

II - 341

群円柱防波堤周辺波動場への境界要素法の適用性

東京都立大学工学部 正会員 新谷 哲也
 東京都立大学工学部 正会員 安川 浩
 東京都立大学工学部 正会員 宇井 正和

1. はじめに

現在までに多重円柱防波堤に関する様々な研究が行われてきており、優れた数値解析法も提案されている^{1), 2), 3)}。本研究では1円柱列及び千鳥配列の2円柱列を対象に重み付き残差法を用いた直接境界要素法の適用性を実験結果（反射率・透過率）との比較により検討する。

2. 解析方法

解析方法にポテンシャル流れを仮定した重み付き残差法を定式化に使用した直接境界要素法を用いた。構造物は一定水深 h の中に設置され、入射波は微小振幅波とする。また、無限に続く柱体列による波の散乱の問題であるので、構造物の空間的な配列の周期性を考慮してその中の1つの繰り返しの単位（図-1）のみについて計算を行う¹⁾。

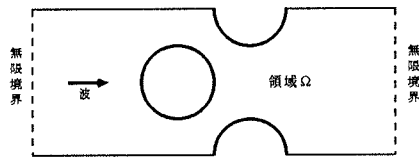


図-1

回折散乱波の速度ポテンシャルを未知関数とする線形境界値問題とし、基礎方程式は回折散乱波の速度ポテンシャルの平面分布関数 Φ^* に関する2次元 Helmholtz 方程式に帰着される。

$$\Delta \Phi^* + k^2 \Phi^* = 0 \quad \dots (1)$$

ここで、 k は波数である。

重み付き残差の定式化のための重み関数 Φ^* に Helmholtz 方程式の主要解である次式を使用する。

$$\Phi^* = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(kr) \quad \dots (2)$$

ここで、 $H_0^{(1)}$ は第1種 Hankel 関数、 i は虚数単位である。

r は次式で与えられる。 $r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}$, (x, y) , (ξ, η) は領域内の点

円柱表面と仮定の側壁を固体境界として上で述べた重み関数を使って重み付き残差法の理論により次式のように定式化が可能である²⁾。

$$\int_{\Omega} (\Delta \Phi^* + k^2 \Phi^*) \cdot \Phi^* d\Omega = \int_{\Gamma_c} \left(\frac{\partial \Phi^*}{\partial n} + \frac{\partial \Phi^i}{\partial n} \right) \cdot \Phi^* d\Gamma + \int_{\Gamma_{\infty}} \left(\frac{\partial \Phi^*}{\partial n} - ik\Phi^* \right) \cdot \Phi^* d\Gamma \quad \dots (3)$$

ここで、 Ω : 対象領域、 Γ_c : 固体境界、 Γ_{∞} : 無限境界、 Φ^i : 入射波ポテンシャル

n : 構造物表面における単位外向き法線ベクトル

(3)式を2回部分積分し、主要解の性質を利用すると境界だけに於ける方程式が得られ、その方程式を離散化して回折散乱波ポテンシャルの近似解を求めた。

3. 実験方法

長さ25m、幅50cm、深さ80cmの2次元造波水槽に深さ40cmまで水を入れ、水槽のほぼ中央に直径6cmの塩化ビニールパイプを用いた群円柱防波堤模型を設置し、波の周期（ $t=2$ 秒、1.4秒、1）及び振幅を変化させて実験を行った。模型の両側に2本ずつ設置した水位計の実験データはアンサンブル平均をとってノイズの除去をした後、入射波・反射波分離法を用いて反射率・透過率を求めた。また、実験データの波の位相を求

めるにあたってゼロアップクロス法を用いた。

実験は大きく分けて以下の3種類について行った。

① 1円柱列の実験 幅50cmの水槽内に水槽壁が鏡像境界となるように等間隔に配置し円柱間隔 $2b$ を変化させて行った。

② 千鳥配列の2円柱列の実験 ①の1円柱列に対して2列目が千鳥になるように配置する。2列目の設置位置は図-2に示す $2c$ （1列目と2列目の円柱の隙間の長さ）を2.5mm, 5.0mm, 10.0mm, 15.0mm, 30.0mm, 50.0mmと変化させて行った。

③ ②の防波堤模型を2組使用した実験 ②の防波堤模型を2組使用しそれらの設置間隔を変化させて行った。

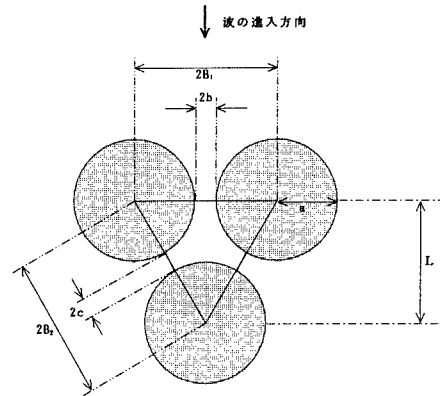


図-2

4. 実験結果と解析結果の考察

図-3は、千鳥配列の2円柱列の L/λ （ λ ：波長）による反射率・透過率の変化を表した一例である。同一の L/λ に対応する点のばらつきは使用した波高の差異に起因し、波高が大きくなるほど計算値からずれる。実験において、反射率・透過率は列間距離 L が円柱の直径と一致する $L/\lambda = 0.016$ より L/λ が小さくなると急激に変化しており、それ以上離れると緩やかに変化していることがわかる。

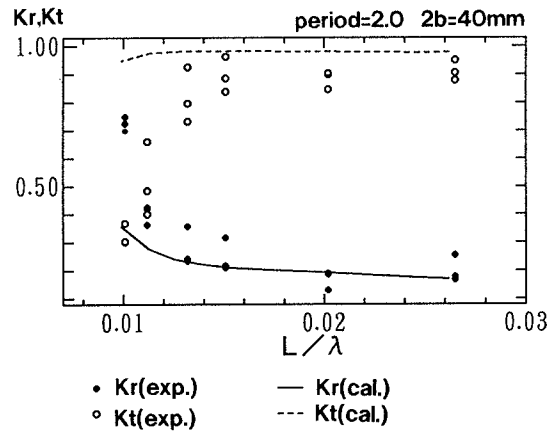


図-3

5. まとめ

実験結果と解析結果を比較した結果、 L/λ の小さいところを除いては適用性が確認できた。今後は、さらに構成単位である円柱に働く波力に関する同様な方法による検討を行ってみたい。

謝辞

本研究は、前田建設（株）土木設計本部計画推進部による委託研究の一部であり、温かくご支援下さった星野晃次部長、大村秀雄次長、三輪俊彦主任、上田康浩の諸氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 吉田明德、飯田典生：任意断面の柱体列による波の散乱と波力の解析法 第33回海講論文集
- 2) M. C. Au and C. A. Brebbia: Diffraction of water waves for Vertical cylinders using boundary elements Appl. Math. Modelling, 1983, Vol7, April
- 3) 角野昇八、小田一紀：任意断面柱体列による波の反射率及び透過率の境界値問題解析 土木学会論文集、第369号／Ⅱ-5、pp. 213-222, 1986.