

リーフ先端における渦の形成 メカニズムに関する研究

琉球大学工学部 正員 津嘉山 正光
 琉球大学工学部 正員 仲座 栄三
 琉球大学工学部 学員 古園 周司

1. 序論

海洋地質学者らが沖縄近海のリーフを調べた際、リーフ先端でかなり大きな渦が生じていた事を報告している。また、数人のダイバーらも、同様な渦の存在を体験している (Private communication)。沖縄諸島のリーフ前面の平均勾配は、約1/10~1/50程度であるが、リーフ先端部に局所化して調べると、1/0.3~1/1の勾配のものが数多く見られる。本研究においては、そのような急勾配のリーフを隅角部を有するステップ型リーフにモデル化し、リーフ先端部より発生する渦の特性を実験的、理論的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法

実験には、琉球大学土木工学科の長さ22m、深さ1m、幅0.8mの二次元規則波水槽を用いた。図-1には、その概略図を示してある。リーフモデルは、長さ7.5mの木製リーフであり、水槽側面との隙間は防水のためコーティングされている。実験は、入射波の周期を1.2秒で一定とし、波高を3cmから15cmまで約2cm間隔で変化させて行った。

流れの可視化には、比重約1.0、直径0.2-0.8mmのポリスチレン粒子を用い、鉛直上方よりスリット光線を照射することによって行った。また、渦の記録には、ビデオカメラと35mmカメラを用いた。なお、カメラの絞りは $f=1.4$ 、露出時間は1/8~1/60であった。渦の流速は、写真よりデジタイザー(分解能0.1mm)を用いて読み取った。

3. 渦の発生と流速分布

実験によって得られた渦の代表的なものを写真-1に示した。リーフ先端部の流れが沖向きの時、渦は、リーフ前面に時計回りの循環を持つ一個の渦が発生し、時間と共に成長していく(渦の半径 a は、 $a \sim \sqrt{(\nu t)}$ で発達する)。この渦は、リーフ前面内に生じる自己の鏡像渦によってリーフ先端部近傍に留まり、半周期後には、岸方向の流れによってリーフ上へと運ばれる (photo.-(a))。リーフ上には更に、先端部より半時計回りの渦が発生し、流下してきた渦と渦対を形成して岸方向に直進する (photo.-(b))。この渦対は、更の沖向き流れによって止まり、リーフ上の碎波等による乱れによって減衰し、消滅していき、リーフ前面に形成される渦へは殆ど影響を与えないようである。なお、本実験における渦の形成タイプは、5つのタイプに分類された。(詳細は講演時に述べる)。可視化によって読み取った渦の流速分布を図-2に示してある。縦軸には無次元流速を取り、横軸には

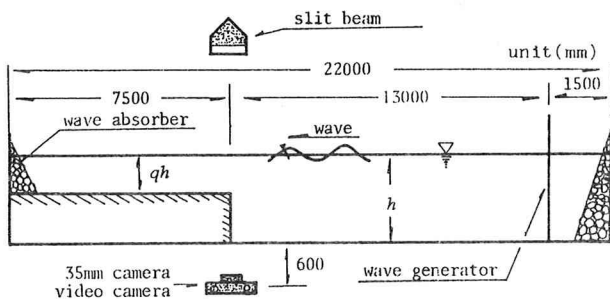


Fig. 1 Experimental equipment

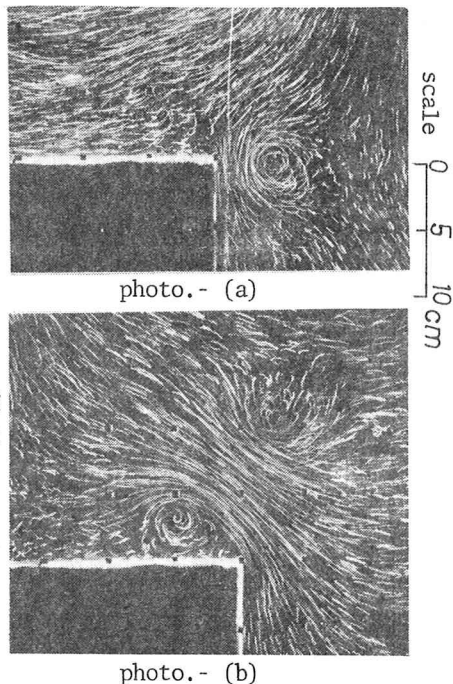


Photo. - 1 Photographs of vortex shedding from the reef front.
 (T=1.2sec, H/L=0.07, h=0.64m, q=0.3)

無次元半径を取ってある。理論線は、Oseen, Phillips, Rankine らのものである。全体的に判断すると、Oseen の理論線が実験値とよく一致しているようである。渦の影響範囲を、最大流速の1割程度で考えると、渦半径の約20倍までとなり、これは、渦がリーフ先端付近の砂の移動に大きく関与するであろうことを示唆している。

4. 渦によるエネルギー逸散と抗力係数

リーフ先端からの発生渦によるエネルギー逸散は、池田らが垂直板に対して用いたと同様な kutta の条件を用いる方法によって算出される。渦モデルに Oseen 型の渦モデルを用いると、渦によって逸散されるエネルギーと入射波のエネルギーとの比 $\overline{E_{loss}}$ は次式によって与えられる。

$$\overline{E_{loss}} = \frac{64}{15} \frac{\pi}{g T^2} \cdot (\alpha^2 \gamma \epsilon S) \frac{H}{L} \cdot \frac{\cosh kh \cosh^3 kl}{(2kh + \sinh 2kh) \sinh^2 kh} \cdot (1 - k_p)^3 \quad \text{---(1)}$$

$$\gamma = 0.54 \cdot q^{-5/7} \cdot (\epsilon/h)^{-1/3},$$

$$\epsilon = 1.04 \sqrt{(\nu T)}$$

ここで、 H/L : 波形勾配, kh : 波数, α : 定数 (=4.7), $S=1.16$, $l=h(1-q)$ 。

式(1)による計算結果を図-3に示してある。著者らの一人は、リーフ上の波の変形に運動量保存則を用いているが、その際、リーフ前面部に作用する抗力を予め知る必要がある。それ故、日野らが垂直板に対して適用した手法と式(1)とを組み合わせ、抗力係数を算出すると、次式によって与えられる。

$$C_D = 0.25q^{-2.15}/(1-q) \cdot (1 - k_p)^3 \quad \text{---(2)}$$

式(2)による計算結果を図-4に示した。図中の●印は、日野らによる実験結果である。理論値は、全般的な q に対して、 $C_D=1.0 \sim 2.0$ の範囲にある。実験値との比較は、今後、運動量保存則の適用性と併せて検討して行きたいと考えている。

5. 結論

本研究は、次のように要約される。

- (1) リーフ先端からの発生渦は、5つのタイプに分類される。
- (2) 渦の流速分布は、Oseen 型渦モデルによって表示でき、渦半径は、 $\sqrt{(\nu t)}$ に比例して時間と共に成長していく。
- (3) 渦によるエネルギーの逸散は、理論的には、式(1)で算出される。
- (4) 抗力係数は、式(2)によって算出されその値は、約1.0~2.0である。

本研究は、始まったばかりであり、まだまだ未解決の点が多い。今後更に、検討を重ねていく予定である。

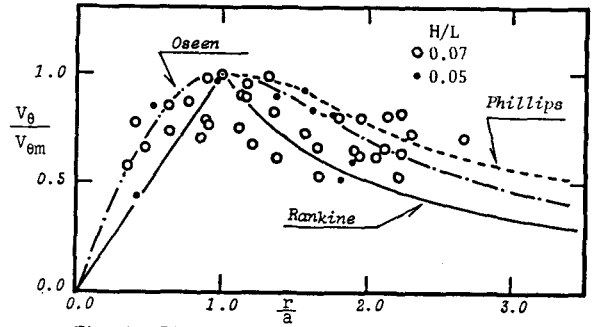


Fig.-2 Dimensionless circumferential velocity distribution in comparison with theoretical model.

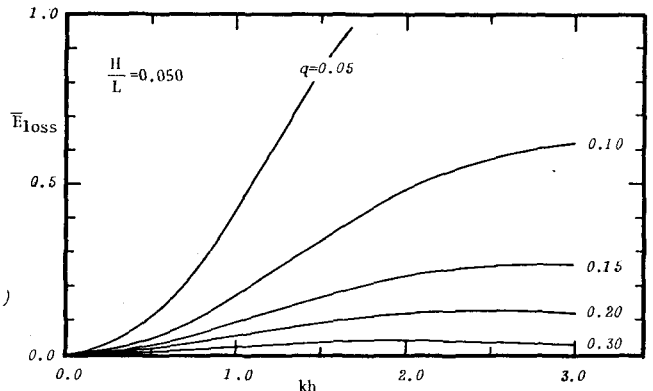


Fig.-3 Relation of dimensionless energy dissipation and kh for $H/L=0.050, q=0.05 \sim 0.30$.

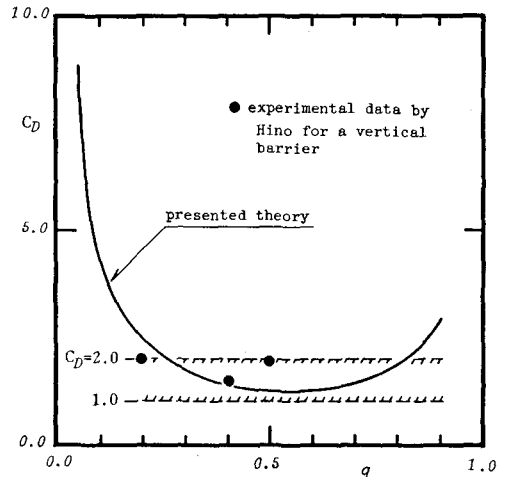


Fig.-4 Relation of C_D and q .