

# 揺れない浮体に関する研究 — 模型実験による検討 —

猪俣 活人 湯田 紀男

## A Study on Motion Suppression System Applied to Floating Structures for Coastal Development -Based on Experiments Using Floating parts Models-

Katsuhito INOMATA Norio YUDA

### Abstract

Floating structures on the sea are required from various situation of coastal activity, for example the pontoon bridge is useful to connect ship and ashore. On the sea, lots of various waves make floating structures shake like a vessel that has motions of pitching or rolling. So we need floating structures with equipment for safety, because of good work on the sea. The purpose of this paper is making floating structures with reducing the pitching and rolling to a minimum, and researching the basic of this mechanism using unique models of floating parts.

**Keywords :** floating structures, pitching or rolling,

**キーワード:** 浮体、動揺

### 1. はじめに

浮体は色々な場面で使用されており、浮棧橋は陸上と船を繋ぐ上で欠かせない物である。また、海上での作業においてよく使われる台船も浮体である。ただ、固定されてなく海に浮いている物体は波があれば当然揺れる。海に浮いている以上、船舶と同じように動揺するという特性がある。

しかし、前記浮体の動揺が作業の効率を悪くするだけでなく危険を生む。そこで本研究では、波がもたらす動揺に対応し、揺れを最小限に抑える事の出来る浮体を作成する事を目的とし、模型を作成して揺れを抑えるメカニズムを探ることを目的とし実験を行った。

### 2. 浮体模型の製作と実験方法

#### 2.1 浮体模型の製作

海上において浮体を揺らす原因は波である。浮体の運動には6自由度の運動成分があると言われているが、ここでは、波がもたらす動揺について単純に二つ選んだ。一つは上下の揺れ、もう一つは、横揺れである。これらが三次元的に重なり複雑な揺れを生むが、まずは二次元の動揺原因を排除する事を考

えた。また、波の特性である海面近くの水の運動と海面から重力方向へ遠い所での水の動き、つまり下方に行くほど水の粒子の動きが少ない事に注目した。

(Fig. 1)

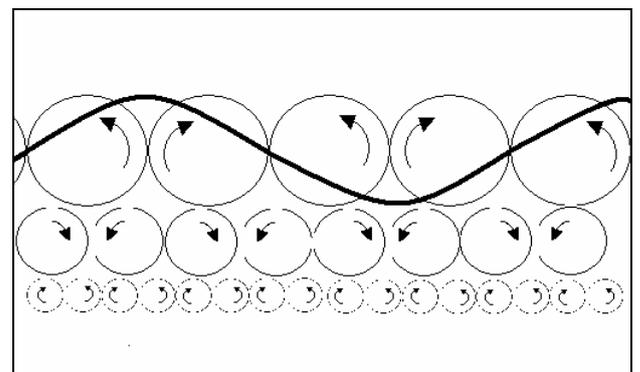


Fig.1 Structure of wave

また、実験用浮体の要目については瀬戸内海（平均水深30m）での荒天を想定して波高2m、波長30m、周期を6sec.を参考にする。なお、浮体の上に5m×5mの作業台を想定し、その作業台からはみ出ない大きさの円盤（直径5m）を作業台下に設備することとした。(Fig. 2)

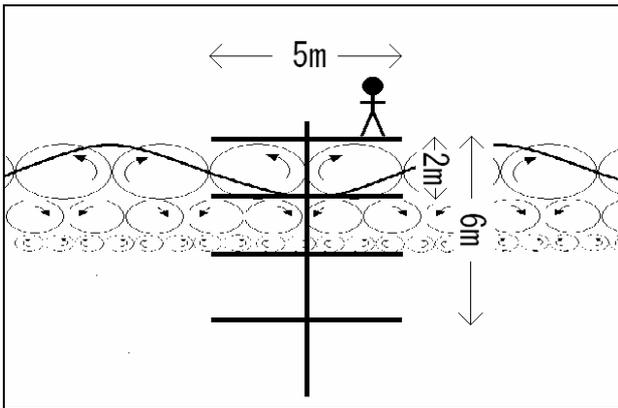


Fig.2 Floating model

上記の事を考慮し、Photo.1 のような浮体模型を考案した。考案するにあたり工夫した点を以下に列挙する。

- ① 上下の揺れを抑えるために円盤（亚克力板）を取り付ける。
- ② 横揺れを抑えるために水の抵抗をなるべく受けないように、円盤を繋ぐ支柱を棒（寸切り、ボルト、ナット）にする。
- ③ 波高に合わせて円盤の間隔を変える事ができる。
- ④ 円盤の枚数を変える事ができる。
- ⑤ 浮体（発泡スチロール）の場所も移動できるようにする。
- ⑥ 沈まない様に出来る限り軽くする。
- ⑦ 10分の1のスケールで作成した。

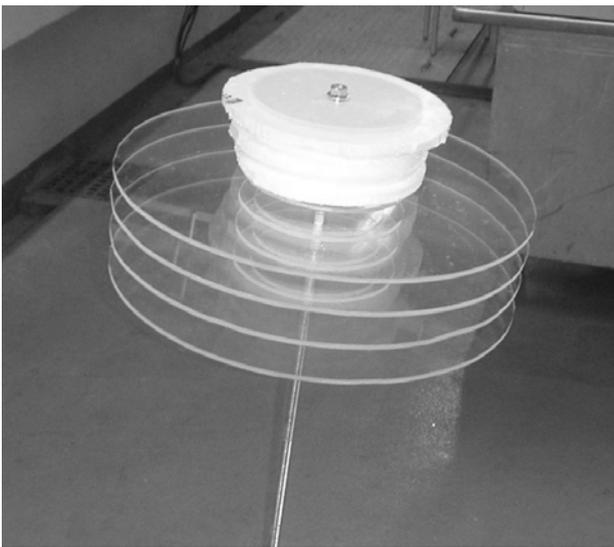


Photo.1 Floating parts model

浮体の要目については以下の通りである。

高さ：1 m 横幅（円盤の直径）：50 cm  
 浮かせるための発砲スチロール：直径22 cm  
 今回、作業台の部分は省略した。

## 2.2 実験方法

実験では、正確な波高及び波長を作り出す必要がある為、今回、神戸大学海事科学部の浅水槽を使用した。以下実験の様子である。



Photo.2 Shallow Water Tank



Photo.3 Fitting a pitch of Disk for wave height



Photo.4 Observation Window for Floating parts model

浅水槽の要目は、以下の通りである。

主要寸法：60mL×6mW×2mD  
 造波装置：油圧駆動ピストン式

今回の実験では水深1mで行った。また、円盤の枚数を変えた実験、円盤の高さを変えた実験を行い

(Photo.3)、水槽の中に浮体を浮かべ、ガラス張りになっている観測窓から浮体の動きをビデオ撮影した。撮影している場所は、水面下の部分も見えるようになっており、浮体を真横から観察及び撮影を行った。(Photo.4)

## 2.3 解析方法

ビデオ撮影した浮体の動きをホワイトボードにプロジェクターで映し出し、浮体の揺れの解析をした。(Photo.4)

揺れのパターンを表したのが、Fig.3 である。図中の線は円盤の傾きを示す。それぞれ任意の5秒間のデータを取り、0.5秒ずつ10本の線で表している。解析したデータは以下の3つである。

- ① 揺れ角度
- ② 上下移動
- ③ 横移動

つまり、最も角度が大きい所を測り、揺れ角度を出し、またその線から最も移動している所の距離を測り、上下移動、横移動を出した。

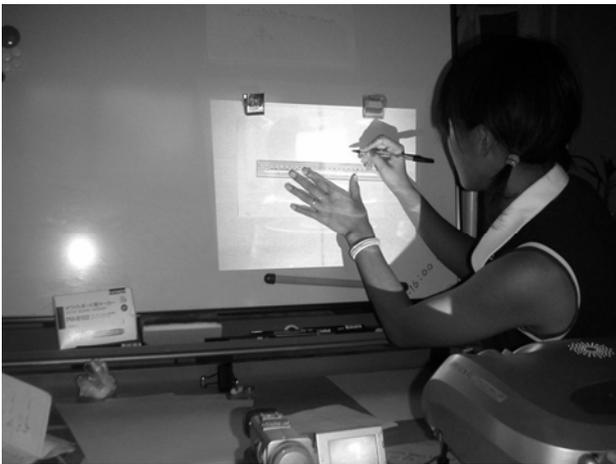


Photo.5 Motion analysis of Floating parts model with Projector

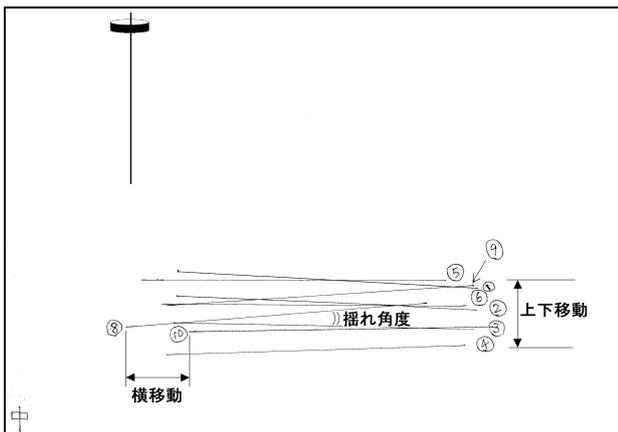


Fig.3 Result of Analysis Motion

例えば以下の Fig.4、Fig.5、Fig.6 については、それぞれ左上に浮体の形状をイラスト化したもの、図中の10本の線が浮体の発泡スチロール部分をプロジェクターで投影した物を写し取ったものである。円盤無しの場合の Fig.4 の揺れが、Fig.5 の円盤2枚を下に付けた場合に比べ上下の揺れが大きい事が分かり、Fig.6 の円盤2枚を上につけた場合は、上下の揺れよりも横移動が多い事がわかる。

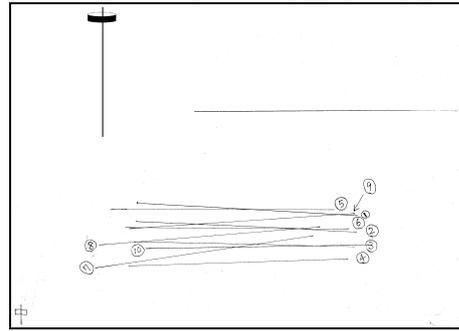


Fig.4 Result of Analysis Motion (A)

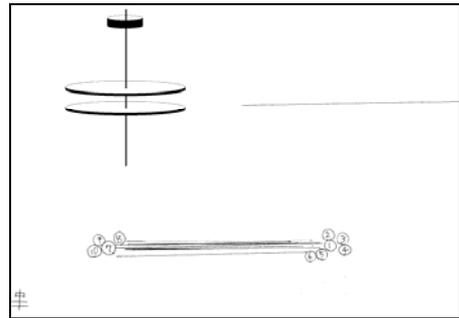


Fig.5 Result of Analysis Motion (B)

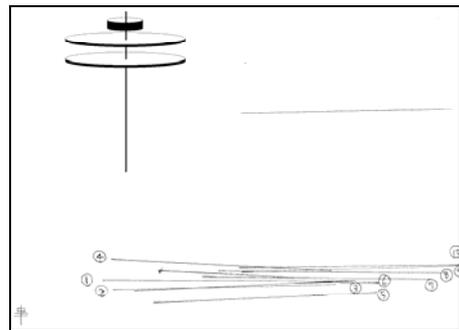


Fig.6 Result of Analysis Motion (C)

## 3. 計測結果

### 3.1 実験の種類

実験用浮体の性格上、色々な形の浮体実験が出来るだけでなく枚数にも幅広く対応できる。また、それぞれの浮体形状で波高や周期、波長の組み合わせを考えると膨大な実験数が考えられる。

- ① 枚数を変えた実験

- ② 形状（円盤の組み合わせ）を変えた実験
- ③ 波高を変えた実験
- ④ 波長を変えた実験
- ⑤ 周期を変えた実験
- ⑥ 浮体の場所を変えた実験
- ⑦ 浮体の形状を変えた実験

よって今回は初期導入として波の周期 2 sec. に固定し、波高 10 mm から 5 mm づつ、100 mm まで変化させた場合の実験とし、形状の違いでの動揺に与える影響について探っていった。また、浮体の形状については Fig. 7~Fig. 9 のようにした。

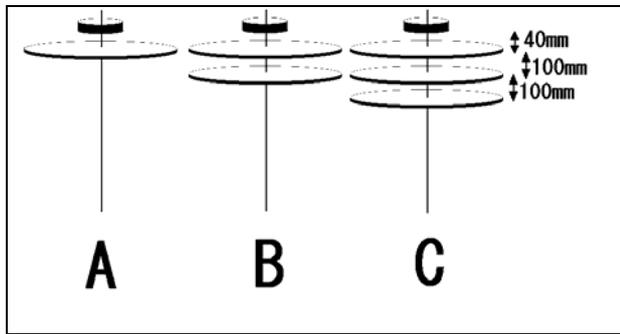


Fig.7 Models type A B C

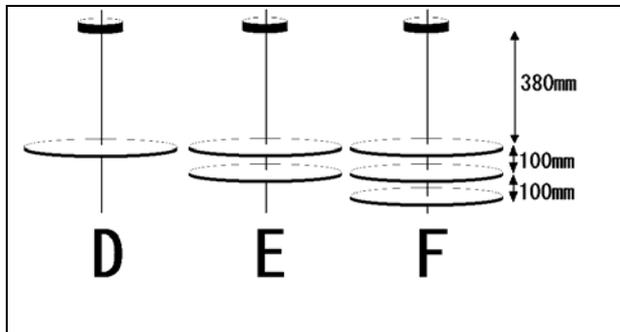


Fig.8 Models type D E F

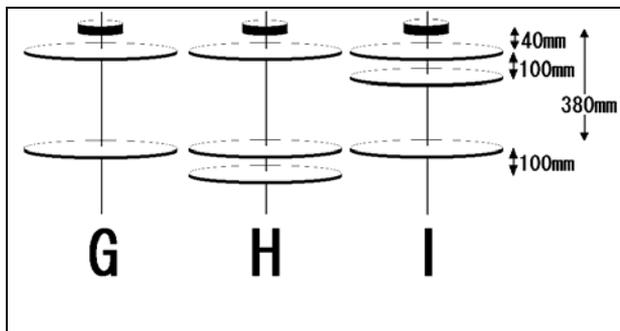


Fig.9 Models type G H I

### 3.2 実験結果

#### 3.2.1 揺れ角度の実験結果

揺れ角度の実験結果を以下に示す。縦軸に揺れ角度 (deg.) とし横軸を波高 (mm) とした。また得られた値の近似線を直線で表わした。

Fig.10 は円盤を上方に増やしていった結果である。円盤の数が増えるほど揺れ角度が抑えられている事が分かる。また、Fig.11 は円盤を下方に増やしていった結果である。安定しているのは円盤を下に 3 枚つけた物であり、これも数が増えるほど揺れ角度が抑えられている事が分かる。Fig.12 では円盤を上下離したもので、I の形状の円盤を上 2 枚下 1 枚のものが安定している。

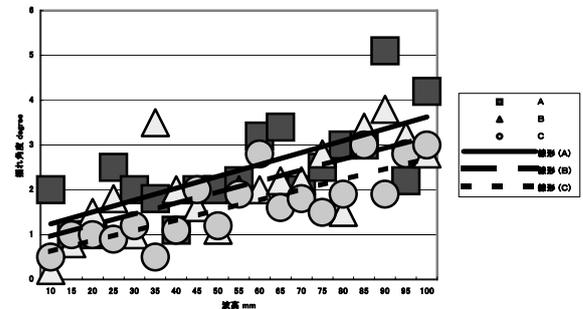


Fig.10 Angle of shake (A)

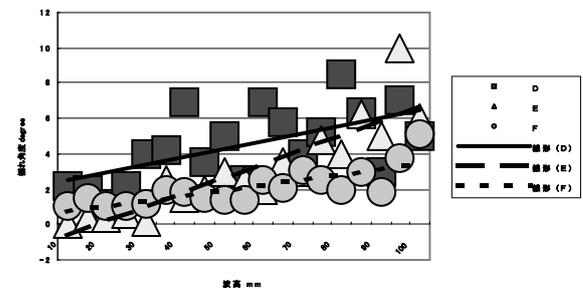


Fig.11 Angle of shake (B)

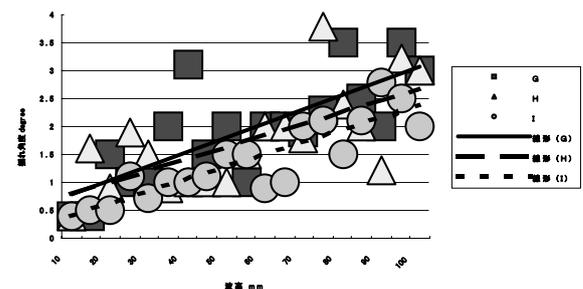


Fig.12 Angle of shake (C)

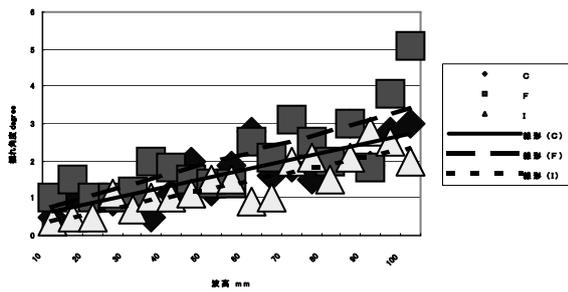


Fig.13 The Minimum Angle of shake

Fig.13 では前出の3つのグラフからそれぞれの揺れ角度の少なかったものを選び出してベスト3をグラフにした。Iの形状の円盤を上2枚下1枚のものが最も安定している。

### 3.2.2 上下移動の実験結果

上下移動の実験結果を以下に示す。縦軸に上下の移動距離(mm)、横軸を波高(mm)とした。また得られた値の近似線を直線で表わした。

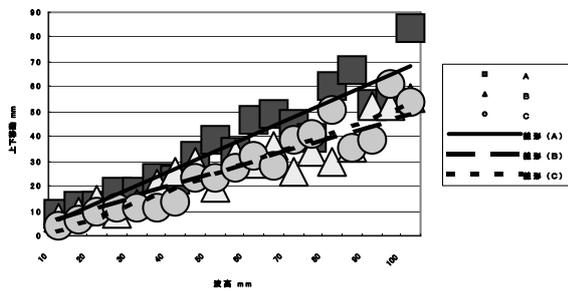


Fig.14 Up and Down motion (A)

Fig.14 は円盤を上方に増やしていった結果である。また、Fig.15 は円盤を下方に増やしていった結果であり、いずれも安定しているのはCやFの円盤を3枚つけた物であり、これも数が増えるほど上下移動が抑えられている事が分かる。Fig.16 では円盤を上下離れたものである。ほぼ変わらない傾向である。

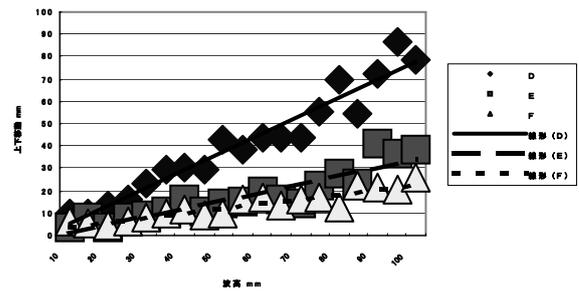


Fig.15 Up and Down motion (B)

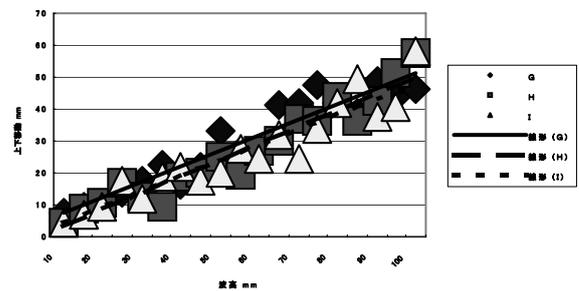


Fig.16 Up and Down motion (C)

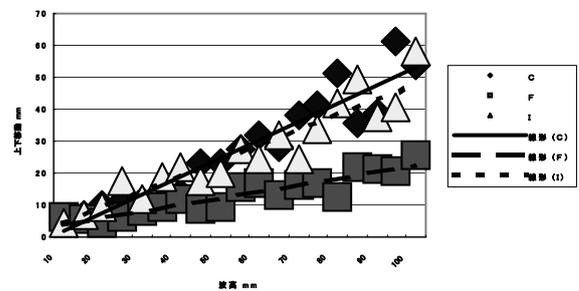


Fig.17 The Minimum of Up and Down

Fig.17 では前出の3つのグラフからそれぞれの上下移動の少ないものを選び出してベスト3をグラフにした。Fの円盤を下3枚につけたものが最も安定している。

### 3.2.3 横移動の実験結果

横移動の実験結果を以下に示す。縦軸に横への移動距離(mm)、横軸を波高(mm)とした。また得られた値の近似線を直線で表わした。

Fig.18 は円盤を上方に増やしていった結果である。また、Fig.19 は円盤を下方に増やしていった結果である。円盤を付けない方が横移動が少ないことが分かり、下のほうにつけると横移動が不安定である。

Fig.20 では円盤を上下離れたものである。Iの円盤を上2枚下1枚つけたものが、ある波高を超える

と横移動が減る傾向にある。

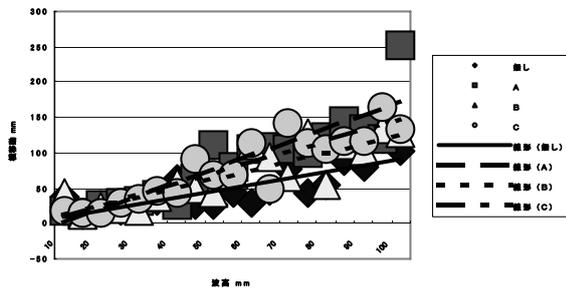


Fig.18 Sideways (A)

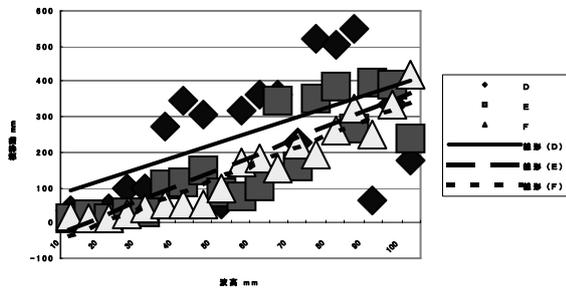


Fig.19 Sideways (B)

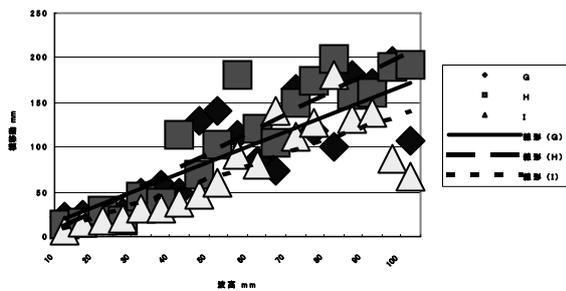


Fig.20 Sideways (C)

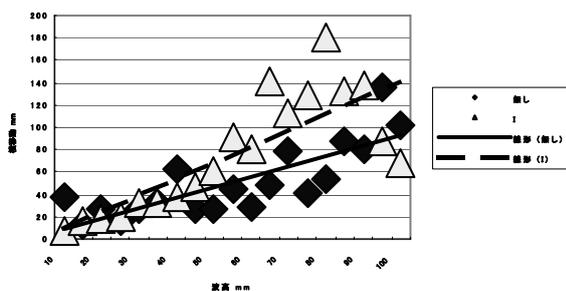


Fig.21 The Minimum of Sideways

Fig.21 では前出の3つのグラフから2つの横移動の少ないものを選び出してグラフにした。円盤無し

の横移動が最も少ない傾向にある。Iの円盤を上2枚下1枚つけたものは、ある波高を超えると横移動が減り安定する傾向がある。

#### 4. 考察

円盤3枚の場合が最も揺れ角度、上下移動が少ないのは、多く付けた円盤により、円盤の上からも下からも同じように水の圧力を受け、それが互いに相殺して揺れを抑えられていると考えられる。又、円盤無しが最も横移動が少ないのは、円盤が横移動への抵抗になっていない事が考えられる。円盤は浮体が傾いた際に横波の影響を受け、横方向へのモーメントを増加させていると考えられる。3枚の円盤を上と下に分けた形が最も良いのは、下の方につけた円盤によって、海面表面での水の動きに対して錨を入れた作用と同じ働きを水中でしていると考えられる。海面付近は波の影響で揺れが多いが、水中は海面ほど水の動きが少ない。よって、上の円盤が揺れるのを下の円盤が抑えているのだと考えられる。

#### 5. まとめ

円盤の多い方が揺れを抑えられる傾向があるが、円盤の位置によっては逆に横移動が激しくなる事も分かった。水面近くの円盤で上下移動を抑え、水中の円盤で上下移動を抑えると同時に横移動をも抑える働きにより、円盤無しの浮体より揺れない事が分かった。ただ、波のある水面で浮いているものは確実に揺れ、その揺れを完璧に止めることは不可能である事も分かった。今後、この実験結果で得られた上下移動が少ない浮体の形状、横移動が少ない浮体の形状等を生かし、円盤に限らない形状の動揺低減装置を開発していきたい。

#### 謝辞

実験装置の製作に協力して頂いた、弓削商船高等専門学校第1及び第2実習系の皆さんにお礼申し上げます。本研究を行うにあたり貴重なご助言を頂きました、神戸大学海事科学部教授定兼廣行先生に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- (1) 三菱重工業(株)鉄鋼建設事業本部橋梁部技術グループ:揺れない浮体, 船と海のサイエンス 9号, 2004