

任意配置された円柱群による波の反射特性

九州大学大学院 学生会員 北野 和徳
九州大学総理工 正員 経塚 雄策

1. はじめに

近年、豊かで快適な沿岸域の創造のために種々の新しいタイプの海域制御用構造物が考案されている。その中で、波浪制御については水質や生態系の環境保全という観点から、海水の交換を妨げないで、かつ消波性能が優れたものが求められているが、小規模構造物を多数配置することによっても上記の目的を達し得ると考えられる。直線配置された無限構造物群については解析的な扱いが可能でこれまでにいくつかの報告^{1), 2)}がなされているが、本研究では任意配置された円柱の問題をいわゆるマトリックス法によって解くと共に、いくつかの目的関数を設定したときの最適配置について検討した結果について報告するが、任意形状構造物についても容易に拡張可能である。

2. 円柱群による波の散乱問題の解法

円柱群に入射波が当たると各円柱から散乱波が出て、その結果、各円柱間で相互干渉波のやり取りが行われる。この現象は、円柱の近傍で各相互干渉波を平面入射波で近似することにより、図1のような系に置き換えることができる。円柱*i*から来た相互干渉波の、円柱*j*の中心での成分 B_{ji} は、次のように表される。

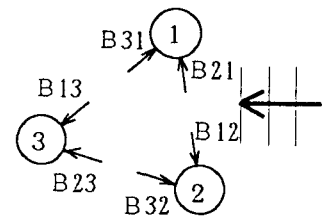


図1 円柱間の相互干渉波

$$B_{ji} = \sum_{k=0}^n B_{ki} \cdot F_{kji} \cdot (1 - \delta_{ki}) \quad \dots (1)$$

ここで、 n = 円柱の個数

B_{0i} = 入射波の、円柱*i*の中心に於ける成分

F_{kji} = k から来た波が円柱*i*に当たり*j*の方向に反射する時の、振幅と位相の変化を表す関数

δ_{ki} = クロネッカーの δ 関数

B_{ji} は複素数であり、物理的には(振幅)×(位相遅れ)という意味を持っている。円柱が n 本の場合、 $n(n-1)$ 通りの各 B_{ji} は、(1)式と同様の式で表現される。従って、未知数 B_{ji} の値は $n(n-1)$ 元連立一次方程式を解くことによって得られる。

3. 最適配置問題

次の3つの問題について5個の円柱の最適配置を調べた。

問題 (1)前方に最も多く入射波を反射する配置を求める。目的関数 J は無遠前方に於ける反射波ポテンシャルの漸近展開の絶対値。

(2)後方の特定領域を静穏にする配置を求める。目的関数 J は5つの代表点での水面変位の絶対値の総和。

(3)後方の特定領域の波高を大きくする配置を求める。目的関数は(2)と同じ。

円柱の個数が多ければ多いほど効果が上がるだろうという予想の下に、最適位置を数値計算によって決めながら個数を順次増やしていった。その時、問題の対称性のため、配置は前方から見て左右対称とした。円柱の半径は1.0とし、入射波の波長が3.0, 4.0, 5.0, 6.0の4通りについて、最適配置を調べた。

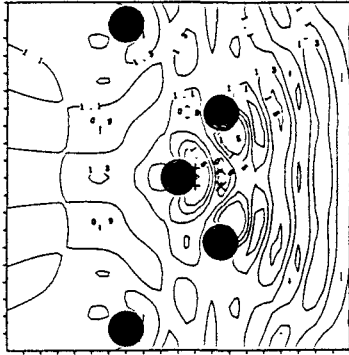


図2 波高分布図(絶対値)
入射波を前方に多く返す配置
(波長=5.0)

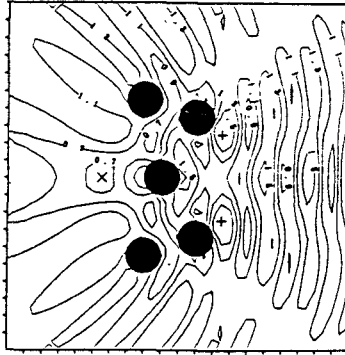


図3 波高分布図(絶対値)
後方に静穏域を作る配置
(波長=5.0)

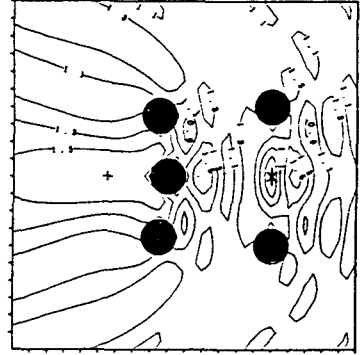


図4 波高分布図(絶対値)
後方に波高の大きい領域を作る配置
(波長=5.0)

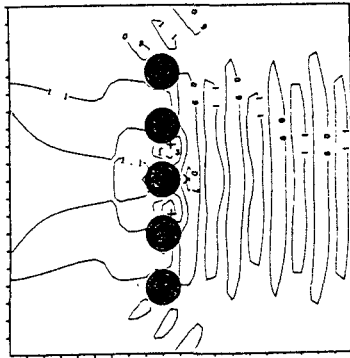


図5 波高分布図(絶対値)
横一列配置
(波長=5.0)

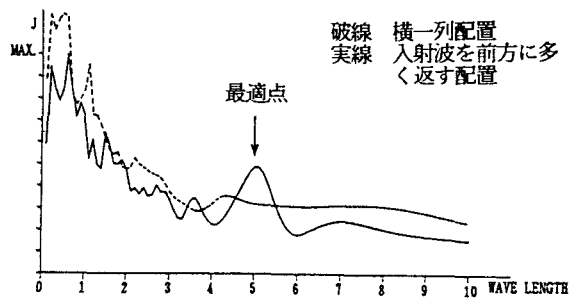


図6 波長の変化による性能の変化(波長=5.0)

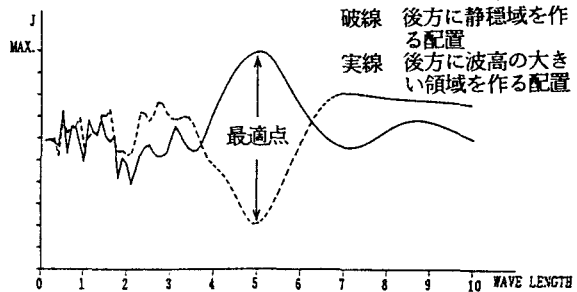


図7 波長の変化による性能の変化(波長=5.0)

4. まとめ

図2～4に、波長が5.0の時の各問題の最適配置と波高分布図が示されている。比較のため、横一列配置が図5に示されている。上述の方法に従って最適配置を調べた結果、問題(1)については、波長が3.0の時に密なM型であったが、波長が長くなるにつれて図2のような疎な横一列配置に近づくことが判った。問題(2)に対しては図3のように入射波に向かってM型、そして問題(3)に対しては図4のようなW型の配置が良いということが判った。特定の波長に対して得られた各最適配置が、他の波長でどのような性能を発揮するか調べた結果が図6と図7である。この図から、各最適配置が全ての波長で有効だとは限らないという事が判る。この問題は自由度の多い逆問題であり、今のところ解析的に解くことはできないが、3.で述べた数値的な方法によって、さらに円柱の個数を増やした場合も解くことが可能である。

参考文献

- (1) 吉田明徳、飯田典生(1986):第33回海岸工学講演会論文集、pp.521-525.
- (2) 清川哲志、ヴァンサン・モティカ(1990):清水建設研究報告、第52号
- (3) Kagemoto, H. and Yue, D. K. P. (1986), J. F. M., Vol. 166, pp. 180-209.