

審査の結果の要旨

氏名 二瓶 泰範

係留された海洋構造物やダイナミックポジショニングシステムにより位置保持されている海洋プラットフォームはその系の固有周期の運動を行う。また不規則波中では二次の波力が強制力として作用するため、これが系の固有周期と同調すると大振幅の長周期運動を引き起こす。長周期運動は係留浮体の支配的な運動となることから多数の研究が行われてきた。特に強制力である変動波漂流力についての研究実績は多い。

また系の減衰運動に大きな影響を与える波漂流減衰力に関する研究も浮体の運動を準定常とした仮定に基づき多くの研究が成されてきた。微速運動の場合、水平方向運動における造波減衰係数は非常に小さく無視できるが、波浪中では減衰力が大幅に増加する。このことは1979年 Wichers らによって自由減衰実験で、静水中と波浪中とを比べることにより最初に発見された。この力は後に波漂流減衰力(Wave-Drift Damping)と呼ばれるようになり、実験、理論の両面から多くの研究が成されてきた。

波漂流減衰力が生じる物理的説明として、波浪中を微速前進すれば入射波に対して出会波周期に差が生じるとともに前進速度と波浪場の干渉が生じ、これにより波漂流力に差が生じるためであると言える。これまでの波漂流減衰力の研究は主に準定常の仮定により定常一様流れ場と規則波との相互作用によるものである。しかし、実際には長周期動揺は周期運動であり、加速度をもって運動を行っている。したがって、準定常の取り扱いだけでは不十分であると考えられる。2002年、石橋らは円柱または円柱列模型を使って波漂流付加質量測定実験を行い、波漂流付加質量の波振幅依存性や波周波数との関係、喫水影響等を詳細に調べた。その結果、波漂流付加質量は波振幅の自乗に比例することが分かった。また波周波数依存性については円柱と円柱列とは大きく異なることが分かった。

一方、波漂流付加質量の計算法は未だ確立していない。波漂流付加質量の計算としては、数値計算法による谷澤らの二次元計算がある。また吉田らは波漂流付加質量の理論計算の一番簡単な例として着底円柱における準解析的計算を行っている。波漂流付加質量は波漂流問題の中でも一番高次オーダーの計算であるので、精度の保証が非常に難しい。しかし、変動波漂流力のスペクトルは低周波数域で急峻に変化するので、浮体固有周期のわずかな違いにより同調変位に大きな差をもたらすことが予想される。付加質量の高精度の推定は重要な意味を持つ。特に近年、海洋開発が進むにつれ、大水深域での船上作業等が行われるようになり、これを位置保持するための技術であるダイナミックポジショニングシステムの精度向上のためには一層の研究が望まれる。そこで波漂流付加質量の推定を一般任意形状に拡張することが望まれる。

このような背景のもと、本研究は微速非定常運動する任意形状浮体の非線形波浪流体力に関する研究を行っている。特に高次の流体力である波漂流付加質量に関する研究である。波漂流付加質量や波漂流減衰力は入射波と長周期運動による非定常流場の干渉問題であり、流体力はポテンシャル理論に基づき二つの微小パラメータを用いて摂動展開している。一つの微小量は波傾斜 ε であり、もう一つは浮体の長周期動揺角周波数 σ である。摂動展開されたポテンシャルと同様に流体力も摂動展開し、各オーダーのポテンシャルを用いて、 $O(\varepsilon^2\sigma^2)$ の波漂流付加質量、 $O(\varepsilon^2\sigma)$ の波漂流減衰力を陽に定式化し、計算を行っている。この時、求めるべきポテンシャルには永年項が存在するが、新たな演算子を導入することにより永年項を処理している。任意形状に対応した数値計算をするにあたり波浪流場を二つに分割したハイブリッド法を用いている。高次問題における自由表面条件の取り扱いにおいて、多くの重要な知見を得ている。さらに多くの計算例により波漂流付加質量の一般的な特性を初めて示している。本論文で示された方法は波浪場において長周期運動物体が並存する場合の浮体に働く波浪流体力の問題を扱っており波浪中の操縦性の研究に糸口をつける意味で船舶工学にも大いに応用できる方法である。

これらの研究結果は工学に、特に海洋工学、船舶工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。