

矩形浮体の波浪による動揺に関する研究

金沢大学工学部 学生員○土屋 樹 三井造船(株) 正会員 高梨 清一
 金沢大学工学部 正会員 石田 啓 金沢大学工学部 学 生 加藤 靖広
 金沢大学工学部 学 生 山下 壘

1. 緒 言 将来、海上空間の有効利用がより一層重要な課題となるが、現在そのひとつとして、数個のセグメントに分けた浮体を連結する形式の海上ヘリポートの建設構想がある。その構想の実現化に向けて、本報では、形状の簡単な矩形浮体を対象とし、波浪による動揺量および波力の計算に関する基礎的研究を行う。

2. 理論解析 解析対象とする流体は非粘性、非圧縮性とし、流体運動および流体場において動揺する浮体の運動振幅は微小とする。このとき、速度ポテンシャル Φ が存在し、場の流体運動はこれによって記述できる。したがって、浮体構造物まわりの流体運動を決定することは、この Φ を求める問題に帰着する。

一般に構造物まわりの速度ポテンシャルが解析的に求められる例は、円柱や球体などの特別な形状の場合に限定されるが、今後、沿岸海洋構造物は、多種多様な形状のものが出現すると考えられ、任意形状の浮体構造物を対象とした場合には、速度ポテンシャルの数値解析法が必要となる。このような数値解析法には、大まかに、流体領域そのものを分割して各分割領域の速度ポテンシャルを未知数とする解析法と、流体領域の境界面を分割して境界面上の速度ポテンシャルあるいはその法線微分値を未知数とし、その解析結果から流体領域内の速度ポテンシャルなどを算定する解析法とに分けられる。前者には、有限要素法や領域分割法などがあり、後者には境界積分法や特異点分布法などが挙げられる。さらに、後者の解析法において、ポテンシャル流体場のグリーン関数を適用するグリーン関数法は、例えば、渦点や湧き出しの強度といった間接的な物理量を考慮する特異点分布法に比べ、計算効率がよいとされている¹⁾。そこで、本報では、浮体構造物まわりの速度ポテンシャルの数値解析法として、いわゆる級数形と積分形と呼ばれる二つの表現形によるグリーン関数法¹⁾を取り上げ、その解析法の計算精度を検証するため、矩形浮体を対象とし、厳密解が得られる領域分割法に属するポテンシャル選点法²⁾による計算結果との比較を行なう。

図1に示すように、静水面上に座標原点0をとり、鉛直上方を z 軸、波の進行方向を x 軸、横方向を y 軸とする。一定水深 $h=40.0\text{cm}$ の海上に浮いている幅 $B=47.0\text{cm}$ 、長さ $l=47.0\text{cm}$ 、高さ $D=20.0\text{cm}$ 、喫水深 $d=4.2\text{cm}$ および重心高 $z_g=5.8\text{cm}$ の矩形浮体に対し、角振動数 ω の微小振幅波が x 軸の正方向から入射するものとする。

用いるグリーン関数は、級数形および積分形ともに、水底条件、自由表面条件および放射条件を満足し、ラプラスの方程式の特異解であるので、これらのグリーン関数と未知速度ポテンシャルを、グリーンの公式に代入することによって、未知量である入射散乱波のポテンシャルおよび浮体の動揺によって発生する波のポテンシャルの値が得られる。

一方、ポテンシャル選点法では、図1に示されるように、流体域を(1)、(2)および(3)の3つの領域に分割する。各領域における時間項 $e^{-i\omega t}$ を省略した形の速度ポテンシャル ϕ_j ($j=1\sim 3$)は、参考文献³⁾に示されているものを用いた。この速度ポテンシャルに含まれる未知係数を、分割された境界面上に取った計算用の選点において、連続条件が成り立つように決定し、速度ポテンシャルを算出した。

3. 解析結果および考察 図2は、縦軸に z 方向の応答変位複素振幅の実数部の絶対値を入射波高 H_i で無次元化した値をとり、横軸に浮体幅 B を入射波長 λ で無次元化した値をとることにより、浮体の z 方向、すなわち、鉛直方向の動揺量を表している。図中、実線はポテンシャル選点法による計算結果を、点線はグリーン関数法による計算結果を示す。図3は、縦軸に z 方向の波力を無次元化した値をとり、横軸に図2と同じ B/λ をとることにより、浮体への z 方向の波力を表している。図中の実線および点線は、図2と同じ計算方法による計算結果を示す。図2および図3より、グリーン関数法とポテンシャル接続法による浮体構造物

の鉛直方向に関する諸量の計算結果は、ほぼ一致しているといえる。

4. 結 語 本報において、矩形浮体に対する波浪による動揺量および波力の算定を目的とした解析法について、基礎的な研究を行い、ほぼ妥当な結果を得た。今後、より広範囲な浮体構造物の有効利用に向けて、複数の浮体を連結させた場合などの運動解析法への応用を試みる予定である。なお、積分形のグリーン関数の誘導に関し、貴重な助言を賜った清水哲志氏（清水建設（株））に厚く謝意を表する。

<参考文献>

- 1) 清水哲志他：グリーン関数法による任意形状浮体の動揺解析，土木学会論文報告集，No. 332，pp. 55～65，1983年4月
- 2) 例えば，吉田明徳他：波動境界値問題におけるポテンシャル接続法の選点解法，土木学会論文集，No. 417/II-13，1990年5月
- 3) 伊藤善行，千葉繁：浮防波堤の水理に関する近似理論と応用，港研技報，Vol. 71，No. 2，pp. 137～166，1972

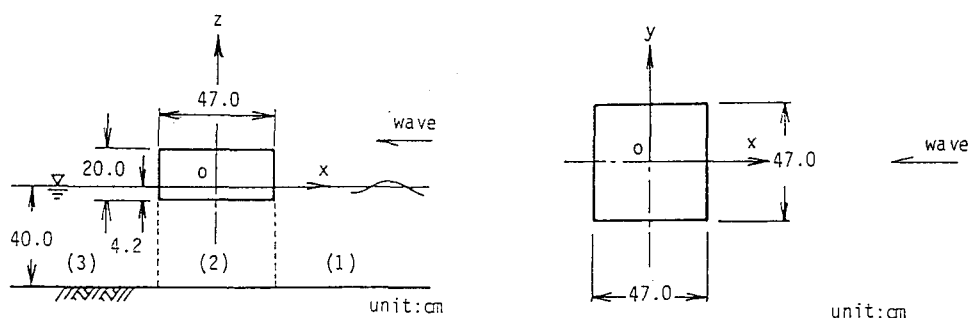


図1 座標系

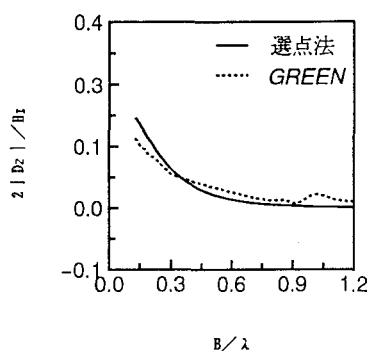


図2 鉛直方向の応答変位

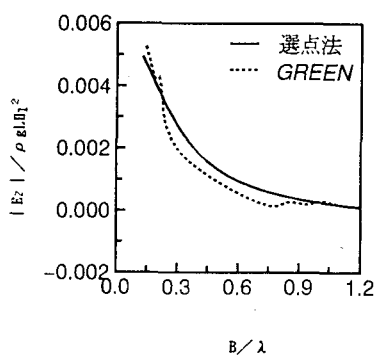


図3 鉛直方向の波力