

## II-84

## 津波発生時における超大型浮体構造物の係留力に関する研究

岩手大学大学院 学生員 前澤 彩 岩手大学 学生員○小島 拓  
岩手大学 正 員 堺 茂樹 岩手大学 正 員 小笠原敏記

## 1. 緒 言

近年、超大型浮体構造物の実用化に向け各種の研究が活発に行われている。その実用化には、係留施設の設計法の確立が不可欠である。特に、我が国沿岸には津波が頻繁に来襲することを考えると、津波によって発生する係留力は風波によるものと比べて強大であることから、津波によって発生する係留力の正確な算定が必要となる。堺・牧野（2002）は、波動が浮体に及ぼす流体力と係留力の関係をモデル化しているが、浮体の厚さが一様な場合を対象としている。一方、波浪による浮体の動揺に関する研究では、大型浮体先端部の強度を増加させると浮体の変形を抑える効果があることが報告されており、その強化には先端部の断面を大きくする必要がある。しかし断面の増大は流体力を増大させ、結果として係留力の増大につながる。

そこで本研究では、波を受ける断面積の変化によって流体力がどの程度増大するかを解明するために、浮体前端部の断面積を変化させた水理模型実験を行い、断面積と流体力の関係を明らかにする。

## 2. 実験装置及び実験方法

実験は図-1 に示すように長さ26m、幅0.8m、高さ1mの二次元造波水路を用いて行った。孤立波の造波には、反射波の発生を抑制できる吸収式造波装置を用いた。浮体前方2ヵ所および後方の1ヵ所の水位変動は、容量線式波高計を用いて計測した。浮体の鉛直変位は、前方、中央、後方の3ヵ所について、超音波式変位計を用いて測定した。

図-2 は模型浮体および係留装置の概略を示したものである。浮体の前端には、形状抵抗を変化させるために、浮体と同素材の板を取り付けた。板の長さは、表-1 に示すように9通りに変化させた。なお、静水面より上側の長さを正とする。

係留装置はドルフィン型を採用し、ステンレス棒を水路上部から下方に向けて鉛直に固定した。実際の係留装置は下部が固定されるのに対し、実験では逆になっているが、係留力を測定する上では本質的な問題はない。ステンレス棒の太さは、5mm×10mmとした。固定部の下方5cmの位置にあるひずみゲージで、造波開始から波が浮体を十分に通過するまでのひずみを測定し、係留力を算出した。

浮体の条件と孤立波の条件を表-2 に示す。

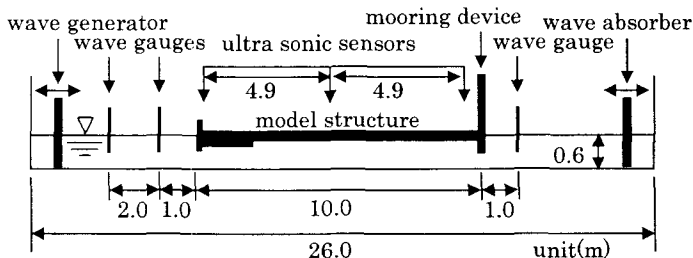


図-1 実験装置

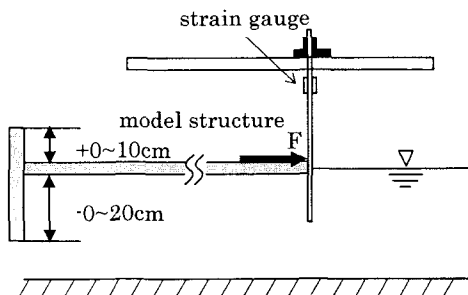


図-2 模型浮体および係留装置の概略

表-1 浮体前端の板の長さ

|       |      |       |       |
|-------|------|-------|-------|
| case1 | 板なし  | case6 | -10cm |
| case2 | +3cm | case7 | -12cm |
| case3 | +5cm | case8 | -15cm |
| case4 | -3cm | case9 | -20cm |
| case5 | -5cm |       |       |

表-2 実験条件

| 浮体条件 | 素材          | ポリエチレン                  |
|------|-------------|-------------------------|
|      | 板厚 $h_s$    | 10mm                    |
|      | 板長 $l_s$    | 10m                     |
|      | 板幅 $B$      | 0.78m                   |
|      | 密度 $\rho_s$ | 914kg/m <sup>3</sup>    |
| 波浪条件 | 弾性率 $EI$    | 831MPa                  |
|      | 水深 $d$      | 60cm                    |
|      | 波高 $H$      | 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm |

### 3. 実験結果及び考察

実験で得られた係留力から、浮体の水平方向運動とフックの法則を用いて、次式により流体力を算出する。

$$F_w = m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx \cdots (1)$$

ここで、 $m$ は浮体質量、 $k$ は係留装置のバネ定数、 $x$ は浮体の水平方向変位である。

図-3は、式(1)より求めた流体力の最大値 $F_{w\max}$ と波高 $H$ の関係を示したものである。波高が6cmのときのcase3とcase1は一致しており、形状抵抗は上側の断面積には影響を受けないと考えられる。しかし、下側に断面を増やしたcase4とcase5では、流体力は断面積と共に増大していることがわかる。

図-4は、流体力の変化が顕著となる波高 $H=6\text{cm}$ の場合の $F_{w\max}$ と前端断面における喫水 $d_f$ の関係を示している。 $F_{w\max}$ は $d_f$ の増加に伴い、単調増加ではなく二次関数的に増加している。喫水の増加による流体力の増加が先端部での形状抵抗とすれば、流体力は喫水に比例すると予想されるが、実験結果によると両者の関係は二次関数で表現されることがわかった。

堺・牧野(2002)によると、厚さが一様な場合の $F_{w\max}$ は $\rho_w g h_s B H$ で表現できる。そこで他の波高での結果を含めて全体的な系統を検討するため、 $F_{w\max}$ を $\rho_w g h_s B H$ で無次元化した値を $F^*$ とし、 $d_f$ を板厚 $h_s$ で無次元化した値を $d_f^*$ として、両者の関係を示したものが図-5である。いずれのケースでも $F^*$ は $d_f^*$ の二次関数として表現されることがわかった。

今回は、実験データ数が少ないこともあり、流体力と喫水との関係が二次曲線で表現されることの物理的な考察までは至らなかった。これらを含め、流体力発生メカニズムを解明することが、今後の課題である。

### 4. 結 論

本研究では、浮体前端部の断面形状を変化させて実験を行い、喫水による流体力への影響を検討した。得られた結論は、以下の通りである。

- ① 形状抵抗は浮体断面において、静水面上の断面には関係なく、静水面下の断面によって変化する。
- ② 流体力の最大値は、浮体前面の喫水によって、二次関数的に増加する。
- ③ 無次元化された流体力は、浮体前端の断面積のみによって変化する。

### 参考文献

堺 茂樹・牧野周作(2002):津波による超大型浮体の係留力について, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.736-740

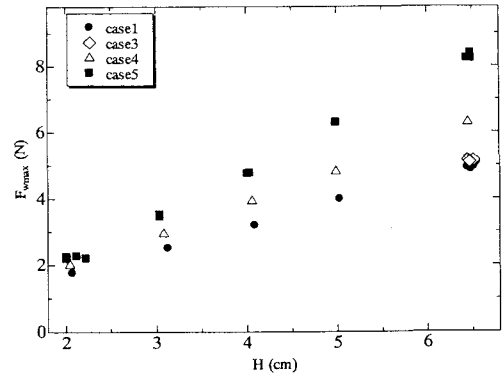


図-3 最大流体力 $F_{w\max}$ と波高 $H$ の関係

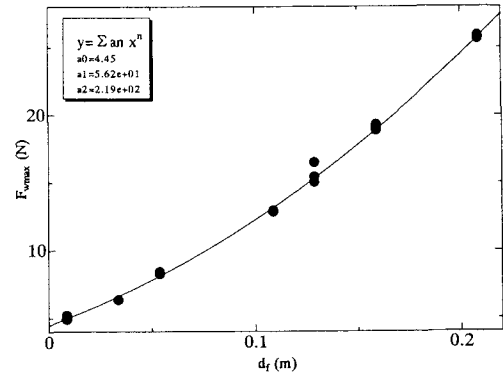


図-4 最大流体力 $F_{w\max}$ と喫水 $d_f$ の関係

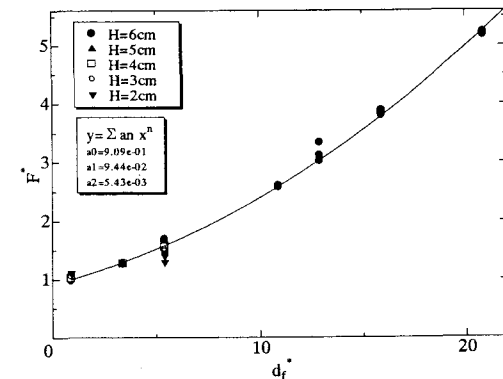


図-5 全波高ケースにおける無次元化した最大流体力 $F^*$ と喫水 $d_f^*$ の関係