

カーテン防波堤まわりの渦流れと平均流について

愛媛大学工学部 正会員 中村孝幸
大阪大学大学院 学生員 〇久保田真一

1. はじめに：カーテン防波堤は、図-1に示すように、その下部では流れが自由に通過でき、流れを大きく阻害することなく波を制御できる利点がある。また、その構造上の特性から、洗掘対策等に必要なカーテン防波堤まわりの流れの把握が必要であり、この流れの把握は、港湾域の海水交換特性を知る上でも重要になる。そこで本研究では、従来ほとんど研究されていない、カーテン壁下部の流速場や平均流などの流れの特性を理論及び実験の両面より明らかにすると共に、波のエネルギーの逸散と平均流の関係など、その逸散過程についても考察するものである。

2. 実験及び算定モデル：実験は、高さ50cm、幅100cm、厚さ1.2cmのベニヤ板で製作した模型堤体を、きつ水 $d=24$ cm、水深 $h=39$ cmと一定にして行った。そして各種波条件における、透過波、反射波、堤体に作用する波力、堤体下部数点の流速を測定した。また堤体まわりの流況の観測も行った。理論計算には、主に中村ら(1983)による離散的な渦糸モデルと回折散乱波理論とが統合された数値解析モデルを用いた。そして、渦流れの定常状態を再現するために、中村ら(1988)による減衰渦糸モデルを採用している。

3. カーテン下部を介しての平均流：流況の観測によって、堤体まわりに平均流を引き起こす外力となり得る渦パターンの非対称性が確認された。そこで、平均流をとらえるために、実験及び計算で得られた流速値を用いてカーテン下部各点の単位長当たりの1周期平均流量を算出し、この値をカーテン下部にわたり積分することによって総平均流量を求めた。ここで流量は次式で定義される無次元流量 q^* を用いた。

$$q^* = \frac{q}{U_{\max} \Delta h \left(\frac{T}{2} \right)}$$

ここに $U_{\max}$ は、入射波による静水面上での水平流速の振幅である。図-2は、実験、計算における単位長当たり1周期平均流量の空間分布の比較を示す。計算結果に着目してみると、 d/L_0 の大きな短周期波では、堤体下端部の近傍のみ反射方向へ向かう平均流が見られる。このことは、短周期波では渦がほとんど形成されないことから説明できる。渦の形成が明確になる d/L_0 の小さな長周期波になると図-2に示すように y/h

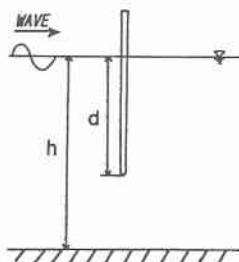


図-1 カーテン防波堤

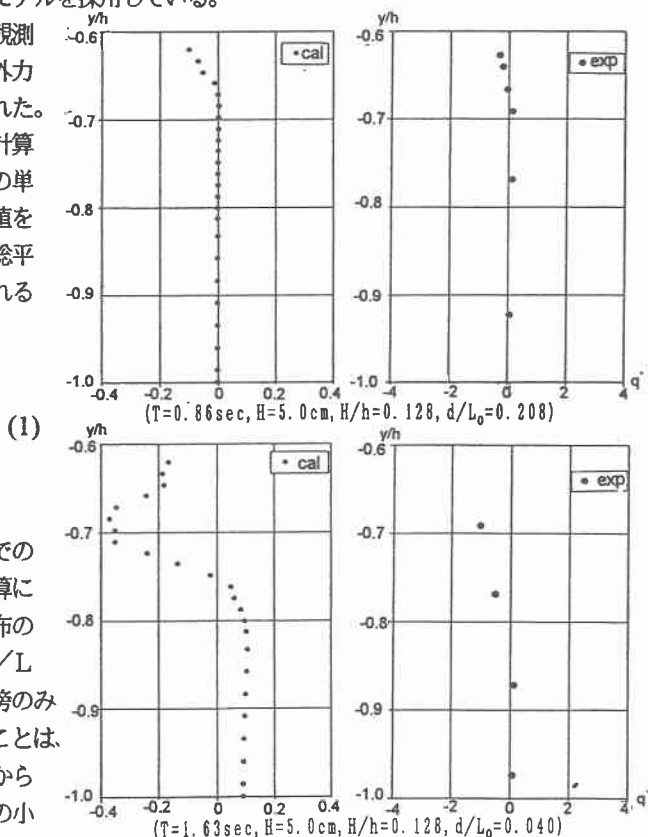


図-2 単位長当たりの一周期平均流量の空間分布

$= -0.7$ 付近に反射方向への平均流が現れ、 $y/h = -0.75 \sim -1.0$ においては透過方向への平均流が現れるといった特性が認められ、結果的に反射方向への平均流が透過方向へのそれより卓越してくる。実験結果においても、定量的な違いはあるが、上述した計算結果とほぼ同じ傾向を示している。以上より、計算及び実験による単位当たりの平均流量の空間分布は、定量的な違いはあるものの、定性的な特性はほぼ一致しており、渦流れと回折波理論とを結合した算定モデルにより、カーテン下部の平均流に関する定性的な検討が行えるものと言えよう。次にカーテン下部を介しての総平均流量 Q^* について検討してみる。図-3に示すように実験結果においては、 $d/L_0 = 0.15 \sim 0.20$ で、微小ながら透過方向にむかう総平均流量が現れるもののほぼ全ての周期に対して反射方向への平均流が存在し、周期の増大に伴い、この平均流は増加することが確認される。

4. 波のエネルギー逸散と平均流の関係：実験によって求められた反射率・透過率から求められるエネルギー逸散率の d/L_0 による変化を図-4に示す。これよりエネルギー逸散率と総平均流量の変動傾向は対応したものとなっており、エネルギー逸散率の増加に伴って反射方向への平均流が発生しているといえる。

これより、波動エネルギーから渦流れのエネルギーへ、さらに渦エネルギーから平均流のエネルギーへとエネルギー伝達が生じていることが推測される。

5. 結語：堤体下部では、渦流れにより反射方向への平均流が発生しやすく、その絶対値は周期に伴い増大する傾向があることが認められた。しかしながら、このような特性は、渦流れの理論に基づき定性的には説明できるものの、定量的には十分ではない。また平均流の発生は、波のエネルギー逸散と密接に関連しており、その逸散エネルギーが、部分的に変換されて平均流を引き起こす原因になっているといえよう。

（参考文献）中村孝幸：薄肉物体まわりの波浪境界値問題に関する解析法、第30回海岸工学講演会論文集、土木学会、pp. 410-414, 1983. 中村孝幸・久保達郎：はく離渦の減衰特性を考慮したカーテン防波堤まわりの流況の算定法、第35回海岸工学講演会論文集、土木学会、pp. 607-611, 1988

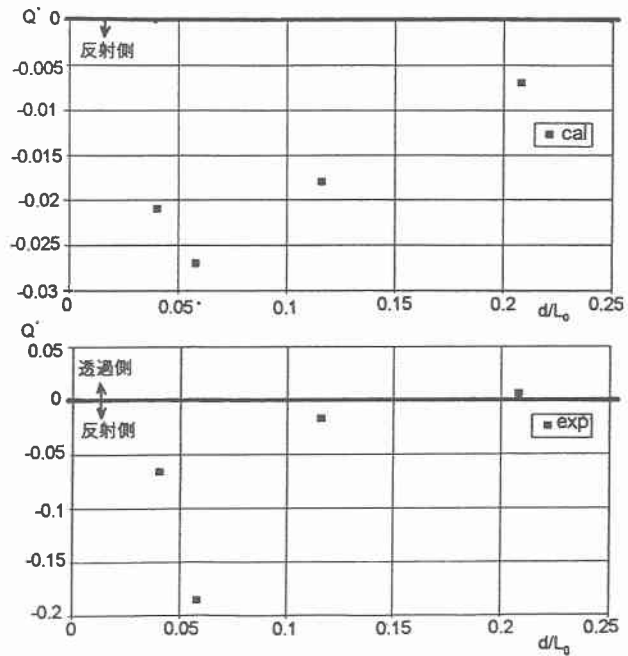


図-3 堤体下部を介しての総平均流量

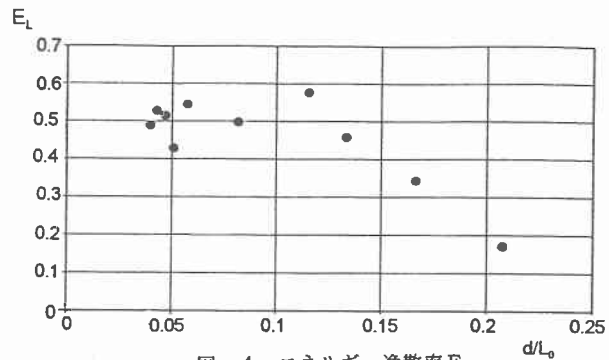


図-4 エネルギー逸散率 E_L