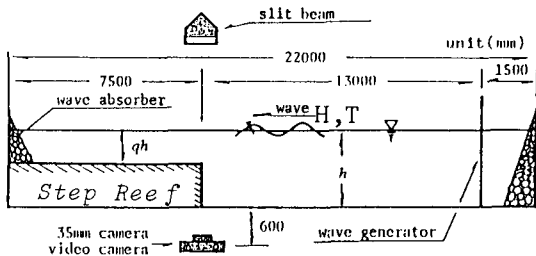


II-268 ステップリーフにおける渦の形成とエネルギー逸散

琉球大学工学部 正会員 仲 座 栄 三
同 上 正会員 ◦ 津嘉山 正 光

1. 緒 言

リーフ先端付近には意外に激しい海水の動きの存在することが漁師等によく知られているが、海洋地質学者らも沖縄近海の調査の際、リーフ先端にかなり大きな渦が生じていたことを報告している。これらの渦は、リーフの通過波特性に大きく影響していると考えられるが、これまで十分な研究がなされていない。そこで本研究では図・1のモデルリーフを対象に、流れの可視化手法による発生渦の特性とエネルギー逸散について検討した。



図・1 実験装置概要図

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二次元造波水槽(22m L×1.0m D×0.8m B, flap型造波機付き)を用いた。図・1に実験装置概要図

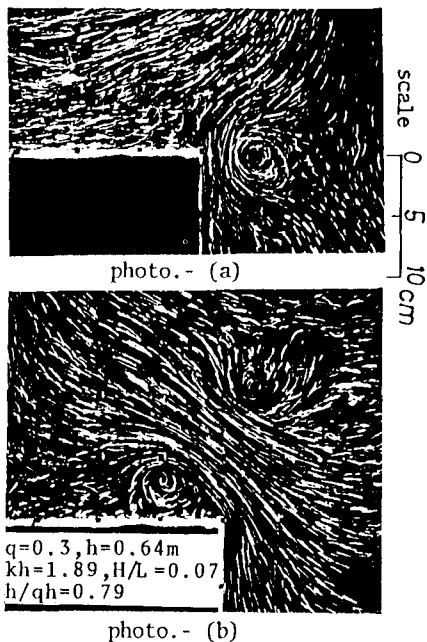
表・1 実験諸元

q	T(sec)	H(cm)	kh	H/L	H/qh	h(cm)
0.1	1.2	3.0~15.0	1.53	0.017~0.073	0.60~3.00	50.0
0.2			1.69	0.014~0.071	0.27~1.33	56.3
0.3			1.89	0.014~0.070	0.16~0.70	64.3

を示すが、リーフモデルは木製である。実験方法は、水粒子運動の可視化手法により、リーフ先端に形成される渦を観測するものである。可視化にはポリスチレン粒子(比重約1.0, 直径0.8mm)を用い、図示のスリット光線を真上および左右45°上方より同時に照射して、ビデオカメラと35mmカメラで撮影した。なお、35mmカメラの絞りは $f=1.4$ 、露光時間は1/15秒または1/30秒とした。渦の回転流速は写真からデジタイザー(分解能0.1mm, パソコンPC-9801Vm2に接続)により読み取った。実験諸元は表・1に示したが、今回は入射波周期 $T=1.2$ 秒で一定とし、波高を3cmから15cmまで約3cm間隔で変化させた。

3. 結果及び考察

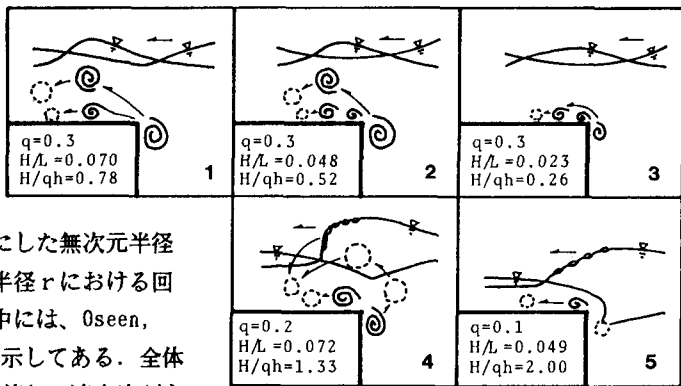
1) 渦の発生とタイプ: 実験で得られた渦の写真の代表例を図・2に示した。時間原点を入射波がリーフ先端点上水面とzero-down crossする時点にとれば、最初の半周期で沖向き水粒子運動によって時計回りの循環をもつ渦が発生し、時間とともに成長していくが、リーフの壁面効果によってリーフ先端付近に留まる(図・2(a))。この渦は半周期後には岸向き流れによってリーフ上に運ばれ、この時点でリーフ先端上に発生する反時計回りの渦と渦対を形成し岸向きに進む(図・2(b))。この渦対は後続の対向流によって進行が止まり、リーフ上の砕波等による乱れによって減衰消滅していくと考えられるが、詳しい消滅過程は本実験の写真からは把握できなかった。リーフモデル条件と入射波特性値



図・2 リーフ先端での発生渦

との関係により、発生渦の挙動パターンが異なるが、本実験で得られた渦は図・3の5種のタイプに分類された。

2) 渦の流速分布： 実験写真からデジタイザーによって読み取った渦の回転流速分布を図・4に示す。図の縦軸は無次元流速，横軸は渦径 a を基準にした無次元半径を取っているが、記号 V_{θ} 、 $V_{\theta m}$ は半径 r における回転流速及び最大回転流速を示す。図中には、Oseen, Phillips及びRankineらによる理論線も示してある。全体的に見ると、Oseenの理論線の方が実験値との適合度がよいと判断される。



図・3 発生渦のタイプ模式図

3) 渦によるエネルギー逸散： リーフ先端からの発生渦によるエネルギー逸散は、池田らが垂直板の場合に用いたのと同様なKuttaの条件を用いる方法により算出される。Oseen型渦モデルを用いると、渦による逸散エネルギーと入射波エネルギーの比 $\overline{E}_{1,oss}$ は次式のようになる。

$$\overline{E}_{1,oss} = \frac{64 \pi}{15 g T^2} \cdot \frac{H}{L} \cdot \frac{\cosh kh \cdot \cosh^3 kl}{(2kh + \sinh 2kh) \sinh^2 kh} \cdot (\alpha^2 \gamma^3 \epsilon s) \cdot (1 - K_r)^3 \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $\gamma = 0.54 q^{-5/7} \cdot (\epsilon/h)^{-1/3}$ 、 $\epsilon = 1.04 (\nu T)^{1/2}$ 、 α ：定数 (=4.7)、 $s = 1.16$ 、 $l = h(1-q)$ である。図・5は式(1)による計算結果であるが、 $\overline{E}_{1,oss}$ はリーフ上比水深 q により大きく変化することを示している。なお、今回の実験は殆どが砕波を伴うケースであり、(1)式の導出条件に適合する十分なデータが得られず実験値による検証はできなかった。これは今後の課題である。

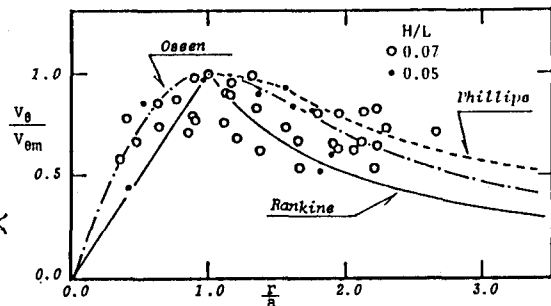
4. 結論

本研究の主な結論は次のようである。

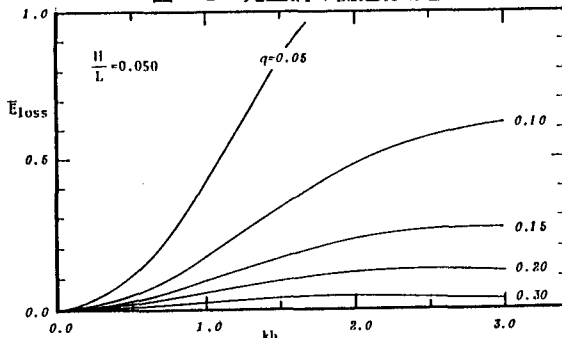
- 1) リーフ先端での発生渦の挙動は、リーフ上水深及び入射波条件により変化し、5種のタイプに分類される。
- 2) 渦の流速分布はOseen型渦モデルで表示でき、渦半径は $\sqrt{\nu t}$ に比例して時間と共に成長していく
- 3) 渦による逸散エネルギーは、理論的には(1)式により算出されると考えられるが、実験的な検証が必要である。

本研究は緒についたばかりで、これから解明すべき課題が多い。今後さらに研究を継続してこれらの点を明らかにしていきたい。

最後に、本研究をすすめるにあたり、協力頂いた琉球大学土木工学科の宇座俊吉技官と、卒業研究として実験およびデータ解析等に当った、当時同学科4年生の古園周司君に対し深甚なる謝意を表す。



図・4 発生渦の流速分布図



図・5 渦によるエネルギー逸散