

多重柱体列の消波効果とエネルギー逸散特性に関する研究

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

1. まえがき：多重式の柱体列は、単列式のものに比較するとより効果的な波浪の制御が可能となることから、各種の研究が行われてきている。ここでは、従来においてあまり知られていない波浪ポテンシャル理論に基づく解析法の多重式柱体列への適用性を検討すると共にこのような解析法では考慮できない波のエネルギー逸散についても主に柱体列前後の列間距離に着目して実験的に明らかにする。

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、この断面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。そして、実験は、これらの柱体列を単列に配置した場合および図-1に示すように千鳥で3重に配置した場合の両者に対して行った。なお、3重配置の場合、図中に示す柱体列前後の列間距離Bは、作用波の周期および柱体列の開口率によっても異なるが、12~64cmの範囲内で波長との比を考慮して各種に変化せしめた。(2) 実験

方法；単列配置の場合、各開口率の柱体列による透過波、反射波を作用波の周期と波高を変化させて測定した。採用した波条件は、周期Tが0.8~2.0secの範囲の6種類、入射波高Hが5, 7.5, 15cmの3種類である。そして、3重配置の場合、上記の単列配置とした場合の中から代表的に選んだ3種類の周期(T=1, 1.2, 1.6sec)の波の各々に対して列間距離Bを変化せしめ、透過波、反射波を測定した。なお、これらの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で撮影した。柱体列の設置水深hは、両形式の堤体列共に50cmと一定にした。

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、柱体列で周期的に現れる1ユニットの柱体部分のみを取り扱って単列配置および多重配置された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. 単列配置された柱体列の消波特性：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 ：隣接する柱体の中心間距離、 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 についての一貫性が多少劣るが、ほぼ上記の解析法により柱体列まわ

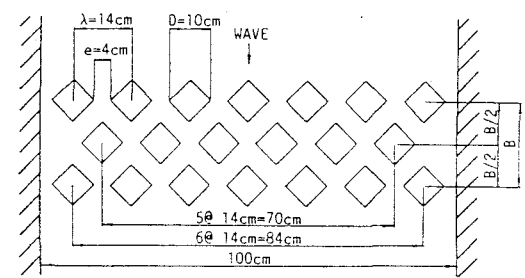


図-1 3重配置されたひし形柱体列の概略図($\epsilon=0.29$)

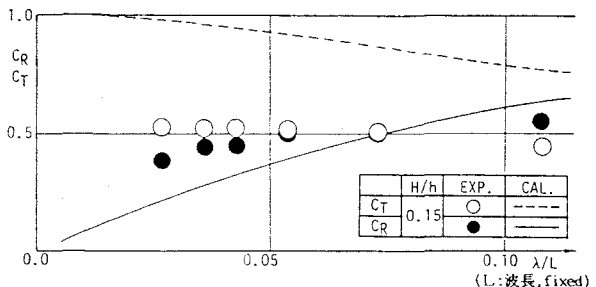


図-2 単列配置されたひし形柱体列の C_R 、 C_T の列間距離による変化($\epsilon=0.09$)

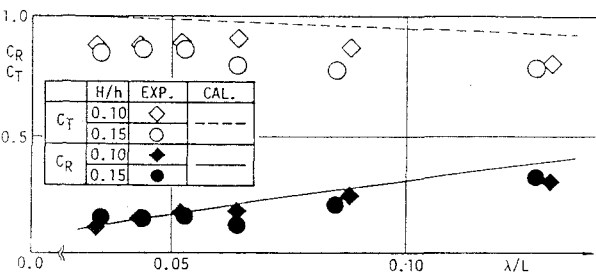


図-3 単列配置されたひし形柱体列の C_R 、 C_T の列間距離による変化($\epsilon=0.29$)

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_r 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。事実、流況の観測結果によると、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見られることを確認している。そして、図-2, 3のポテンシャル理論による算定結果と実験結果との比較からも推察されるように、越流擾乱によるエネルギー逸散量は後流渦の形成によるそれに比較してより大きなものとなっている。

5. 多重配置された柱体列の消波特性：図-4および図-5は、各々開口率 ϵ を9%と29%とした場合の3重柱体列の C_R , C_T の算定結果と実験結果との比較を B/L による変化で表す。なお、これらの図で、作用波の周期 T は固定されており($T=1\text{sec}$)、列間距離 B による C_R , C_T の変動が検討できるようになっている。また比較のため、図中には単列配置とした場合の C_R , C_T の実験結果についても併せ示してある。これらの図から、3重柱体列の C_R , C_T の算定結果と実験結果とは、単列配置とした場合と同様に、開口率の小さな場合に一致度がわるく、この傾向は列間距離 B の比較的大きな条件下での C_T で顕著になっている。そして、 $\epsilon=9\%$ の場合の C_T の実験値は、 B が大きくなると減少し、ほぼ単列配置とした場合の1/2程度以下になることも認められる。しかしながら、 $\epsilon=29\%$ と開口率が大きくなると、 C_T の実験値は、 B によりほとんど変化せず、定量的にも単列配置のそれとほぼ等しいなど多重配置とした効果がほとんど見られないものになっている。このような検討から、多重配置された柱体列の消波効果を高めるためには、柱体列の開口率を比較的小さくしてしかも列間距離をある程度大きくすることが必要になるものと言えよう。このことは、 $\epsilon=9\%$ の場合のエネルギー逸散率 E_L の B による変化を示す図-6において、 E_L が $B/L=0.3$ 付近で最大となることから理解できよう。なお、このように E_L が B により変化する理由は、3重柱体列の場合、上記した越流擾乱の逸散現象が列間距離 B が小さくなると最前列と最後列のみで生じるようになるなど列間距離により出現状況が変化することによるものである。

6. 結語：多重配置された柱体列では、開口部における越流擾乱による逸散現象を消波のために有効に活用できるように開口率を比較的小さくすると共に列間距離をある程度大きくすることが望ましい。そして、柱体列の開口率が比較的大きな場合および列間距離が十分小さな場合に限り、単列配置および多重配置された柱体列まわりの波変形は、波浪ポテンシャル理論に基づく解析法により概略的に算定できる。

<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回海講演集、pp.527-531、1988。

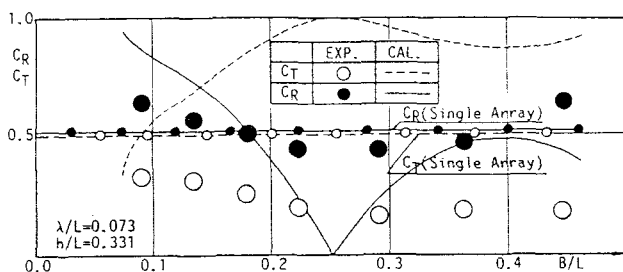


図-4 3重配置されたひし形柱体列の C_R , C_T の列間距離による変化($\epsilon=0.09$)

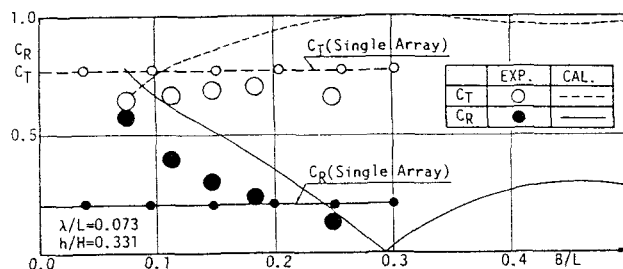


図-5 3重配置されたひし形柱体列の C_R , C_T の列間距離による変化($\epsilon=0.29$)

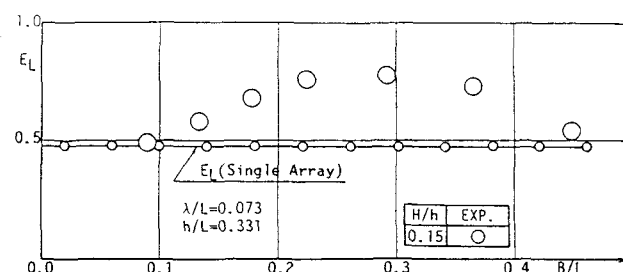


図-6 3重配置されたひし形柱体列の E_L の列間距離による変化($\epsilon=0.09$)