

## 1. 研究目的

複数の浮体構造物の動揺および流体力の解析を行う場合、従来は各浮体について独立に解析を行うことが多かったが、精度良く解析を行うには、流体力学的相互干渉効果を考慮する必要がある。浮体と浮体が接近して水面に浮いた状態を伴う工法が考案されている現在、その必要性はますます高くなっている。そこで、本研究では流体力の中でも波漂流力について流体力学的相互干渉を考慮した解析を行うことを目的とする。

## 2. 解析手法

波漂流力を求める手法としては、複数の浮体それぞれに働く波漂流力を求める為、浮体の浸水部分の圧力を直接積分する近場法を用いた。この圧力の計算および積分の際、各物理量などは振動展開したものを用い、second order の流体力を時間平均することで波漂流力を求めた。本解析では Diffraction 問題のみを扱っているため、波漂流力  $\overline{\mathbf{F}_H^{(2)}}$  は Diffraction ポテンシャル  $\Phi_D$  を用いて次式のように表される。

$$\overline{\mathbf{F}_H^{(2)}} = -\frac{1}{2} \rho \int_{S_0} |\nabla \Phi_D|^2 \mathbf{n} dS + \frac{1}{2} \rho g \int_{C_{WL}} \left( -\frac{1}{g} \frac{\partial \Phi_D}{\partial t} \right)^2 \mathbf{n} dl$$

ただし、 $\rho$ ：密度、 $g$ ：重力加速度、 $\mathbf{n}$ ：単位法線ベクトルである。

ここで、対象とする浮体を円筒浮体とする。そして、流体力学的相互干渉を考慮した Diffraction ポテンシャル  $\Phi_D$  を代入することで、円筒浮体に対する流体力学的相互干渉を考慮した波漂流力の評価式を得ることができた。

## 3. 検証及び解析結果

得られた波漂流力の評価式に基づいてプログラムを作成し、Fig.1 に示す単独円筒浮体をモデルとして検証を行った。円筒の中心軸は座標原点を通り、水深  $H=1.0$ 、喫水  $d=0.5$ 、入射波方向は  $x$  軸正の方向とした。水波 Green 関数を利用した境界要素法(BEM)による計算結果と本解析プログラムによる計算結果とを比較したのが Fig.2 に示したグラフである。グラフの横軸は無次元化した波数  $ka$ 、縦軸は無次元化した波漂流力  $x$  成分  $\overline{F_x^{(2)}} / \{0.5 \rho g A^2 a (1 + 2kH / \sinh 2kH)\}$  である。BEM は、メッシュ分割が 100 分割のものと、360 分割のものとそれぞれに対して近場法と遠場法の両手法による計算結果を示してある。 $ka=3$  付近で 100 分割のグラフは大きく曲がっているが、これは irregular frequencies とよばれる数値計算上の問題で、360 分割のグラフではこれが抑えられていることがわかる。即ち、精度の良い 360 分割のグラフに近ければ良いわけである。Fig.2 のグラフから、本解析プログラムによる結果と BEM による結果とはよく一致しており、本解析プログラムの妥当性が認められた。

次に、この解析プログラムを用いて、2つの円筒浮体についての解析を行った。解析モデルは、Fig.3 に示すように、浮体1、浮体2を

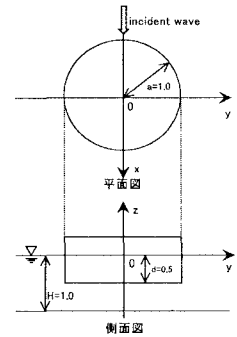


Fig.1 検証モデル

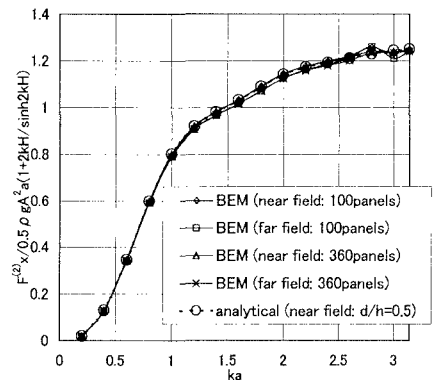


Fig.2 検証結果

共に y 軸上に配置し、それぞれの y 座標は  $y=2.0$ 、 $y=-2.0$  で、x 軸に関して対称である。また、入射波方向は x 軸正の方向であり、配置した円筒浮体は検証に用いた円筒浮体と同じものとした。その結果求められた波漂流力を、Fig.4 及び Fig.5 に示した。Fig.4 には浮体 1 及び浮体 2 に働く波漂流力の x 成分を示し、重ねて流体力学的相互干渉効果を考慮しない場合として単独円筒浮体での検証結果を点線で示した。相互干渉効果を考慮した浮体 1 及び浮体 2 の波漂流力は、波数によって相互干渉効果を考慮しない場合に比べて大きい場合も小さい場合もあることがわかる。また、Fig.5 には浮体 1 及び浮体 2 に働く波漂流力の y 成分を示した。相互干渉効果を考慮すると、入射波方向と垂直な方向にも波漂流力が存在することがわかった。特に今回の解析においては、x 軸について対称なモデルで解析を行っているため、浮体 1 と浮体 2 とではほぼ正負が逆の値が得られた。また波数によっては、2 体の円筒浮体が引き寄せ合ったり、反発し合ったりするように波漂流力が働くことが読み取れる。以上のことから、相互干渉効果を考慮すると、相互干渉効果を考慮しない場合に比べて波数により安全側にも危険側にもなるので、波漂流力を正確に予測するには相互干渉効果は無視できないことがわかった。

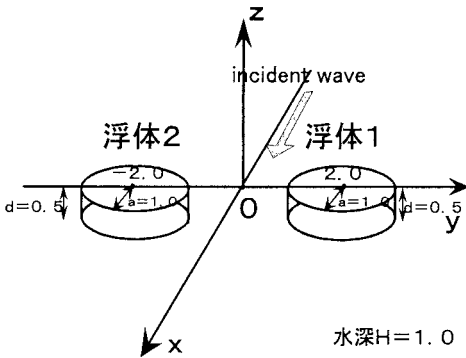


Fig.3 解析モデル

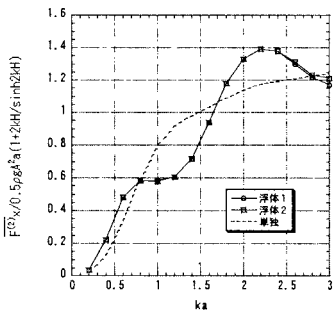


Fig.4 波漂流力 x 成分

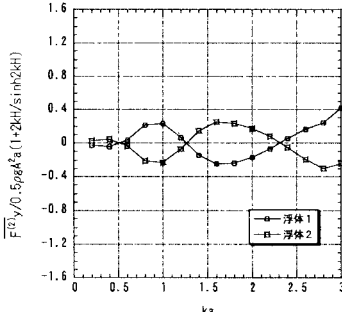


Fig.5 波漂流力 y 成分

#### 4. 結論及び今後の課題

本研究で、近場法により波漂流力の解析的表現を導き、また円筒浮体に対しては Diffraction 問題で流体力学的相互干渉効果を考慮した波漂流力の解析を行った。その結果、流体力学的相互干渉効果を考慮しない場合との明確な違いが波数によって様々に現れることが確認できた。今後の課題としては、Radiation 問題についても考慮してより厳密な波漂流力を求められるようにすることや、円筒浮体に限らず任意形状の浮体に対しても波漂流力が求められるようにすることが必要と思われる。

(参考文献)

- 1) J.A. Pinkster and G. van Oortmerssen : Computation of the first and second order wave forces on oscillating bodies in regular waves, Proc. Second Int. Conf. Numerical Ship Hydrodynamics ed. J.V. Wehausen & N. Salvesen, pp.136-156, 1977
- 2) 橋本達典, 渡邊英一, 宇都宮智昭: 円筒浮体列の流体力学的相互干渉効果の解析と浮体橋梁の応答解析への応用, 平成 12 年度関西支部年次学術講演概要, 土木学関西支部, I-104