

菱形断面角柱列の波の透過率と反射率

大阪市立大学工学部 正 員 角野昇八

大阪市立大学工学部 学生員 ○仲田義弘

1. まえがき 柱体列による波の透過率と反射率の問題については、従来、円柱列や角柱列、平板列に関するものがいくつかみられるものの、菱形断面角柱列については中村¹⁾によるものがみられるにすぎない。本研究では、この問題に著者らの最近の成果²⁾を導入した手法の適用の結果を示す。

2. 理論 柱体列周辺の波動は、列通過の際に受ける慣性抵抗とスリット部で発生する渦の剝離に伴う粘性抵抗によって決定されるとし、これを漸近展開接合法で解析するのが著者らの手法である。このうち、慣性抵抗は内部解に含まれるblockage coefficient (以下、閉塞係数)の実部によって表現し、粘性抵抗はスリット通過速度の関数として表した非線形エネルギー損失を線形化し、閉塞係数の虚部に導入することによって表している。このようにして得られる解のうち、慣性抵抗項はポテンシャル論的回折理論に基づいた解と同じものとなる。

本理論中の閉塞係数の実部は、柱体の断面形と配置間隔(開口率)のみが与えられれば純理論的に決定することができ、円柱列、角柱列、平板列についてはその解析解が既に示されている。しかしこれら以外の断面形状については解が得られていない現状にある。また、閉塞係数の虚部の算定に必要な非線形損失係数は、本理論において唯一実験的に決定する必要がある係数であるが、これについても上記3断面以外の形状についてはその値は得られていない。本研究では、このうち前者は境界積分法を適用することによって数値的に求め、また後者については、閉塞係数の実部を代入した本理論値と中村による実験値を比較してbest fittingの方法によって求めた。

1) 閉塞係数の実部の算定 閉塞係数の実部は、既に発表³⁾の境界積分法による方法によって正方形断面の菱形断面を対象として数値的に求めた。この手法の適用にあたっては、柱体列の沖側、岸側に対してそれぞれ $6B$ (B は隣接柱体間隔の $1/2$)の長さとして列方向に B の幅の領域をとり、境界周辺長を計208分割した。計算では、閉塞物より沖側、岸側にそれぞれ $3B$ 離れた地点で流れは一樣となっていることを確認している。図-1に、得られた閉塞係数の実部の値を B で無次元化した C_r/B の値を開口率 a/B (a は開口幅の $1/2$)の関数としてほかの柱体列に対する値とともに示した。菱形柱体列の閉塞係数の実部は、正方形断面柱体列や円柱列のものよりかなり小さく、円柱列と平板列のほぼ中間の値をとることがわかる。したがって、菱形角柱列の慣性抵抗も角柱列や円柱列のものよりかなり小さく、円柱列と平板列の中間に位置することになる。

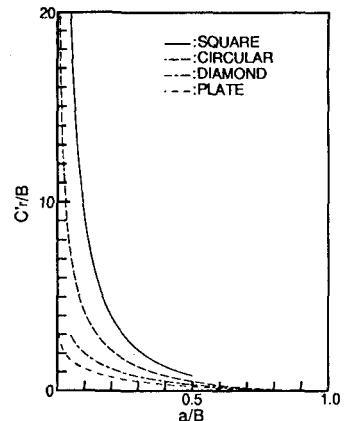


図-1 各種断面の C_r/B の比較

2) 損失係数の評価 図-2(a)-(c)は、中村¹⁾の透過率 γ_T と反射率 γ_R の実験値に対して、損失係数の値を $f=0.75$ から 1.50 まで変化させた場合の本理論における計算値と比較したものである。このうち、 $f=0.75$ は円柱列に対して、また $f=1.50$ は角柱列に対して、著者らの研究において既に適当とされた値である。これらの図によれば、 f 値による傾向の変化は僅かであり、また多少のパラツキもみられるものの、 $f=1.00$ が

損失係数としてほぼ妥当な値を与えるようである。特に透過率に対して、このことはより明確に現れている。すなわち、菱形柱体列では、閉塞係数の実部は角柱列や円柱列のものよりかなり小さい値となるものの、損失係数の値は角柱列と円柱列の中間の円柱列のものに近い値をとり、スリット部でかなりのエネルギー損失を期待することができる断面と結論づけることができる。

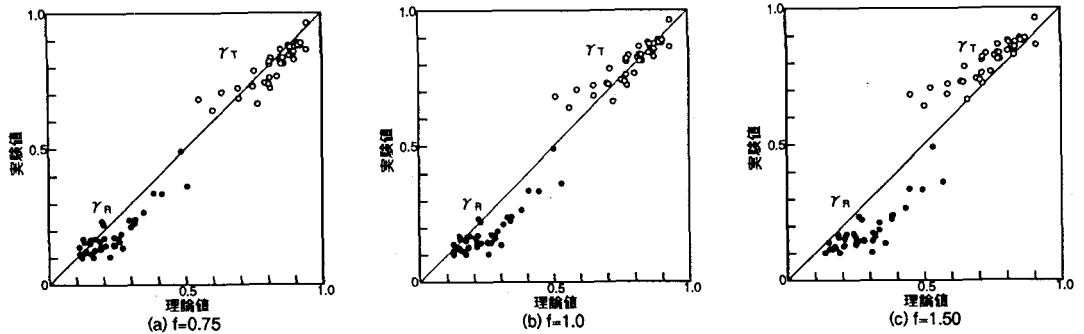


図-2 菱形柱体列の損失係数の決定

3. 計算結果 以上の、境界積分法から求められた閉塞係数の実部の値および $f=0.0 \sim 1.50$ の値に基づく閉塞係数の虚部の値より算定される透過率と反射率の値の実験値との比較の1例を示したものが図-3である。ここに計算値は、最近の成果²⁾に基づいて第3次の振動項までを含んでいる。図中、 $f=0.0$ とした曲線はポテンシャル理論による値に相当し、中村・小野⁴⁾の理論による値にも一致する。図によれば、図-2に対応して透過率については全般に $f=1.00$ の値を用いた理論値は実験値をほぼ説明できているといえよう。ただし、反射率については、中村¹⁾も指摘するように $f=0.0$ のポテンシャル理論値の方がむしろ実験値によく合致しているようにみえるが、反射率について理論と実験にこのようなズレが生ずる理由については明かでない。図-4は、それぞれ同じ水平射影面をもつ円柱列と正方形断面角柱列、菱形角柱列（すなわち、円の直径 d と正方形一辺長、菱形対角線長がそれぞれ等しい）の透過率と反射率の計算曲線の比較の1例である。菱形角柱列の透過率と反射率は円柱列のものに近く、また角柱列に比べて透過率は大きく、反射率は小さくなることが示されている。すなわち、菱形角柱列では、閉塞係数が小さいことに対応して透過率と反射率に寄与する慣性項の影響は小さいものの、損失項の影響が大きく、結果としてそれらの値は円柱列のものに近くなるものと理解される。

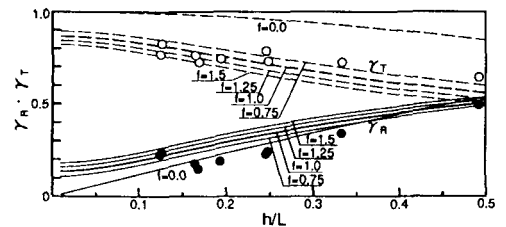


図-3 実験値との比較
($a/B=0.20, d=10\text{cm}, H/h=0.10$)

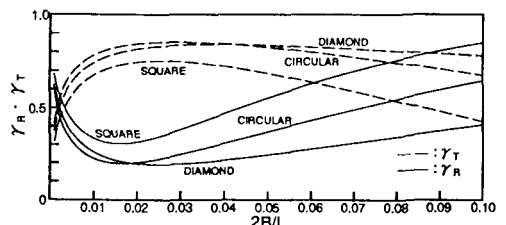


図-4 各種柱体列の透過率と反射率の比較
($a/B=0.2, d=10\text{cm}, H/L=0.01$)

謝辞：愛媛大学の中村助教授には貴重な実験データを提供していただいた。ここに記して深甚の謝意を表する。

参考文献 1) 中村孝幸(1990)：柱体列まわりの渦流れと作用波力に関する研究、海岸工学論文集、第37巻、pp.664-668 (実験データも提供していただいた)。2) Kakuno, S. and P. L.-F. Liu. (1991). Scattering of Water Waves by Vertical Cylinders. (Submitted). 3) 角野、小田、阿部(1984)：境界要素法による任意断面柱体列のBlockage Coef.の算定、昭和59年度土木学会関西支部年講演概要、pp. II-97-1-II-97-2。4) 中村孝幸・小野正順(1988)：規則配列された沖合消波堤まわりの波浪共振の特性とその解析法、第35回海岸工学講演会論文集、pp.527-531。