

愛媛大学工学部 正員 中村孝幸
近畿電気工事株 正員 小笠原重夫

1. まえがき: 従来ブロック堤まわりの波変形の解析は、構成部材の形状および配置等を直接的には考慮することなく均質化された透水層にモデル化すると共に透水層内における層流・乱流抵抗によるエネルギー消散を重視して行われてきている。本研究は、従来の解析法と比較して波のエネルギー消散は評価できないが、部材の形状や配置等を考慮して波変形の解析が行える波浪ポテンシャル問題の解析法による透過・反射率の算定を行い、その適用性を模型実験結果との比較の上で明らかにしたものである。この際、算定において問題となる静水面上に位置する部材の波変形に及ぼす効果の実際的な取り扱い法について究明すると共に従来全く考慮されていない水面付近に位置する部材と波面との衝突現象に伴うエネルギー消散の実態についても実験的に検討してみた。なお、本研究では解析および実験の容易さから、鉛直面内における2次元波浪問題に限定している。

2. 実験装置および実験方法: (1) 模型堤体: 用いた模型ブロック堤の断面図を図-1, 2に示す。構成部材としては、直径7.5 cmの塩ビパイプより成る水平円柱を用い、これを図中に見られるように千鳥配置に規則的に配列した。図-1の堤体の空隙率は0.46で実際場のブロック堤のそれに近い値となっている。そして図-2の模型堤体は、図-1のそれに比し、水面付近より上方にある部材のみを取り除き、矩形堤体で置換したもので、その底板が常に水面下にあることから、図-1の堤体の場合に見られるような水面付近にある部材と波面との衝突現象があらわれない構造になっている。

(2) 実験方法: 実験は、幅1 m、高さ1.25 m、長さ28 mの2次元造波水槽を用いて行った。水槽内には、その幅を2分するように隔壁板を設け、一方の水路にのみ上記(1)の模型堤体を設置し、他方の水路で入射波が測定できるようにした。透過率 C_T は、堤体より岸側に3 m離れた地点で測定した透過波高を入射波高で除して求めた。また反射率 C_R は、堤体の沖側に設置した2台の波高計により合成波を測定し、これらを調和解析した後に入射波の分離法を用いて反射波高を求め、これを入射波高で除して決定した。上記の模型堤体に作用せしめた波は、周期 T が0.9~2.3 secの間の8種類および入射波高 H が7.5 cmと15 cmの2種類(砕波する場合を除く)である。また静水深 h は50 cmと一定にした。

3. 解析法: 本研究では、波浪ポテンシャル問題の解析法として、隣接円柱間の距離が小さな場合にも適用できると考えられる2次元波動場のグリーン関数を核関数とするわき出し分布法⁴⁾を用いた。実際計算に当り必要となる円柱の断面曲線の線素分への分割は、8~36角形による近似を用いた予備計算の後に、12角形近似が最適と判断され、これを採用した。また上記解析法は、微小振幅波理論に基づくものであることから、図-1の模型堤体例に見られるように静水面より上方に部材がある場合、これらの波変形に及ぼす効果を検討することは困難である。このため、水面上にある部材を近似的に解析に考慮する方法として、図-3にその概略を示す「平板置換モデル」を提案した。これは、水面上にある部材を水面位置に一致するようにして置かれた平板で近似するもので特に波動運動の鉛直成分を重視した近似と言えよう。

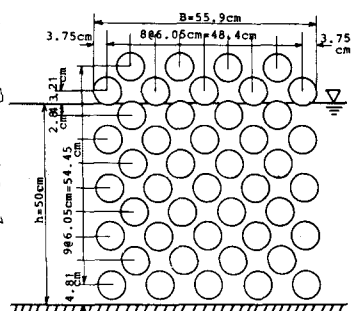


図-1 模型ブロック堤(円柱部材のみより成る場合; 総円柱数45)

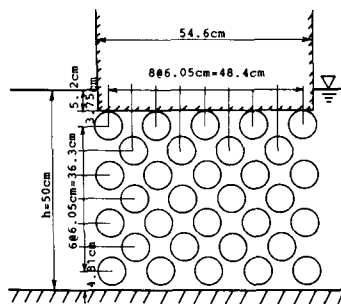


図-2 模型ブロック堤(円柱部材と矩形堤より成る場合; 総円柱数32)

4. 実験結果と算定結果との比較：上述した「平板置換モデル」を適用した場合としない場合の兩者について C_T , C_R の算定を行い、実験結果と比較してみた。これらの比較を B/L (B : 堤体幅, L : 波長) を横軸にとり、パラメーターとして H/h を採用して示すのが図-4, 5である。そして、図-4中の算定値が上記モデルを適用した場合、図-5中のそれが適用しない場合である。まず最初にこれら算定値間の比較を行ってみると、 C_T, C_R

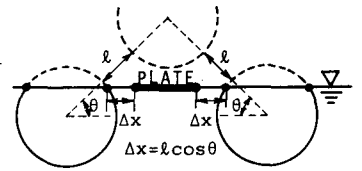


図-3 平板置換モデル

の算定値は平板置換モデルを適用するかしないかで大きな相違があり、その差異は特に $B/L \approx 0.3$ 付近で顕著になっている。そして図-5中に示す算定結果において、 $B/L \approx 0.3$ 付近で C_T, C_R の兩者が急変し、 $C_T=1, C_R=0$ になる理由は、堤内における波長の共振現象の出現によるものであり、図-4の算定結果の場合、平板置換モデルの適用によりこの共振の出現が抑制されたものと考えられる。次に C_T, C_R に関する実験結果との対応を検討してみると、 C_T については図-4に見られるように平板置換モデルを適用した算定結果と実験結果とはほぼ一致していることがわかる。一方、 C_R については、両算定結果共に実験値と十分な対応は見られない。そして、 C_T, C_R の実験結果には、図-5に見られるような波長共振の出現に伴う B/L による急変は見られず、実際現象としても水面上にある部材により波長共振の出現が抑制されているものと言えよう。したがって、ブロック堤のように水面上に部材がある場合、その効果を考慮した平板置換モデルによる算定の方が妥当なものと結論される。なおこの算定法による場合でも、図-4に示したように C_R については十分な予測値を与えることができなかったが、これは堤体内で生じる波のエネルギー一連散機構として i) 構成部材まわりの後流渦の発生等に起因するもの、ii) 水平付近に位置する部材と波面との衝突現象によるものの兩者について実験的に検討した。その結果、上記の ii) によるエネルギー一連散が無視できない大きさであることが確認された。この実証例を示すのが図-6であり、図中には図-2の堤体模型についての C_T, C_R の実験結果および比較のため図-4中に示した算定結果を再度付記した。図-6と図-4との比較から、水面付近の部材を矩形堤で置換した図-2の堤体の場合、図-1の堤体の場合に比して C_T は99%減少する程度であるが、 C_R については大きく増加しており水面付近にある部材と波面との衝突現象により反射波が大きく減勢されていることがわかる。

	H/h	EXP.	CAL.		H/h	EXP.	CAL.
C_T	0.15	●	—	C_R	0.15	○	---
	0.30	◆	—		0.30	◇	---

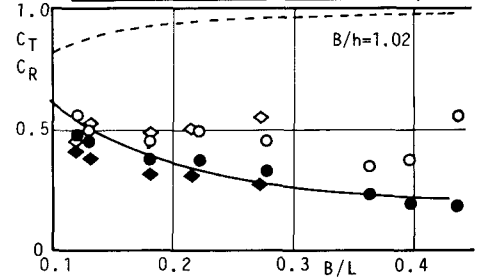


図-4 C_T, C_R の比較 (平板置換モデル適用)

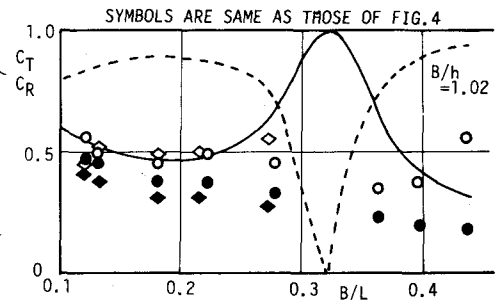


図-5 C_T, C_R の比較 (平板置換なし)

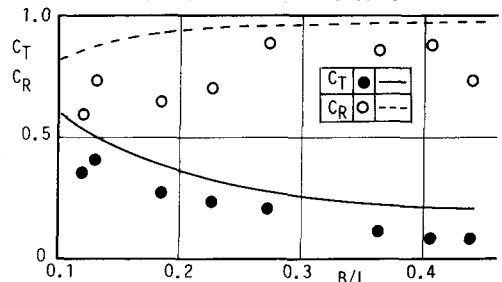


図-6 ブロック堤と矩形堤の C_T, C_R

5. 結論：以上の検討より、ブロック堤の透過率は平板置換モデルを適用した置き出し分布法を用いてほぼ予測できることや水面付近にある部材は波のエネルギー一連散を考える上で重要でそのエネルギー一連散は主として反射波に影響することなどが判明した。

参考文献：1) 中村孝幸, “湾内物体まわりの波浪境界値問題に関する解析法” 第30回海講演文集, PP. 410 ~ 414, 1983.