

II-312 柱体列による波変形と作用波力の算定法について

愛媛大学工学部 正員 中村 孝幸
 三柱ブロック(株) 小野塚 孝
 (株)酒井鉄工所 安田 健一郎

1. まえがき: 柱体列まわりの波変形および作用波力は、縦スリット式構造物などの水理学的特性を検討する目的から、従来各種の方法に基づき検討されてきている。ここでは、波変形に及ぼす柱体の断面形状の効果が直接的に考慮でき、しかも作用波力の解析との整合性もある波浪ポテンシャル理論に基づく解析法の柱体列への適用性について明らかにするものである。この際、解析法の適用性が劣る場合には、その原因についても柱体まわりの流況の実態を把握して検討した。

2. 実験装置及び実験方法: (1) 模型堤体; 実験に用いた柱体は、一辺7cmの正方形断面のアルミ製角柱で、この対角線が波向きに一致するように配置したひし形柱体である。柱体列は、このひし形柱体を図-1に示すように水路幅全体に複数本規則配列したもので、開口率 ϵ としては、9%と29%の2種類を採用した。(2) 実験方法; 実験には、幅1.0m、高さ1.25m、長さ28mの2次元造波水槽を用いた。そして、柱体列による透過波、反射波および列中央に位置する柱体の水平波力を測定した(図-1参照)。なお、 $\epsilon=29\%$ の柱体列については、開口部の中央で水面下15cmの位置で水平流速も測定し、波力の分離解析に用いた。また、このような測定と同時に柱体列まわりの流況もトレーサ法により可視化してビデオカメラにより撮影した。柱体列の設置水深 h は、50cmと一定にし、作用せしめた波条件は、周期 $T=0.8\sim 2.0\text{sec}$ の範囲の6種類および入射波高 $H=4\text{cm}$ と 7.5cm の2種類($\epsilon=9\%$ の場合 $H=7.5\text{cm}$ のみ)を採用した。

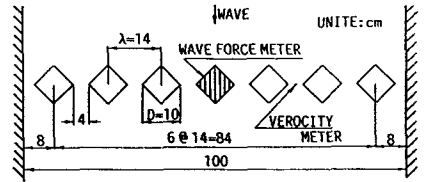


図-1 ひし形柱体列の概略図($\epsilon=29\%$)

3. 解析法の概略: ここで用いた解析法は、波浪ポテンシャル理論に基づく解析法の1つで、既に著者らの中の1人が明らかにしているGreen関数法¹⁾によるものである。この解析法は、用いるGreen関数の中に柱体の無限配列の効果が考慮されており、列中における1柱体の断面曲線上のわき出し強さのみを未知数として柱体列まわりの波浪ポテンシャル問題の解析が行える効率的なものである。

4. 柱体列まわりの波変形: 図-2および図-3は、各々開口率 $\epsilon=9\%$ と 29% の場合の反射率 C_R 、透過率 C_T の上記解析法による算定結果と実験結果との比較を λ/L (λ : 柱体の中心間距離、 L : 波長)による変化で表す。これらの図より、 $\epsilon=29\%$ と開口率の比較的大きな場合、 C_T についての一致度が多少劣るが、ほぼ上記の解析法により柱体列まわりの波変形が算定できるものと言えよう。一方、開口率が小さな場合の C_T の算定値は、実験値を大きく上回ることなどポテンシャル理論による予測は困難なものとなっている。このような算定結果と実測結果との差異は、開口部付近で現れる非ポテンシャル的な流体現象による波のエネルギー逸散に起因するものと考えられる。写真-1と写真-2は、柱体まわりにおける流況の代表例を各々 $\epsilon=9\%$ と 29% の場合について示す。これらの写真より、開口率の小さな場合には柱体列前後における水位差により開口部を通じての越流擾乱が生じることや、開口率の大きな場合には隅角部よりの流れの剥離に伴う後流渦の形成のあることが認められる。そして、開口部を通じての越流擾乱は、開口率が小さくしかも波形勾配の大きな条件で現れやすく、その場合のエネルギー逸散量は後流渦の形成の見

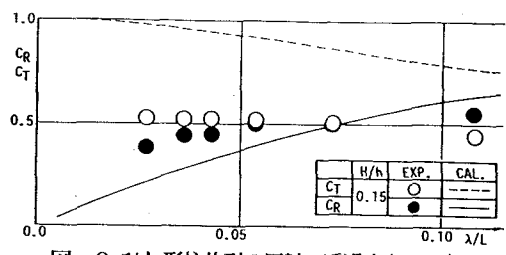


図-2 ひし形柱体列の反射・透過率($\epsilon=9\%$)

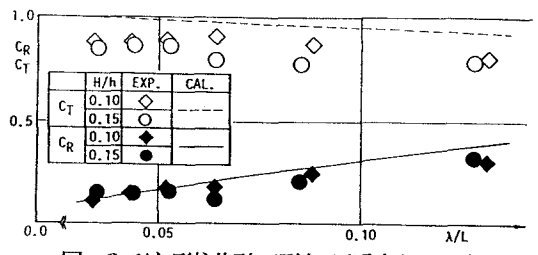


図-3 ひし形柱体列の反射・透過率($\epsilon=29\%$)

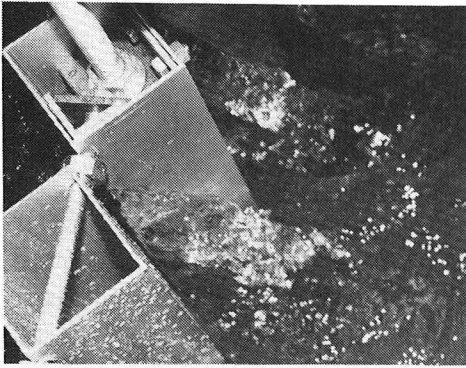


写真-1 開口部での越流 ($\epsilon=9\%$, $T=1.60\text{sec}$, $H=7.5\text{cm}$)

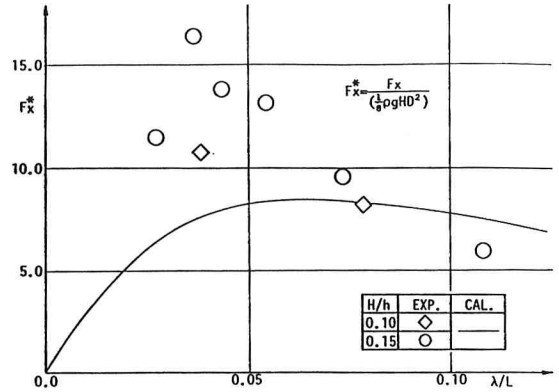


図-4 ひし形柱体に作用する水平波力 ($\epsilon=9\%$)

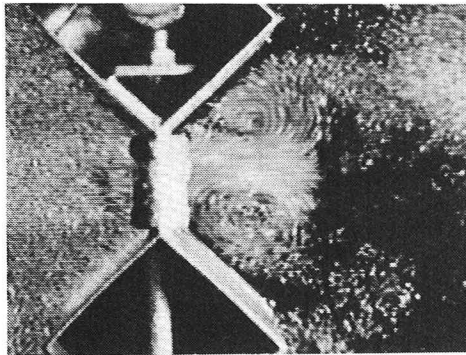


写真-2 開口部での剥離渦 ($\epsilon=29\%$, $T=2.05\text{sec}$, $H=5\text{cm}$)

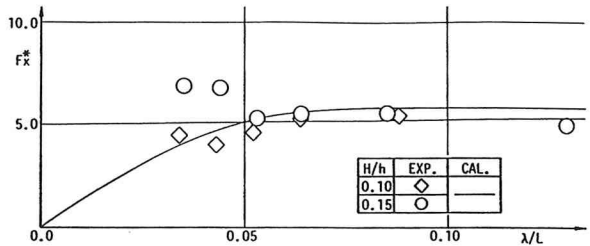


図-5 ひし形柱体に作用する水平波力 ($\epsilon=29\%$)

られる場合に比較して2倍程度の大きさになることなどが確認されており、付記しておく。

5. 柱体列に作用する波力：(1) 実験結果と算定結果との比較；図-4および図-5は、各々開口率 $\epsilon=9\%$ と29%の場合の柱体に作用する水平波力 F_x の上記解析法による算定結果と実験結果との比較を表す。これらの図より、開口率の大きな場合、 F_x は、 λ/L の小さな長周期波側を除けば、ほぼポテンシャル理論により予測できることがわかる。

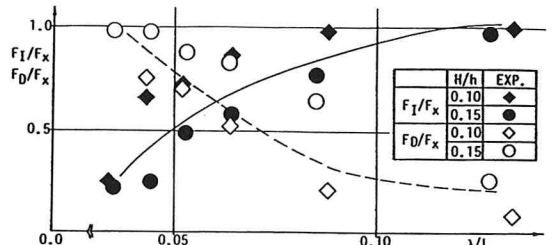


図-6 水平波力に占める抗力と慣性力の割合 ($\epsilon=29\%$)

しかしながら、開口率が小さくなると F_x の実験値は、 λ/L の大きな短周期波側を除けば、ほぼ2倍程度と大幅に算定結果を上回るようになる。このような差異は、上述したような柱体まわりの流体现象の発生に起因するものと考えられる。そして、開口率の小さな場合、特に柱体列の前後面の水位差により生じる波力成分を精確に算定することが必要になるものと言えよう。(2) 波力の分離解析；ここでは、Morison式を適用してFourier平均法により実測水平波力を抗力と慣性力に分離解析してみた。この際、解析の対象にした水平波力は、開口部での水平流速を測定した $\epsilon=29\%$ のものに限定した。図-6は、この解析結果を示すもので水平波力 F_x に占める抗力 F_0 および慣性力 F_I の割合を表す。この図より、開口部における水平流速と同位相の関係にある抗力 F_0 は、 λ/L の小さな長周期波側で、またポテンシャル的な波力成分である慣性力 F_I はそれの小さな短周期波側で卓越することなどがわかる。そして、図-5の λ/L の小さな条件下での F_x の算定値と実験値との差異は、このように抗力の卓越することが原因と言え、直接的には写真-2に示すような渦の発生に起因するものである。

6. 結語；ひし形柱体列まわりの波変形および作用波力は、開口率が30%程度と比較的大きな場合、ほぼ波浪ポテンシャル理論に基づく解析法により概略的には算定できる。しかしながら、開口率が小さくなると開口部よりの越流現象が生じるようになるため、上記の解析法による算定では十分でない。

<参考文献> 中村他：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回海論文集、pp.527~531、1988。