

## 審査の結果の要旨

氏名 吉田 基樹

船舶海洋工学の最重要課題の一つである係留された船舶や海洋構造物の長周期動揺運動は、緩やかに変動する、波振幅に対して2次の流体力により励起され、それが係留系の固有周期と共振した場合大振幅水平運動が誘起されるので、係留系の設計にはこの2次流体力を正確に推定する必要がある。

2次流体力のうち波漂流減衰係数に対しては、理論面では波漂流減衰係数を定常波漂流力の漂流速度に対する速度零での微分係数として解釈し、実験面でも規則波中の遅い定常漂流速度に対する付加抵抗として定常波漂流力から測定するという、いずれも準定常法的手法が用いられていた。しかしながら、実際の長周期動揺運動は変位と共に速度、加速度が周期変動する振動運動であり、従来の準定常法では速度比例項の波漂流減衰係数は取扱えても加速度比例項である波漂流付加質量は導出できず、これを取扱える理論及び実験が必要となっていた。

そこで、本論文では、準定常法ではなく動的な手法にもとづいた理論と実験法を用いて波漂流付加質量に関する検討を行った。

まず、理論面では、ポテンシャル流れの仮定にもとづいた Newman の摂動法を拡張し、直接に入射規則波と浮体低周波数運動との非線形相互作用をシミュレートするため2つの時間スケール及び2つの微小パラメータを使った摂動法による理論計算法を開発した。即ち、浮体の低周波数運動に追従して動く移動座標系を導入し、速度ポテンシャルを波振幅のオーダーと長周期運動振動数のオーダー毎に調和時間依存性を考え合せて摂動展開し、それぞれのポテンシャルの境界値問題を設定した上でそれらを解き、その結果、波漂流付加質量の定式化を初めて達成した。考えるべきポテンシャルとして、オーダーを(波振幅, 長周期運動振動数)の次数で表すことにして、「基本的ポテンシャル」の(1,0)次オーダー線形ポテンシャル及び(0,1)次オーダー攪乱ポテンシャルに加え、「従来準定常法で既に解けているポテンシャル」の(1,1)次及び(2,0)次オーダー・ポテンシャル、並びに、「本論文で解かなければならない高次オーダー・ポテンシャル」の(1,2)次及び(2,1)次オーダー・ポテンシャルを挙げた上で「高次オーダー・ポテンシャル」をまず従来法の拡張によって解くことを試み、主に自由表面上積分における積分の発散という課題が生じる事を示した。従来法の拡張ではこれを解決することは不可能であり、本論文では、ポテンシャル境界値問題が Green の公式による積分方程式に帰着されることの原点にもどり、積分方程式の唯一解の存在条件としてのポテンシャル無限遠境界条件を論じ、新たに各高次オーダー・ポテンシャルに対する無限遠境界条件を得ると共に各高次オーダー・ポテンシャル解を定式化した。同時に、高次オーダー・ポテンシャル毎の自由表面条件非斉次項並びに無限遠におけるポテン

シャル挙動を提示した。この結果、加速度に比例する物理量である波漂流付加質量を高次オーダー・ポテンシャルの含まれた完全な形として定式化した上その具体的計算結果も示し、従来は不可能であったその理論計算を可能とした。但し、本論文における波漂流付加質量の理論計算は、海底に接した鉛直円柱の低周波数前後揺れ運動ディフラクション問題における前後揺れ方向流体力という最も簡単な場合に対しての例である。しかしながら、この簡単な例を実機又は実験条件に適合したディフラクション及びラディエーション問題或いは他の水平低周波数運動も含めた浮遊円柱又は円柱列問題に一般化することは、計算は複雑にはなるが、原理上の困難さはない。

次に、実験面では、幾何学的相似則と Froude 相似則とを前提とし、浮遊円柱又は円柱列模型を用い、更に振り子式強制動揺実験装置を工夫すること並びに自由減衰実験を併用することにより、波漂流付加質量を系統的かつ広範囲に精度よく計測した。その工夫内容は、柔かいばねを通して線形応答を許しかつ 1 次波強制力を吸収しつつ模型をゆっくり強制動揺させ、強制動揺振動数を振り子システム固有振動数より若干高めに設定することで小さな 2 次オーダー量を精密に取出せるようにした点である。実験結果は、(1,1)次オーダー・ポテンシャルまでを含んだ理論計算結果と全体的傾向としてかなり良く一致した。強制動揺実験結果と自由減衰実験結果とは、非常に良く一致した。次に、浮遊円柱列模型の実験結果より波漂流付加質量は波数に対して hump and hollow (山と谷) を持った依存性を示すことが認められた。この依存性は、円柱間の干渉による効果であるが、本論文による理論計算によっておおよそ説明できた。更に、波漂流付加質量の実験値は入射波振幅の 2 乗にほぼ比例することが分った。また、波漂流付加質量の値には浮体の喫水の影響が認められなかった。これより波漂流付加質量は自由表面近傍で決定される物理現象であると結論できる。

本論文の結果より、特に複数コラム間の波干渉を誘起するセミ・サブ型海洋構造物の場合、波漂流付加質量の浮体長周期運動振幅への影響が 6 % 程度 (波高/波長比=1/26~1/22) から波が急峻な時には 30 % 程度 (波高/波長比=1/13~1/11) にもなることが試算される。従って、実際の海洋構造物に対する波漂流付加質量は、波高/波長比が 1/20 程度の海洋において最早無視できない物理量であると言える。

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。