

## II-310

## 砂漣による波のエネルギー逸散に関する実験的研究

埼玉大学大学院 学生員 木崎 茂  
 埼玉大学工学部 正 員 池田 駿介  
 埼玉大学工学部 正 員 中村 廣昭  
 サンコーコンサル(株) 石井 修一

1. 始めに 海岸の海底に見られる砂漣は波の作用により形成され、これが逆に波動場に影響を及ぼし、波のエネルギー逸散に関与しているものと考えられる。本研究では波のエネルギー逸散が砂漣背後に形成される渦と密接に関わると考え、波動場に置かれた垂直板付近の流れに関する研究成果を応用して、砂漣による波のエネルギー逸散の推定法を提案し、実験結果と比較・検討する。

2. 実験概要 実験には、長さ18m、幅40cm、深さ70cm、観察区間8mの二次元造波水路を用いた。この観察区間に標準砂(中央粒径:0.19mm)を5cmの厚さに敷き詰め、造波を開始する。砂漣形成の前と後での波のエネルギー逸散量を求めるため、観測区間(4m)の両側に容量式波高計を2台ずつ設置し、砂漣形成の前と、砂漣が十分発達した段階での波高の場所的变化を測定した。この時、水深は20,25,30cmの3種類とし、周期を変化させて繰り返し実験を行った。波高測定後、1mの範囲について砂漣の波高と波長を、それぞれポイントゲージと定規を用いて測定した。又、観測区間に形成された砂漣の数を数え、水温を測定した。

3. 砂漣の波高と波長 砂漣形状はその背後に形成される渦の強さ、ひいては波のエネルギー逸散を支配するものと考えられる。従ってこれに強く関係する砂漣の波高と波長について、従来の推定法と本実験結果との対応について最初に検討する。本間ら<sup>1)</sup>は砂漣付近に形成される渦に注目して次元解析を行い、特に中央粒径が0.1mmから0.3mmの範囲の砂に対して次のような経験式を得ている。

$$\frac{d_e}{\gamma} = 0.0985 \cdot \left( \frac{\hat{u} d_e}{\nu} \right)^{0.289} \quad \dots\dots(1)$$

$$\frac{\delta}{\gamma} = 0.231 \cdot \left( \frac{\delta}{d_e} \right)^{0.150} \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 $\delta$ 、 $\gamma$ はそれぞれ砂漣の波高と波長であり、 $\hat{u}$ 、 $d_e$ はそれぞれ底面付近の水粒子の水平速度振幅と水平方向変位量の全振幅である。本間ら<sup>1)</sup>の方法に従い整理した結果を図1、2に示すが、図より本実験結果が式(1)、(2)の関係を満足することが分かる。

4. 波のエネルギー逸散の推定法 砂漣上方を通過する波のエネルギーはその一部が砂漣近傍に形成される渦のエネルギーに変換され、この渦が粘性により減衰することで逸散されるものと考えられる。池田ら<sup>2)</sup>は、ポテンシャル理論とKuttaの条件を用いて放出される渦の循環を求め、垂直板付近に形成される渦を0seen渦型のモデルで近似し、渦内の流速分布から求まる渦の有する運動エネルギーと、同一水理条件での波のエネルギー逸散量を比較し、両者がほぼ同等となることを示した。さらに、エネルギー逸散の機構を考慮して、波のエネルギー逸散量を外部量で表す式を導いている。ここで、そのままの形でこの式を引用すると、波のエネルギー逸散率 $P_v$ は、

$$P_v = \alpha \frac{\nu^{1/2} H}{g^{1/4} L^{7/4}} \left( \frac{1}{h} \right)^{3/4} \frac{(\cosh kh)^{1/4} (\cosh kl)^3}{(\sinh kh)^{5/4} (2kh + \sinh 2kh)} \quad \dots\dots(3)$$

と表される。ここに、 $\alpha=3.95 \times 10^5$ 、 $\nu$ は動粘性係数、 $g$ は重力加速度、 $H$ 、 $L$ はそれぞれ波の波高と波長、 $l$ は垂直板の高さ、 $h$ は水深、 $k$ は波数である。本実験から得られた砂漣波高を垂直板の高さと見なせば、式(3)から砂漣1個当りのエネルギー逸散率が求められる。このようにして求めた $P_v$ と、波高測

定から求まる波のエネルギー逸散率を砂漣の数で割り、1砂漣波長当りとした値 $P_w$ を比較したのが図3である。図より $P_v$ は $P_w$ に比べてかなり大きい値を与えているが、両者の間には何等かの比例関係があるものと考えられる。式(3)の誘導に際して池田ら<sup>2)</sup>は、垂直板先端付近の流れは、境界層の存在から、円柱周りの流れに近いものと考え、垂直板先端で生成される小渦の発生周波数を円柱背後に発生する渦の周波数と同様の形で与えている。そしてこの小渦が集まって、1つの大きな渦を形成するものと考えている。これに対して、砂漣近傍に形成される渦の発生周波数を $2/T$ ( $T$ は波の周期)で与えることにする。つまり、砂漣近傍に形成される渦を小渦そのものと考えたことになる。このように渦の発生周波数を修正したときのエネルギー逸散率を $P_v^-$ とおけば、

$$P_v^- = \alpha^- \frac{\nu}{g^{1/2} L^{3/2}} \left( \frac{\delta}{h} \right)^{1/2} \frac{(\cosh k\delta)^2}{(\tanh kh)^{1/2} (2kh + \sinh 2kh)} \dots\dots(4)$$

と求まる。ここに、 $\alpha^- = 6.08 \times 10^4$ 、 $\delta$ は砂漣波高である。この $\delta$ は式(1),(2)を用いて外部量( $H, L, T, h$ )と $\nu$ の関数として与えられる。 $P_v^-$ と $P_w$ の比較を図4に示す。図より多少のバラつきはあるものの、両者はほぼ同じ値を与えると判断できる。従って、式(1),(2),(4)を用いれば、波のエネルギー逸散を外部量と $\nu, g$ の関数として見積ることができる。

5. まとめ 砂漣近傍に形成される渦に注目して、砂漣による波のエネルギー逸散を外部量と $\nu, g$ で表す式を導き、この式を使って実験値をよく説明することができた。今後は砂漣の背後に形成される渦の強さを、砂漣周辺の振動流理論をもとに求める予定である。

(文献) 1)本間・堀川・鹿島, 第11回海岸工学論文集, 1964  
 2)池田・浅枝・野本・木村, 土木学会論文集 No.363/II-4, 1985

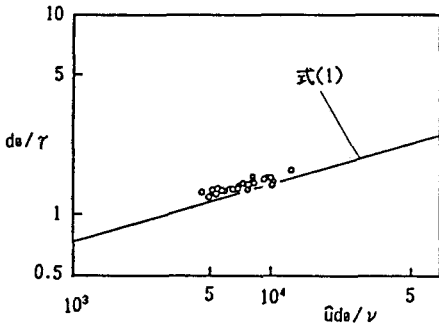


図1  $d_0/\gamma$ と $\hat{u}d_0/\nu$ の関係

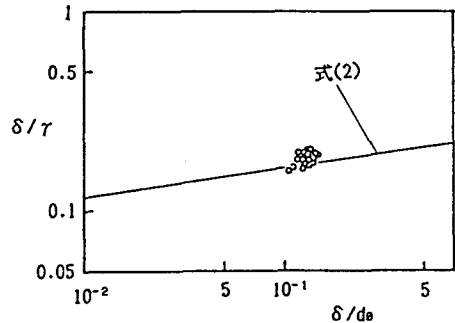


図2  $\delta/\gamma$ と $\delta/d_0$ の関係

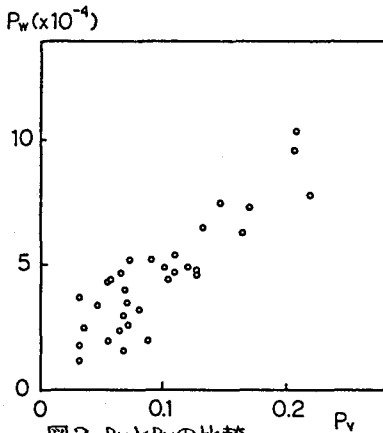


図3  $P_v$ と $P_w$ の比較

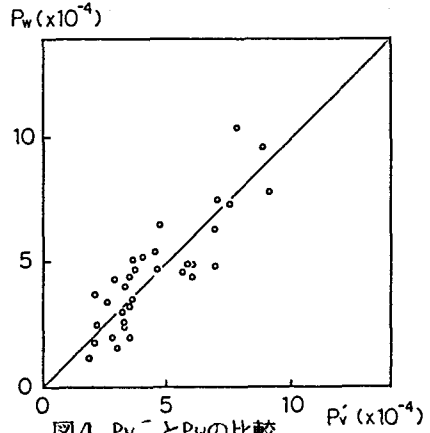


図4  $P_v^-$ と $P_w$ の比較