

II-21 堡礁型リーフによる波の減衰について

琉球大学 正会員 河野 二夫
 ○津嘉山 正光

1. はじめに

沖縄の海岸は隆起さんご礁よりなるところが大部分を占め、そのほとんどが図-1に示すような堡礁形状をなしている。このような海底形状のところには波が侵入してくると波のエネルギーは、一部反射し、一部リーフ頂部で砕波等により消費されたのち背後にその残りが伝達される。この場合のリーフによる波の変形や減衰の問題は、実用面からみてかなり重要であると考えられる。

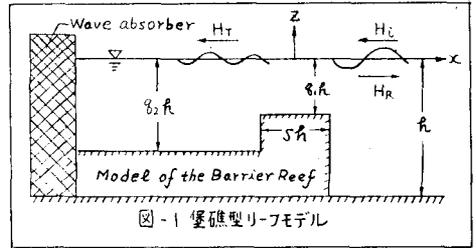


図-1 堡礁型リーフモデル

リーフを一種の潜堤と考えるとき、本報と類似の研究はこれまでに数多くなされているが、図-1の形状をモデルとするものは見当たらないようである。筆者らはこれまでに図-1のモデルに対し、主としてリーフによる波の反射率・通過率に関する理論的・実験的な研究結果を報告した^(註1)が、本報ではエネルギー保存則を考慮したときの同リーフによる波の減衰に関し、エネルギー損失の面から考察する。

2. リーフによる波のエネルギー損失

いま、座標系を図-1のようにとる。エネルギー保存則によれば次の関係がなりたつ。

$$\bar{E}_i = \bar{E}_r + \bar{E}_t \quad \dots \dots \dots (2-1) \quad \text{ここで } \bar{E}_i, \bar{E}_r, \bar{E}_t \text{ はそれぞれ入射波, 通過波, 反射波の単位時間当りの平均エネルギーを示し, } \bar{E}_L \text{ はリーフによる単位時間当りの平均損失エネルギーを示す。}$$

微小振幅のポテンシャル波動を仮定すれば、波形 η 、ポテンシャル ϕ 、圧力 p は次式のようになる。

$$\eta = H/2 \sin(kx + \sigma t), \quad \phi = -(Hg/2\sigma) \{ \cosh k(z+h) / \cosh kR \} \cdot \cos(kx + \sigma t), \quad p = \rho \partial \phi / \partial t \quad \dots \dots \dots (2-2)$$

ただし、 H : 波高、 k : 波数 ($=2\pi/L$, L : 波長)、 σ : 角周波数 ($=2\pi/T$, T : 周期)、 ρ : 流体密度、 g : 重力加速度である。任意の断面において波によりなされる単位時間の平均の仕事量 \bar{E} は

$$\bar{E} = 1/T \int_0^T \int_{-h}^0 \rho \partial \phi / \partial t \cdot \partial \phi / \partial x \cdot dz dt \quad \dots \dots \dots (2-3) \quad \text{であるので、これと(2-2)を用いて(2-1)は}$$

$$(E C_g)_i = (E C_g)_r + (E C_g)_t + \bar{E}_L; \quad E = 1/8 \rho g H^2 \quad \dots \dots \dots (2-4) \quad \text{となるが、} (C_g)_r = (C_g)_t \text{ となるので}$$

$$\bar{E}_L / \bar{E}_i = 1 - (\bar{E}_r / \bar{E}_i) - \bar{E}_t / \bar{E}_i = \{ (C_g)_t / (C_g)_i \} \quad \dots \dots \dots (2-5) \quad \text{と変形される。} (C_g \text{ は群速度を示す})$$

\bar{E}_L / \bar{E}_i はリーフによるエネルギー損失率を示す。式(2-5)で

$$\{ (C_g)_t / (C_g)_i \} = \{ \cosh^2 kR / \cosh^2 k(z+h) \} \times \{ 2kz + \sinh 2k(z+h) / (2kR + \sinh 2kR) \}$$

であり、 k , k_t は入射波および通過波の波数で z は図-1に示す値である。

3. 実験と結果の考察

3-1) 実験及び結果の纏め
 実験には琉球大学土木工

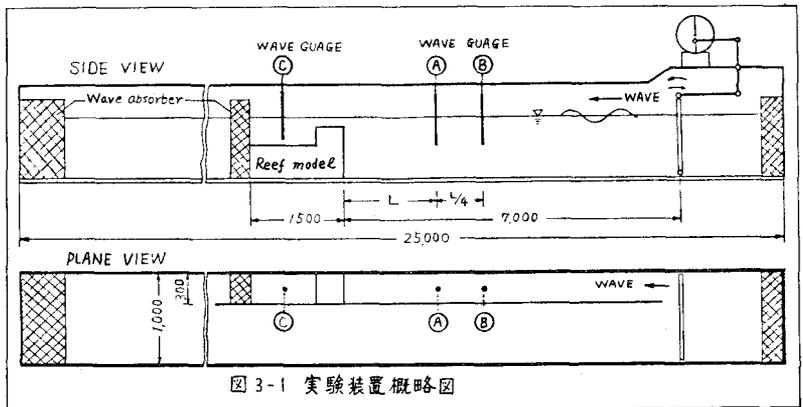
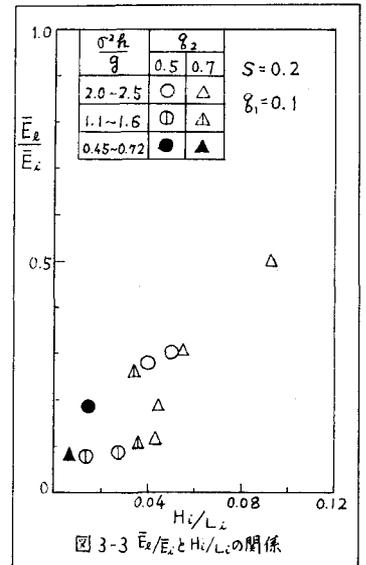
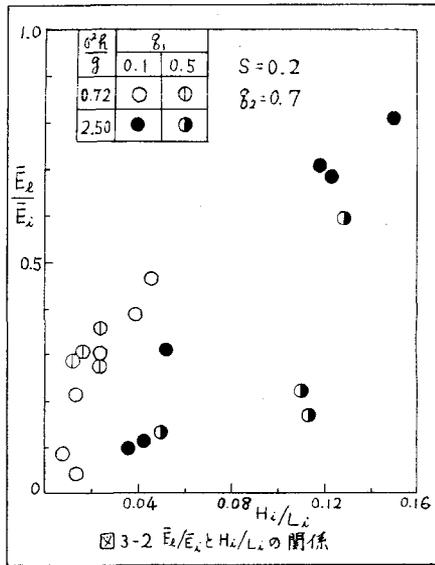


図3-1 実験装置概略図

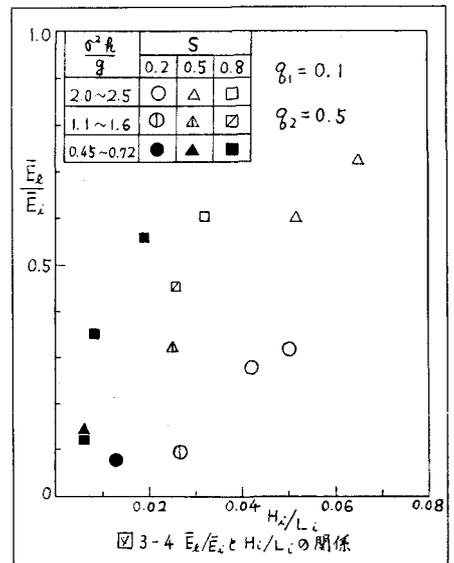
科の2次元造波水路を用いた。その概要を図3-1に示す。実験は、水深 $h=40\text{cm}$ とし、図3-1の仕切水路の一端にリーフ模型(セメント珪アル製)を置いて他端のflap型造波機で波を送り、波高計(A)・(B)・(C)により反射波と通過波を計測したが、反射波測定にはHealy法を用いた。模型の諸元は $\beta_1=0.1\sim 0.5$ 、 $\beta_2=0.5\sim 0.9$ 、 $S=0.2\sim 0.8$ であり、実験波の諸元は $H_c=0.5\sim 13.5\text{cm}$ 、 $T=0.7\sim 1.9\text{sec}$ 、波形勾配 $H_c/L_c=$



0.006~0.150である。実験の結果得られた反射率・通過率を用いて(2-5)式による \bar{E}_r/\bar{E}_t を求め、図3-2~図3-4に示した。

3-2). 結果の考察 以下同図に依り、リーフによる波の減衰に関し、主としてエネルギー損失率 \bar{E}_r/\bar{E}_t について考察する。

図3-2には $\sigma^2 R/g$ 、 β_1 をパラメータにして \bar{E}_r/\bar{E}_t と H_c/L_c の関係が示してあるが全体的に見ると H_c/L_c が大きいか程 \bar{E}_r/\bar{E}_t は大きい。また同一の H_c/L_c に対しては β_1 が小さい程 \bar{E}_r/\bar{E}_t は大となり、さらに β_1 が同一のときは $\sigma^2 R/g$ の小さい方が \bar{E}_r/\bar{E}_t は大きいという傾向を示している。このことは、 β_1 が小さくなるとリーフ頂部での碎波や渦形成が起りやすくなるのでそれらによるエネルギー損失が増大し、また $\sigma^2 R/g$ が小さいということは本実験では水深一定なので波長 L_c が大きいことを意味し、 H_c/L_c が同一とすると $\sigma^2 R/g$ が小さいほど H_c は大となるわけで、結局 H_c が大きいほど(β_1 同一のとき)リーフによる擾乱を受け易いことを示している。図3-3は \bar{E}_r/\bar{E}_t に対する β_2 の効果をみるためのものであるが、 β_2 の \bar{E}_r/\bar{E}_t



に及ぼす影響はあまり顕著ではない。図3-4はSの効果を調べたものである。点のパラッキはあるが、エネルギー損失の割合はSが大きい程大きいという傾向を示している。実験的にはリーフの堡礁部天端幅(S h)の反射率に対する効果はあまりみられなかった。(しかし通過率に対しては、 β_1 が小さいときにはかなり影響するようである。 β_1 が小さい場合、天端幅(S h)が小的时候は波は堡礁部をこえて打込みの状態を伝達され、その衝撃によって背後は乱されかつ波が形成されるのに対し、天端幅が大のときは波は天端上で碎波して水平流の状態を背後に流れ込む。後者の場合はかなりエネルギーが消散し、(たがって伝達エネルギーも相当に減少するようである。)

4. むすび 以上を要約すると次のようになる。1) 堡礁型リーフによる波のエネルギー損失は入射波の波形勾配が大きいほど大となる。2) β_2 の \bar{E}_r/\bar{E}_t に対する効果はあまり顕著ではない。3) β_1 が小さい程、かつSが大きい \bar{E}_r/\bar{E}_t は大となる。

注1) たとえば、河野他:リーフによる波の変形に関する研究、第10回災害科学総合シンポ論文集(1973) pp.195~196