

浮体構造物の波浪強制力実験

高村 浩彰*
Hiroaki Takamura

畠田 彰秀*
Akihide Tada

1. はじめに

浮遊式の海洋構造物は、陸上構造物とは異なる環境外力（流れ、波浪等）が作用するため、複雑な応答特性を有している。このため、流れや波浪による浮体構造物の応答特性を正確に把握することは、設計を行う上で極めて重要なことである。

本実験では、波浪中に固定された浮体構造物に作用する流体力（波強制力）の基本特性を明らかにするために、矩形構造物を対象とした鉛直断面内の2次元実験を実施した。ここで計測された浮体に作用する波強制力は、波浪による浮体の動揺を検討する際の外力条件となる。さらに、2次元任意形状の浮体構造物を対象としたHybrid型境界要素法による流体力解析プログラムを開発すると共に、その妥当性を検証するため計算結果と実験結果との比較を行ったので報告する。

2. 理論解析の概要

基礎式の定式化に際し、次のような基本仮定を設けた。

- ①流体は、速度ポテンシャルが保証される完全流体とする。
- ②自由表面は微小波高を仮定し、圧力の高次項も無視する。
- ③流体は周期運動するものとし、定常状態とする。

上記のような仮定を満足する流体領域を、仮想境界面を設定することによって内部領域と外部領域とに分割した。ついで、前者には境界要素法を、後者には流体の放射条件等を満足する固有関数を用いると共に、仮想境界面で両者を接続するHybrid型境界要素法¹⁾により解析を行った。

*技術研究所海洋技術課

3. 実験の概要

西松建設技術研究所所有の2次元水路（長さ×幅×高さ＝65m×1m×1.5m）において規則波を入射し実験を行った。特に、固定した浮体模型に作用する波強制力と浮体底面での変動圧力を計測し、波周期および浮体吃水の変化による特性の違いを検討した。図-1に実験の概念図を、写真-1に実験状況を、表-1に実験条件を示す。

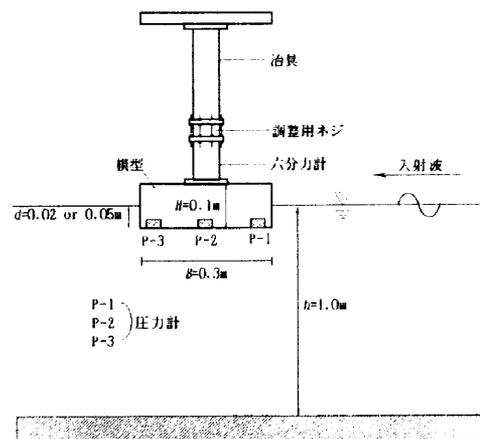


図-1 実験概念図

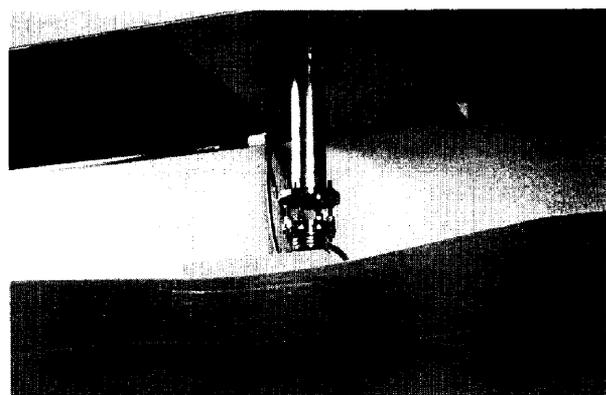


写真-1 実験状況（周期0.87s 波振幅0.015m）

表-1 実験状況

		想定実機	模型 (1/10)
浮体幅	B	3.0 m	0.3 m
浮体長	l	6.75 m	0.675 m
浮体全高	H	1.0 m	0.1 m
浮体吃水	d	0.2 or 0.5 m	0.02 or 0.05 m
水深	h	10 m	1.0 m
入射波振幅	a	0.15 m	0.015 m
入射波周期		2.5~7.0 s (0.5 s 毎)	0.79~2.21 s (0.16 s 毎)
波浪条件		規則波	

4. 結果および考察

図-2に左右揺波強制力を、図-3に上下揺波強制力を示す。両図は、横軸に波周期を表す無次元波数 kl を、縦軸に無次元化した波強制力を採用して整理したものである。ただし、 k は浅海波数、 ρ は流体密度(N/m)、 g は重力加速度(m/s²)である。図中の実線および破線は、それぞれ $B/d=15$ (吃水0.02m)および $B/d=6$ (吃水0.05m)の計算結果を示している。さらに、○は $B/d=15$ 、△は $B/d=6$ の実験結果である。

図-2から、無次元波数が増加する(周期が短くなる)につれ、左右揺強制力も大きくなり、 $B/d=6$ では無次元波数 kl が1.3付近から値が収束していることが判る。また、吃水が変化しても無次元波強制力の値がほぼ同一であることから、吃水が大きい程左右揺波強制力が大きく作用することも確認される。

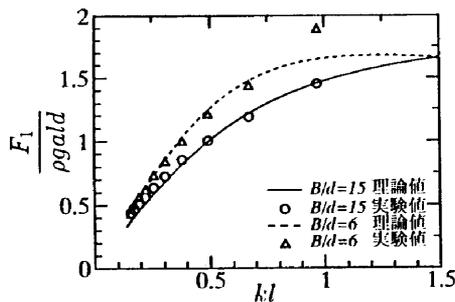


図-2 左右揺波強制力

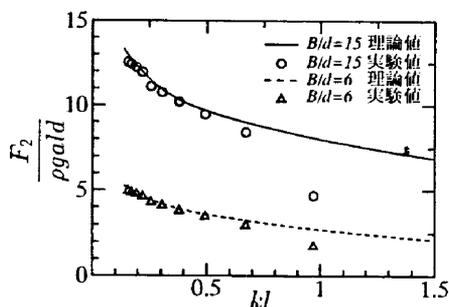


図-3 上下揺波強制力

一方、図-3の結果からは、無次元波数の増加とともに上下揺波強制力が小さくなる傾向が読み取れる。さらに、 $B/d=15$ の無次元波強制力の値は、 $B/d=6$ の場合の約2.5倍の値になっていることが確認される。したがって、ここで用いた矩形浮体に作用する上下揺波強制力は吃水に関係なくほとんど変化しないものと判断される。なお、無次元波数が大きくなるほど(短周期側ほど)実験値と理論値との差が顕著になる傾向が両図より認められる。これは、粘性を伴う非線形現象の影響によるものと考えられる。

浮体底面に設置された圧力計(P-1,P-2,P-3、図-1参照)で測定した変動圧力の無次元値と無次元波数との関係を図-4に示す。ただし、 a は波振幅であり、 $B/d=15$ (吃水0.02m)の結果のみを示した。P-1での圧力とP-3での圧力の差は、無次元波数が増加するほど大きくなっている。同様なことは計算結果の比較からも確認される。これは、浮体に入射する波が短周期になるほど、浮体前面から背面に伝播する波の比率(透過率)が小さくなることに対応している。

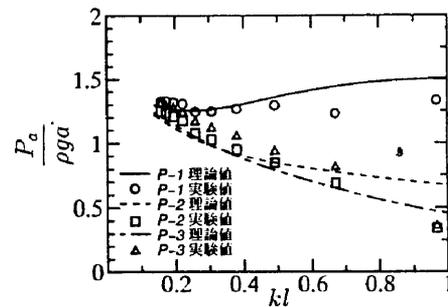


図-4 変動圧力 ($B/d=15$)

以上の結果から、計算結果と実験結果は良好な一致を示しており、今回開発した解析プログラムの妥当性が検証された。したがって、浮体の幅、吃水、設置水深等の設計条件が変更されても、浮体に作用する鉛直断面2次元の波強制力については予測が可能となった。

5. おわりに

本報告では、矩形浮体に作用する波強制力だけを取り上げた。しかし、浮体構造物の波浪応答特性を検討する場合、浮体構造物が動揺することにより生じる力(ラディエーション流体力)も波強制力と重なって浮体構造物に作用している。ここで開発した解析プログラムは、ラディエーション流体力をも計算することができるため、2次元的な浮体構造物の波浪による動揺特性を予測する際に有用となる。

最後に、実験模型を提供して頂いたゼニヤ海洋サービス(株)ならびに、実験の写真を撮って頂いたスタジオサベージの春山氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) R. W. Yueng: A hybrid integral-equation method for time-harmonic free-surface flow, pp581-607. 1st Int. Conference on Numerical Ship Hydrodynamics. David Taylor Naval Ship Res. Devel. Cent., 1975