

東京大学工学部 正 員 ○浅枝 隆
 埼玉大学工学部 正 員 池田 駿介
 長野県庁 木村 恵利子

1 はじめに

波動下に建造された構造物周辺の流れや消波効果については、海岸工学上極めて重要な問題であるにもかかわらず、十分な研究がなされてゐるとはいえない。著者らは、これまで、最も単純な構造物である波動下に置かれた垂直板付近に生ずる渦の定性的な特性と砂の移動特性の関連性について明らかにしてきた。本研究においては、こうした渦の特性を定量的に扱い、さらに消波効果との関連性を明確にして行く。

2 実験装置及び実験方法

実験は、長さ 19.5m、幅 40cm、深さ 70cm の造波水路の中央に、図 1 に示されるような垂直板を置いて行、た。板の高さは、12、16、18、20、24cm の 5 種類のものを用い、水深は、 $(h-l)/h$ の値が、0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.7 の 5 種類となるように決定した。波の周期は 0.8, 1.0, 1.5, 1.8, 2.0 sec の 5 種類の値に変化させた。波高は 0.73~8.73cm の範囲で、1 ケースにつき 2~3 種類行った。波高の測定には、4 台の容量式波高計を用いた。さらに、垂直板付近の液面の可視化および流速の測定には、比重 1.02、粒径 0.2~0.8mm のポリスチレン粒子を浮遊させ、それに、1cm 幅の鉛直スリット光を縦断方向に照射し、粒子の軌跡より求めた。その際、波高計の記録と連動させ、波の位相との関連性も得た。

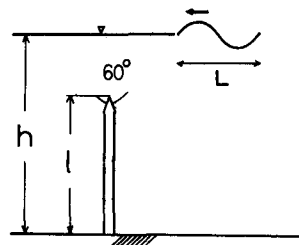


図1 実験概略図

3 垂直板を通過する波の透過率、反射率、遷散率

水路の岸側には消波装置を取り付けているが、入射してくる波の 2% 程度の反射を生じ、また、造波板によっても波の反射が存在する。従って、生ずる波が十分正弦曲線に近似し得ることを確認した上で、垂直板の岸側に沖側にそれぞれ 2 台ずつ波高計を設置し、それぞれの波高計から出力する波形を $\eta_i = a_i \cos \omega t + b_i \sin \omega t$ の形に表わし、透過率 T 、および、反射率 R を次式より求めた。

$$T = \left| \frac{(a_1 + \beta)^2 + (b_1 + \delta)^2}{(a_3 + \alpha)^2 + (b_3 + \gamma)^2} \right|^{1/2}, \quad R = \left| \frac{(a_3 - \alpha)^2 + (b_3 + \gamma)^2}{(a_3 + \alpha)^2 + (b_3 + \gamma)^2} \right|^{1/2} \quad (1)$$

ただし、 $a_1 \sim a_4$ 、 $b_1 \sim b_4$ は岸側から 4 台の波高計の記録より求めた値であり、 α 、 β 、 γ 、 δ は x_1 を岸側の波高計の間隔、 x_2 を沖側の波高計の間隔として、次のように表わされる。

$$\alpha = \frac{b_3 \cos kx_2 - b_4}{\sin kx_2}, \quad \beta = \frac{b_1 \cos kx_1 - b_2}{\sin kx_1}, \quad \gamma = \frac{a_4 - a_3 \cos kx_2}{\sin kx_2}, \quad \delta = \frac{a_2 - a_1 \cos kx_1}{\sin kx_1}$$

ここに、 k は波の波数である。

図 2 は、測定結果の典型的な例として、 $L/h = 0.8$ の場合のものを示している。図中の破線は、日野、山崎²⁾による完全流体として取扱った場合の理論結果を示している。図より明らかにように、反射率に関しては、完全流体とした場合の結果とはほぼ一致し、エネルギー遷散はほとんど存

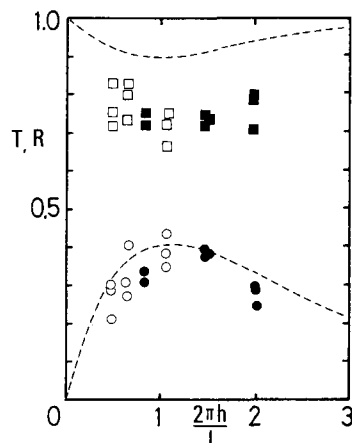


図2 波の透過率、反射率

□: 透過率; ●: 反射率

在しているが、透過率に関しては、完全流体を用いた計算結果より約20%小さな値をとっている。この原因は、垂直板付近に生成される渦の粘性消散によるものと考えられるが、このように、波が垂直板を通過して行く際にエネルギーが失われることを示しているといえる。

4. 垂直板先端より発生する渦の特性

垂直板先端からは、1周期について2つの大きな渦が発生する。波のエネルギー消散がこうした渦の粘性消散に依ることを示すためには、渦のもつエネルギーと波のエネルギー消散量を比較して論ずる必要がある。しかし、渦の形成過程においても一部のエネルギーは消散されており、特に、渦中心から離れた領域では、広い領域であるにもかかわらず流速が小さくするために測定が困難で、渦のエネルギーを過小に見積もってしまうことになる。そのため、実際の渦を適当なモデル化された渦で近似させる必要がある。ここでは、通常よく使用されるランキン渦と、粘性を考慮したオセーンの渦の適用性を検討する。これらの渦は、それぞれ

$$u_\theta = \frac{U_{\theta m}}{a} r \quad (r < a); \quad u_\theta = \frac{a U_{\theta m}}{r} \quad (a > r) \quad (\text{ランキン渦})$$

$$u_\theta = \frac{a}{r} \{1 - \exp(-a^2 25 (\frac{r}{a})^2)\} U_{\theta m} \quad (\text{オセーンの渦})$$

と表わされる。ここに、 u_θ は回転方向の速度、 $U_{\theta m}$ はその最大値、 r は半径方向の座標、 a はコアの半径、 C は、 $a = C \sqrt{\nu \tau}$ とした場合の定数である。ここで、 C は実験より求まる値、

$$C = 0.3547 + 12.7$$

を用いた。

図3および4は、流速および循環値について、これらの渦と実験値を比較したものである。図より、流速、循環値両方について、ランキンの渦では、小さく見積もってしまうことになるが、オセーンの渦は極めてよく実験値を表現していることがわかる。

5. 波のエネルギー消散量と渦のエネルギーの比較

4に示したように、渦の有するエネルギーは、オセーンの渦により極めてよく近似できるために、これより求まる渦のエネルギーと波の消散エネルギー量を比較したものが図5である。測定誤差が含まれるために多少のはらつきはあるものの、これらの値はほぼ同数量値をとることがわかる。これより、波のエネルギー消散が板先端より発生する渦により生じていることがわかる。

参考文献

- 1) 池田駿介、浅枝隆、杉本光由、玉川雅文；第30回海岸工学講演会論文集
- 2) 日野幹雄、山崎文夫；土木学会論文報告集，第190号

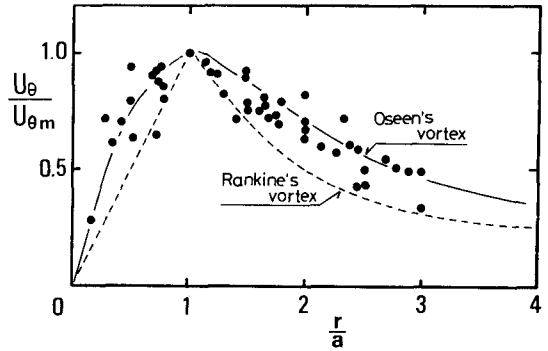


図3 渦内部の回転流速の分布

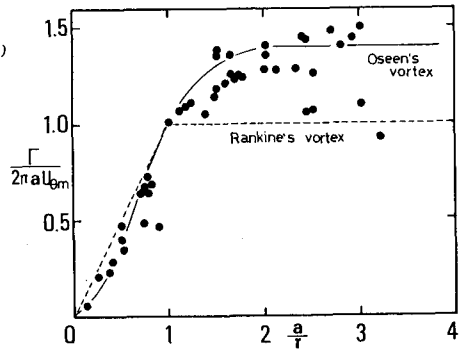


図4 渦内部の循環の分布

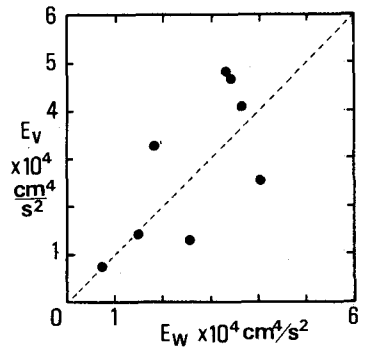


図5 波のエネルギー消散量と渦のエネルギーの比較
 E_w : 波のエネルギー消散量, E_v : 渦のエネルギー