10.11	3.4	0.9	0.74		37	27.0	27.0		4.01	3.60	0.64	0.58	
A-56	19.57	2.6	2.2	0.15		89	6.7	7.9		0.95	0.78	2.11	1.73	
B-57	21.48	2.9	2.1	0.28		79	3.8	5.1		1.24	1.02	1.93	1.58	
C-24	20.02	3.0	1.9	0.37		79	12.7	13.9		1.20	0.99	1.87	1.54	
D-28	21.06	3.2	1.8	0.44		75	9.3	9.3		1.34	1.12	1.78	1.49	
E-31	22.02	3.4	1.4	0.59		61	23.0	23.0		1.84	1.72	1.32	1.23	
F-43	19.23	3.5	1.2	0.66		67	19.4	19.4		1.43	1.36	1.36	1.29	

重量・寸法 (5個後)

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 (cm/sec)		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイカバ数1 ×10 <sup>4</sup>	レイカバ数2 ×10 <sup>4</sup>	備考
						終速度	終速度	+	-					
A-20	5.64	1.6	1.4	0.13		69	10.1	11.6		0.99	0.85	1.02	0.88	
B-6	4.89	1.9	1.4	0.26		61	13.1	13.1		1.37	1.04	0.99	0.75	
C-19	5.39	1.8	1.2	0.31		64	18.8	17.2		1.13	0.98	0.93	0.81	
D-1	4.96	1.9	1.1	0.42		64	18.8	17.2		1.11	0.95	0.92	0.79	
E-7	5.29	2.4	1.0	0.58		49	24.5	22.4		2.02	1.66	0.75	0.61	
G-14	5.51	3.0	0.9	0.70		45	17.8	15.6		2.54	1.99	0.73	0.57	
B-15	10.23	2.2	1.7	0.23		76	10.5	9.2		1.05	0.86	1.46	1.19	
C-5	9.22	2.4	1.5	0.38		76	10.5	9.2		1.03	0.83	1.43	1.15	
D-2	10.90	2.6	1.4	0.45		72	16.7	15.3		1.15	0.98	1.36	1.15	
E-31	9.31	2.7	1.1	0.59		65	29.2	29.2		1.45	1.14	1.11	0.98	
F-11	10.96	3.0	1.1	0.63		61	13.1	13.1		1.53	1.36	1.10	0.98	
G-13	10.00	3.4	0.9	0.74		46	15.2	17.4		2.59	2.32	0.80	0.71	
B-57	21.48	2.9	2.1	0.28		84	17.9	17.9		1.10	0.90	2.05	1.68	
D-28	20.15	3.2	1.8	0.44		76	10.5	9.2		1.30	1.07	1.81	1.49	
E-31	22.02	3.4	1.4	0.59		61	13.1	13.1		1.84	1.72	1.32	1.53	
F-43	19.23	3.5	1.2	0.66		57	21.1	19.3		1.98	1.88	1.16	1.10	
G-32	19.45	4.1	1.2	0.71		78	26.9	32.1		1.14	1.01	1.71	1.51	



重量・寸法 (10個先)

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -	抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
A-20	5.64	1.6	1.4	0.13		68	10.3 8.8	1.02	0.88	1.01	0.87	
B-6	4.89	1.9	1.4	0.26		68	10.3 8.8	1.11	0.84	1.10	0.83	
C-19	5.39	1.8	1.2	0.31		67	16.4 14.9	1.03	0.89	0.97	0.85	
D-1	4.96	1.9	1.1	0.42		55	12.7 12.7	1.50	1.29	0.79	0.68	
E-7	5.29	2.4	1.0	0.58		48	12.7 14.6	2.11	1.72	0.74	0.60	
F-12	5.69	2.5	0.8	0.68		48	29.2 29.2	1.92	1.77	0.67	0.62	
G-14	5.51	3.0	0.9	0.70		45	22.2 24.4	2.54	1.99	0.73	0.57	
C-5	9.22	2.4	1.5	0.38		77	15.6 11.7	1.00	0.81	1.45	1.16	
C-5	9.22	2.4	1.5	0.38		75	9.3 9.3	1.06	0.85	1.41	1.13	
D-2	10.90	2.6	1.4	0.46		68	20.6 19.1	1.29	1.09	1.28	1.09	
E-31	9.31	2.7	1.1	0.59		58	17.2 17.2	1.61	1.43	0.99	0.88	
G-13	10.11	3.4	0.9	0.74		48	14.6 14.6	2.38	2.14	0.83	0.75	
B-57	2.148	2.9	2.1	0.28		89	7.9 7.9	0.98	0.80	2.17	1.78	
C-24	20.02	3.0	1.9	0.37		86	11.6 12.8	1.01	0.84	2.03	1.68	
C-24	20.02	3.0	1.9	0.37		84	8.3 8.3	1.06	0.88	1.99	1.64	
D-28	2.106	3.2	1.8	0.44		72	13.9 13.9	1.13	1.21	1.71	1.43	
E-31	22.02	3.4	1.4	0.59		62	9.7 11.3	1.78	1.66	1.34	1.25	
F-43	19.23	3.5	1.2	0.66		64	21.9 21.9	1.57	1.49	1.30	1.23	

重量・寸法 (10個後)

測定値

試料名	重量(g)	長径 (cm)	短径 (cm)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{cm}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -	抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイムズ数1 $\times 10^4$	レイムズ数2 $\times 10^4$	備考
B-6	4.51	1.9	1.4	0.26		70	10.0 10.0	1.04	0.77	1.13	0.83	
C-19	5.39	1.8	1.2	0.31		70	10.0 10.0	0.94	0.82	1.02	0.88	
D-1	4.96	1.9	1.1	0.42		59	18.6 16.9	1.30	1.12	0.84	0.72	
E-7	5.29	2.4	1.0	0.58		52	21.2 19.2	1.80	1.47	0.80	0.65	
F-12	5.69	2.5	0.8	0.68		56	12.5 12.5	1.41	1.30	0.78	0.72	
G-14	5.51	3.0	0.9	0.70		49	28.6 28.6	2.15	1.68	0.80	0.62	
B-15	10.23	2.2	1.7	0.23		77	9.1 9.1	1.02	0.84	1.47	1.20	
D-2	10.90	2.6	1.4	0.46		77	18.2 18.2	1.01	0.85	1.45	1.23	
E-31	9.31	2.7	1.1	0.59		56	12.5 12.5	1.72	1.53	0.96	0.85	
F-11	10.96	3.0	1.1	0.63		63	22.2 22.2	1.44	1.28	1.13	1.01	
G-13	10.11	3.4	0.9	0.74		42	16.7 16.7	3.11	2.80	0.73	0.65	
A-56	19.57	2.6	2.2	0.15		84	8.3 8.3	1.04	0.87	1.99	1.63	
B-57	2.148	2.9	2.1	0.28		74	13.5 14.9	1.41	1.16	1.81	1.48	
D-28	2.106	3.2	1.8	0.44		77	9.1 9.1	1.27	1.06	1.83	1.53	
E-31	22.02	3.2	1.8	0.59		73	24.7 23.3	1.41	1.20	1.73	1.47	
F-43	19.23	3.4	1.4	0.66		77	9.1 9.1	1.15	1.03	1.66	1.49	
G-32	19.45	3.5	1.2	0.71		52	21.2 19.2	2.38	2.27	1.06	1.01	

付表1 供試体寸法及び実験結果(現場)

重量・寸法					測定値								
試料名	重量(kg)	長径(m)	短径(m)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )	速度変動率 + (%) -		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイブルズ数1 $\times 10^6$	レイブルズ数2 $\times 10^6$	備考
A-1	57	0.32	0.26	0.19	1	2.3	65.0	0.0	1.71	1.66	0.66	0.64	
					2	2.5	40.0	24.0	1.45	1.40	0.71	0.69	
					3	2.4	42.0	17.0	1.57	1.52	0.69	0.67	
A-2	54	0.35	0.28	0.20	1	2.5	16.0	16.0	1.57	1.38	0.77	0.68	
					2	2.4	25.0	25.0	1.70	1.50	0.74	0.65	
					3	2.4	21.0	17.0	1.70	1.50	0.74	0.65	
A-61	46	0.43	0.19	0.56	1	2.4	33.0	38.0	1.56	1.42	0.68	0.62	
					2	2.4	46.0	21.0	1.56	1.42	0.68	0.62	
					3	2.3	13.0	17.0	1.69	1.54	0.65	0.59	
A-62	48	0.36	0.20	0.44	1	2.5	4.0	28.0	1.35	1.33	0.66	0.65	
					2	2.5	4.0	28.0	1.35	1.33	0.66	0.65	
					3	2.3	9.0	22.0	1.59	1.57	0.61	0.60	
A-52	57	0.42	0.26	0.38	1	2.6	15.0	27.0	1.53	1.30	0.85	0.72	
					2	2.6	19.0	23.0	1.53	1.30	0.85	0.72	
					3	2.7	15.0	19.0	1.42	1.20	0.88	0.75	
B-61	110	0.65	0.40	0.38	1	3.0	23.0	23.0	1.78	1.21	1.51	1.03	
					2	2.9	24.0	21.0	1.90	1.30	1.46	1.00	
					3	2.8	21.0	14.0	2.04	1.39	1.41	0.97	
B-8	104	0.73	0.43	0.41	1	1.8	17.0	22.0	5.42	3.31	1.00	0.61	
					2	2.1	10.0	14.0	3.98	2.43	1.16	0.71	
					3	1.8	11.0	17.0	5.42	3.31	1.00	0.61	
B-35	97	0.51	0.38	0.25	1	2.9	14.0	17.0	1.64	1.25	1.26	0.96	
					2	3.0	10.0	20.0	1.53	1.16	1.31	0.99	
					3	3.0	7.0	17.0	1.53	1.16	1.31	0.99	
B-42	97	0.68	0.30	0.56	1	2.4	17.0	17.0	2.46	1.82	1.07	0.79	
					2	2.3	22.0	22.0	2.68	1.98	1.03	0.76	
					3	2.3	17.0	30.0	2.68	1.98	1.03	0.76	
B-53	96	0.43	0.29	0.33	1	2.5	12.0	12.0	1.77	1.67	0.87	0.82	
					2	2.6	8.0	23.0	1.67	1.54	0.91	0.86	
					3	2.5	20.0	12.0	1.77	1.67	0.87	0.82	
C-1	190	0.63	0.39	0.38	1	3.0	17.0	23.0	1.73	1.46	1.47	1.24	
					2	3.0	20.0	17.0	1.73	1.46	1.47	1.24	
					3	3.1	26.0	32.0	1.62	1.36	1.52	1.28	
C-11	205	0.70	0.45	0.36	1	3.5	3.0	6.0	1.44	1.10	1.74	1.49	
					2	3.3	9.0	6.0	1.62	1.23	1.83	1.40	
					3	3.5	9.0	9.0	1.44	1.10	1.94	1.49	

## 重量・寸法

## 測定値

試料名	重量(kg)	長径(m)	短径(m)	扁平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )	速度変動率 (%)		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイルズ数1 $\times 10^6$	レイルズ数2 $\times 10^6$	備考
							+	-					
C-20	186	0.73	0.40	0.45	1	2.6	19.0	23.0	2.51	1.93	1.39	1.07	
					2	2.8	14.0	32.0	2.16	1.66	1.50	1.15	
					3	2.8	21.0	25.0	2.16	1.66	1.50	1.15	
C-3	220	0.75	0.36	0.52	1	3.0	17.0	17.0	1.81	1.53	1.54	1.30	
					2	2.9	17.0	17.0	1.94	1.64	1.49	1.26	
					3	3.0	10.0	20.0	1.81	1.53	1.54	1.30	
C-9	185	0.74	0.36	0.51	1	2.3	13.0	22.0	3.06	2.46	1.18	0.74	
					2	2.3	17.0	22.0	3.06	2.46	1.18	0.94	
					3	2.5	12.0	20.0	2.59	2.08	1.28	1.03	
D-1	530	0.99	0.44	0.56	1	3.6	39.0	17.0	1.60	1.42	2.35	2.10	
					2	4.0	30.0	20.0	1.29	1.15	2.61	2.33	
					3	4.2	31.0	24.0	1.17	1.05	2.74	2.45	
					4	4.3	30.0	28.0	1.12	1.00	2.81	2.51	
D-3	480	1.18	0.54	0.54	1	3.2	31.0	28.0	2.44	1.74	2.53	1.80	
					2	3.2	25.0	28.0	2.44	1.74	2.53	1.80	
					3	3.0	43.0	20.0	2.78	1.98	2.37	1.69	
D-5	463	1.03	0.43	0.58	1	3.8	21.0	26.0	1.45	1.22	2.50	2.12	
					2	4.0	25.0	33.0	1.30	1.10	2.64	2.23	
					3	3.9	23.0	49.0	1.39	1.19	2.57	2.17	
D-6	516	0.96	0.59	0.39	1	3.6	6.0	11.0	1.82	1.41	2.68	2.08	
					2	3.7	8.0	8.0	1.72	1.34	2.76	2.14	
					3	3.6	8.0	11.0	1.82	1.41	2.68	2.08	
D-4	485	1.27	0.72	0.43	1	3.3	15.0	21.0	2.75	1.65	3.12	1.87	
					2	3.4	12.0	24.0	2.59	1.55	3.22	1.92	
					3	3.3	21.0	24.0	2.75	1.65	3.12	1.87	
D-4	1050	1.47	0.86	0.42	1	3.8	39.0	21.0	2.44	1.68	4.23	2.78	
					2	3.7	14.0	14.0	2.58	1.69	4.12	2.71	
					3	3.8	5.0	11.0	2.44	1.68	4.23	2.78	
E-1	984	1.53	0.71	0.54	1	4.2	19.0	21.0	1.85	1.29	4.33	3.01	
					2	4.0	23.0	30.0	2.04	1.42	4.13	2.86	
					3	4.6	26.0	30.0	1.54	1.07	4.75	3.29	
E-6	965	1.10	0.79	0.28	1	4.7	19.0	36.0	1.32	1.02	4.34	3.34	
					2	4.3	23.0	21.0	1.58	1.22	3.97	3.06	
					3	4.4	25.0	20.0	1.51	1.16	4.06	3.13	
E-5	920	1.60	0.65	0.59	1	6.8	18.0	32.0	0.69	0.48	6.87	4.76	
					2	3.4	15.0	18.0	2.77	1.92	3.43	2.38	
					3	3.4	24.0	24.0	2.77	1.92	3.43	2.38	

## 重量・寸法

## 測定値

試料名	重量(kg)	長径(m)	短径(m)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )	速度変動率		抵抗係数 1	抵抗係数 2	レイルス数1 $\times 10^6$	レイルス数2 $\times 10^6$	備考
							+	-					
E-3	974	1.43	0.75	0.48	1	4.4	9.0	27.0	1.68	1.17	4.51	3.14	
					2	4.5	9.0	33.0	1.68	1.12	4.61	3.21	
					3	4.8	15.0	23.0	1.41	0.98	4.72	3.43	
柱-1	184	1.14	0.29	0.75	1	2.4	29.0	38.0	3.13	2.25	1.37	0.98	
					2	2.3	30.0	43.0	3.41	2.45	1.31	0.94	
					3	2.5	24.0	48.0	2.89	2.08	1.42	1.02	
柱-1	184	1.14	0.29	0.75	1	2.3	22.0	26.0	3.41	2.45	1.31	0.94	
					2	2.5	20.0	32.0	2.89	2.08	1.42	1.02	
					3	2.5	36.0	40.0	2.89	2.08	1.42	1.02	
方形-1	70.2	0.52	0.30	0.42	1	2.5	8.0	12.0	1.98	1.51	0.98	0.74	
					2	2.5	8.0	12.0					
					3	2.5	8.0	8.0					
					4	2.5	12.0	12.0					
					5	2.5	8.0	12.0					
方形-2	20.8	0.35	0.20	0.43	1	2.0	10.0	15.0	2.07	1.57	0.52	0.40	
					2	2.1	5.0	14.0	1.88	1.42	0.55	0.42	
					3	2.0	15.0	10.0	2.07	1.57	0.52	0.40	
					4	1.9	16.0	11.0	2.30	1.74	0.50	0.38	
					5	2.0	10.0	15.0	2.07	1.57	0.52	0.40	

重量・寸法 (5個)

測定値

試料名	重量(kg)	長径(m)	短径(m)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイブルズ数1 $\times 10^6$	レイブルズ数2 $\times 10^6$	備考
						先	後	+	-					
A-53	47	0.47	0.26	0.45	先	2.4	25.0	25.0	1.90	1.43	0.83	0.62		
A-8	55	0.36	0.27	0.25	後	2.5	20.0	20.0	1.56	1.39	0.77	0.66		
A-12	56	0.32	0.28	0.13	先	2.5	20.0	24.0	1.50	1.40	0.74	0.69		
A-37	47	0.42	0.23	0.45	後	2.3	22.0	30.0	1.84	1.56	0.71	0.60		
A-47	53	0.33	0.29	0.12	先	2.5	36.0	36.0	1.55	1.37	0.77	0.68		
A-36	54	0.37	0.25	0.32	後	2.5	8.0	24.0	1.53	1.38	0.75	0.68		
B-16	109	0.39	0.30	0.23	先	3.3	21.0	30.0	0.99	1.00	1.12	1.14		
B-27	100	0.38	0.30	0.21	後	3.2	9.0	38.0	1.03	1.03	1.07	1.07		
B-40	105	0.51	0.29	0.43	先	3.2	34.0	38.0	1.18	1.05	1.22	1.09		
B-41	94	0.50	0.30	0.40	後	2.8	21.0	29.0	1.55	1.32	1.07	0.92		
B-49	95	0.40	0.28	0.30	先	3.3	30.0	27.0	0.96	0.96	1.09	1.08		
B-47	107	0.43	0.31	0.28	後	2.9	17.0	24.0	1.36	1.29	1.05	0.99		
C-16	215	0.75	0.45	0.40	先	3.5	17.0	26.0	1.49	1.12	2.01	1.51		
C-8	195	0.92	0.44	0.52	後	2.6	27.0	15.0	2.95	1.96	1.64	1.09		
C-22	183	0.67	0.46	0.31	先	—	—	—	—	—	—	—	切断	
C-7	186	0.79	0.34	0.57	後	2.5	28.0	24.0	2.60	2.08	1.28	1.03		
C-12	210	0.97	0.44	0.55	先	3.1	6.0	19.0	2.13	1.41	2.01	1.33		
C-17	190	0.79	0.40	0.49	後	3.1	45.0	35.0	1.83	1.36	2.04	1.28		

重量・寸法 (10個)

測定値

試料名	重量(kg)	長径(m)	短径(m)	偏平率	No.	終速度 ( $\frac{m}{sec}$ )		速度変動率 + (%) -		抵抗係数1	抵抗係数2	レイブルズ数1 $\times 10^6$	レイブルズ数2 $\times 10^6$	備考
						先	後	+	-					
A-9	50	0.35	0.26	0.26	先	2.8	36.0	43.0	1.21	1.07	0.84	0.74		
A-25	55	0.31	0.29	0.07	後	2.8	15.0	23.0	1.20	1.11	0.83	0.77		
A-10	54	0.34	0.28	0.18	先	2.6	8.0	15.0	1.43	1.28	0.79	0.71		
A-4	55	0.36	0.33	0.08	後	2.6	15.0	15.0	1.60	1.28	0.89	0.71		
A-54	47	0.38	0.27	0.29	先	2.6	38.0	27.0	1.49	1.22	0.89	0.68		
A-22	57	0.33	0.29	0.12	後	3.4	47.0	24.0	0.84	1.76	1.04	1.03		
B-11	90	0.38	0.27	0.29	先	2.8	11.0	14.0	1.28	1.30	0.89	0.90		
B-56	99	0.57	0.29	0.49	後	2.6	38.0	23.0	1.89	1.56	1.05	0.87		
B-36	90	0.40	0.30	0.25	先	2.8	21.0	21.0	1.39	1.30	0.96	0.97		
B-60	105	0.58	0.30	0.48	後	2.7	7.0	15.0	1.79	1.48	1.12	0.92		
B-9	104	0.63	0.31	0.51	先	2.8	11.0	11.0	1.77	1.37	1.23	0.95		
B-31	98	0.40	0.30	0.25	後	3.2	9.0	9.0	1.06	1.03	1.10	1.06		

港湾技研資料 No. 249

1976. 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 阿部写真印刷株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.