

II-348 グリーン公式を用いた没水形構造物を過ぎる波の解析

北海道大学大学院 学生員 折橋 恒春

北海道大学工学部 正 員 浜中建一郎

1. まえがき

任意の断面形状をした没水形構造物を過ぎる波の解析法として古くからグリーンの公式を離散化した代数方程式を解く方法が用いられてきた。そのとき構造物前後の仮想境界上では、進行波としての入射波、反射波、通過波の関数形を与え、他の境界上のポテンシャルと反射波、通過波の振幅を未知数とする代数方程式を構成するために、前後の仮想境界上に各々1点ずつ代表点を選ぶ必要があった。しかしながら、その際、構造物から仮想境界までの距離、代表点の位置、さらには境界上分割数等を適当に決めるためには、試行錯誤を繰り返し、最終的には実験値との比較により解析結果の妥当性を確かめる方法がとられてきた。これまでこの解析方法を用いた結果は、主に反射率、通過率、構造物に働く力だけが論じられ、解そのものの妥当性についてはあまり検討がなされていないようである。このことから、本研究では、仮想境界と代表点の位置の決定に関する困難性を解消するために、減衰定在波を考慮した解析法を提案すると同時に、得られた解の妥当性を、境界上の値の再現性、領域内外の流速場の連携性から検討することを目的とする。

2. グリーンの公式

断面2次元の波動場内におかれた構造物周りの流れを考える。流れをポテンシャル流れとし、速度ポテンシャルを ϕ 、ラプラス方程式の主要解を G とするとグリーンの公式は、

$$\phi(x, y) = \frac{1}{C} \int_D \left\{ \phi(\xi, \eta) \frac{\partial G}{\partial \nu} - G \frac{\partial \phi(\xi, \eta)}{\partial \nu} \right\} dS \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし $G = \log r$, $r = \sqrt{(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2}$ で (ξ, η) は境界上の点で積分は境界 D の上で行う。又、 (x, y) 点が領域内にあるときは $C = 2\pi$ 、境界上にあるときは $C = \pi$ で、 ν は境界上で領域内から外へ向かう法線を表す。

(1)式に対する境界条件は、固定壁上で $\partial\phi/\partial\nu=0$ 、入射波、反射波、通過波だけのものと考え、水深方向には波動解による関数形を与える。さらに、右辺の積分を離散化し、左辺の (x, y) 点を境界上の点と考えることにより、固定壁及び自由水面上の ϕ 達と、反射波、通過波の振幅を未知数とする代数方程式が得られる。左辺の (x, y) 点を未知数の数だけ移動して必要な数だけ方程式を得、解くことができる。

3. 減衰定在波

図1は計算領域及び構造物の概念図である。(1)式を離散化して解くには、水深や構造物の大きさや位置等の物理的条件の他に、構造物から仮想境界までの距離 l や、分割数、仮想境界上での代表点等の計算条件を定めなければならないが、これらの計算条件を適当に定めるには試行錯誤による。この中で特に仮想境界までの距離 l は、構造物近傍の減衰定在波の影響の及ばない様、十分離さなければならないが、総分割数を少なくするには近い方が望ましい。そのため本研究では、仮想境界上で入射波及び通過波だけではなく、減衰定在波の存在を仮定し、与え

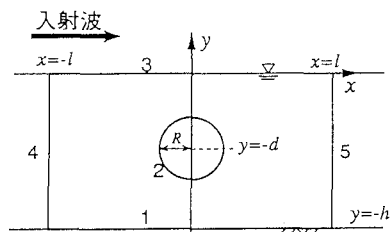


図1 概念図

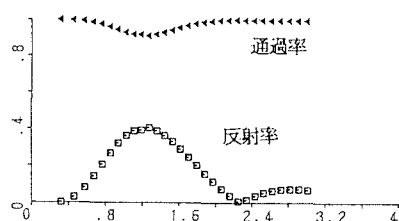


図2 水平板に対する反射率、通過率

るモード数だけその振幅としての未知数を増やし、同時に仮想境界上の代表点を増やし(1)式を解くことを提案する(この方法をM2とし、従来の方法をM1とする)。

4. 結果及び考察

図2は、楕円の短軸を長軸の0.05として水平板を近似した場合の反射率と通過率をM2の方法で求めたもので、ポテンシャル選点法で求めたものと一致し、この方法の妥当性を示している。次にこれまでの研究では、境界上のポテンシャルの再現性や計算領域内部の値についての報告がないため、以下それらについて調べてみる。以下円柱構造物の場合の例である。図3には、M1による境界4(上)と5(下)上のポテンシャルの与えた関数形(太線)と得られた解からの推定値(細線)を示す。横軸は水深で、左端が水面、右端が水底である。これによると、水面、水底を除いてほぼ一致しているが、代表点(左から1/5)から離れるに従って差が生じている。図4は、同じ条件でM2の場合である。水中部分の差はなくなっているが、水面、水底での差は大きくなっている。次に、図5は領域内の両仮想境界間のポテンシャルを水深を変えて示したものでM1による。両仮想境界上の値と領域内部の値は滑らかにつながっていない。図6は、同じ条件でのM2によるもので、あまり改善は見られない。これらの問題は主要解の特異性が離散化した方法のなかであまり正確には表現できないことに起因するものと考えられるが、今後さらに調べる必要があると考えられる。

《参考文献》

折橋, 浜中; 没水型水平構造物をよぎる波
北海道支部論文集, 1993

UrSELL, F.; Surface wave on deep water
in the presence of a submerged circular
cylinder 1, Proc. Camb. Phil. Soc., 1950

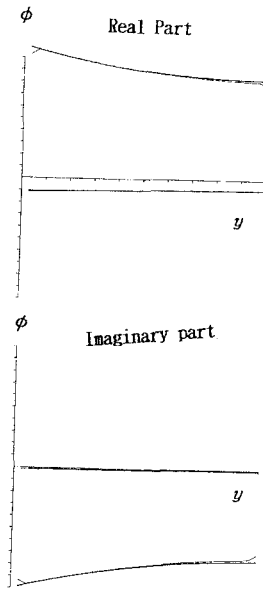


図3 仮想境界

上のポテンシャル (M1)

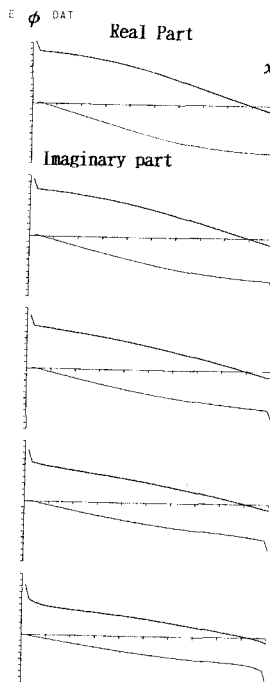


図5 領域内部の
ポテンシャル (M1)

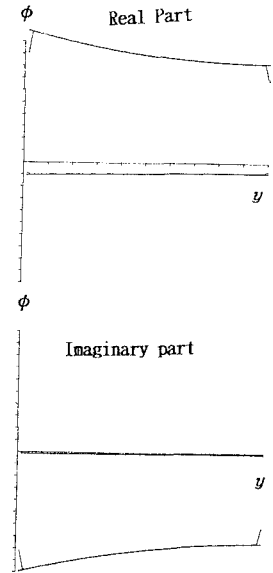


図4 仮想境界

上のポテンシャル (M2)

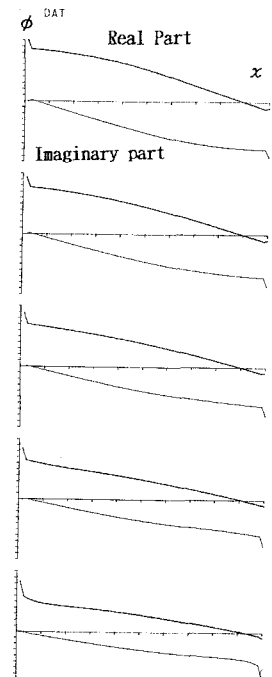


図6 領域内部の
ポテンシャル (M2)