

カーテン防波堤に作用する波力の特性について

愛媛大学工学部 正会員 中村 孝幸
愛媛大学大学院 学生員 ○久保 達郎
(株)酒井鉄工 福島 隆史

1. まえがき：カーテン防波堤のまわりには、従来から指摘されているように流れのほく離に伴う大規模な渦の発生が見られる。本研究は、このような大規模渦の発生がカーテン防波堤に作用する波力、モーメント及び波圧分布にどのように影響しているのかをこれら流体力の実測結果とポテンシャル理論に基づく算定結果との比較の上で検討するものである。

2. 実験装置及び実験方法：実験は、高さ1.25m、幅1m、長さ28mの2次元波水槽を用いて行った。模型堤体には、高さ70cm、幅49cm、厚さ1.2cmのベニヤ板を使用し、図-1に示すように設置した。なお、堤体のさき水dは47.5cm、水深hは78cmと一定にした。作用せしめた波の周期Tは、1.27sec~2.35secの範囲の5種類、入射波高Hは、5、15cmの2種類を採用した。実験は、i) 波圧分布測定、ii) 波力、モーメント測定に分けて上述した波条件に対して行った。また、堤体下端部に形成される渦についてもレーザー法による可視化実験により観察を行った。なお波圧分布は、図-1に示すように差圧計3台(No.1~No.3)及び面圧計3台(No.4~No.6)の計6台を用いて行ない、これを堤体の前後面の各々について測定した。また波力及びモーメントの測定は、図-1中に示す各々水平力の測定用歪ゲージ(4枚で構成)とモーメントの測定用歪ゲージ(2枚で構成)を用いて行った。

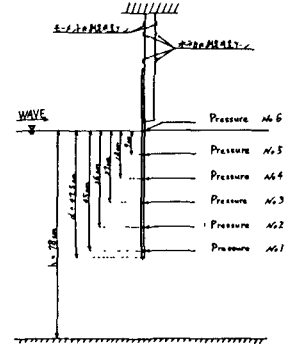


図-1 模型堤体及び波圧計設置位置

3. ポテンシャル理論による算定結果と実測結果の比較：本研究で用いたポテンシャル理論値は、著者らの中の一人が明らかとしている2次元波動場のフーリエ関数を核関数とするわき出し分布法によるものである。なお図中において、これらを実線で示してある。(1) 波圧分布について：図-2(a)より(c)は、堤体前面側(左図)及び後面側(右図)の波圧Pに関する算定結果と実測結果との比較を水表面から作用位置までの距離とさき水の比 z/d を縦軸にとり示すものである。図中においてPは、式(1)で定義される無次元量 P^* で表示してある。

$$P^* = P / (\rho g H / 2) \quad (1)$$

ここに ρ ：流体密度、 g ：重力加速度である。また図中における実測値は、堤体を押す方向と引く方向に作用する波圧をそれぞれ正值、負値で区別して表示してある。そして、図-2(a)より(c)は入射波高を固定して周期を大きくした場合の変化を、(b)より(c)は周期を固定して入射波高を大きくした場合の変化を表わしている。

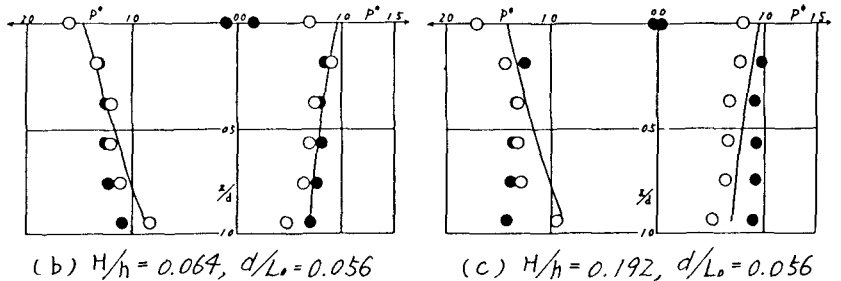
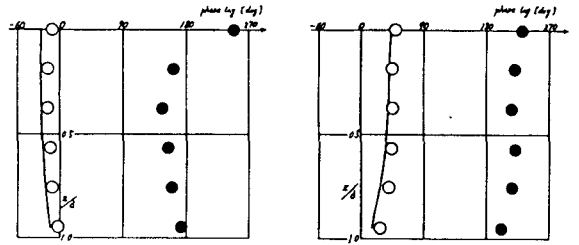


図-2 波圧の空間分布

周期の小さな場合、堤体前面側における実測値は、圧力勾配の急なポテンシャル理論値とほぼ一致しているのがわかる。しかしながら、周期が大きくなると（く）その実測値は、圧力勾配が比較的一様となる理論値の変動傾向と似てはいるものの堤体下端部付近において両者にわずかな差異が認められる。さらに入射波高を大きくした場合（く）には、その差異が顕著に現れているのがわかる。本研究では、波圧測定と



(a) 前面側

(b) 後面側

図-3 波圧の入射波に対する位相差 ($H/h=0.192$, $d/L=0.056$)

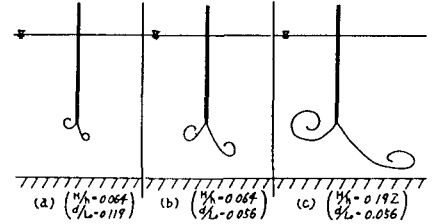


図-4 渦パターンの概略図

同時に堤体下端部に形成される渦の観測実験も行っている。これらの結果を示すのが図-4 (a) より (c) で、それらは各々図-2 (a) より (c) に対応した渦パターンの概略図を示している。これらの図から明らかなように、上述した差異はこれら堤体の真横に形成される反射波側の渦の成長に起因するものと考えられる。また、堤体の前後面において実測された波圧の負値が正值に比して卓越した大きさとなっていることも、こうした反射波側の渦の影響による

ものと考えられる。次に、堤体の前後面における波圧の正值及び負値の入射波に対する位相差を示すのが図-5 である。この図からわかるように前面側において正值の出現する位相は、理論値と同様に堤体の位置にかかわらずほぼ一定であるのがわかる。しかしながら負値のそれは、堤体の位置によってかなりの変動が認められる。こうしたことも明らかに反射波側の渦による影響が挙げられよう。

(2) 水平波力、モーメントについて：図-5は波高の大きな場合の堤体に作用する水平波力Fに関する算定結果と実測結果との比較を式(2)で定義される無次元量 F^* として横軸に d/L (L ：沖波波長)をとる示すものである。

$$F^* = F / (\rho g H B d / 2) \quad (2)$$

ここにBは堤体の幅である。また図中の正值、負値は波の進行方向及び逆方向に作用する波力の実測値である。実測値の周期による変動傾向は、理論値のそれと定性的にはほぼ一致しているのがわかる。しかしながら長周期波側になると、正值が理論値を上回るように出現しているのが認められる。また堤体に作用するモーメント（図-7）についても同様のことが言える。図-6は、図-5に対応した水平波力の正值、負値の入射波に対する位相差を示すものである。この図と図-3 (a) を見ると、波力の正值が出現する位相と波圧の正值が出現する位相がほぼ一致しているにもかかわらず、理論値における両者の位相には多少のずれが見られる。こうした位相のずれが、長周期波側の波力において上述したような現象を生むもの

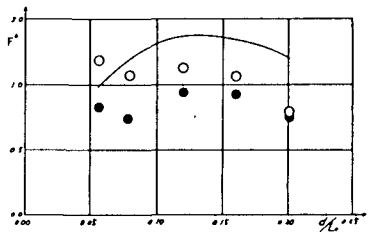


図-5 堤体に作用する水平波力 ($H/h=0.192$)

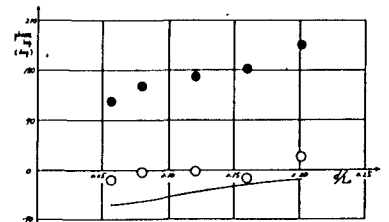


図-6 水平波力の入射波に対する位相差 ($H/h=0.192$)

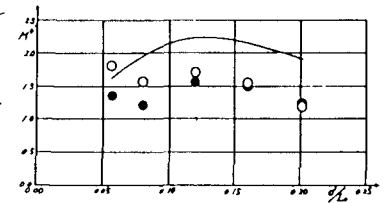


図-7 堤体に作用するモーメント ($H/h=0.192$)

のと考えられる。なお、波力において正值が負値に比して卓越した大きさになっていることについては、(1)で述べたように波圧の負値の出現する位相が、反射波側に形成される渦の影響を受け、堤体上の位置においてかなり変動するためにおこるものと考えられる。

4. 結論：以上のように、カーテン防波堤に作用する波力は、堤体下端部付近に形成される渦の離脱の影響を大きく受けることなどがポテンシャル理論値との比較により実験的に明らかとなった。

《参考文献》1) 中村孝平, “湾内域沖側の波浪境界問題に関する研究”, 第30回海浜論文集, pp.40-44, 1983.