

II-6

ステップ型リーフ上での長周期波の波高増幅率

琉球大学工学部 学生会員 大木 洋典
同 上 正 会 員 筒井 茂明

1. 結 言

リーフ海岸が襲来する波浪エネルギーを減殺し、海岸災害を防止する役目を果たしていることに着目し、近年では、リーフ構造物が波浪制御の1手法として利用されつつある。しかし、長周期波に対するリーフの波浪応答などの不明確な点が存在し、これらは浅水変形に伴う波の非線形挙動と深く関わっている。ここでは、リーフ上に津波などの長周期波が進入してきたときの波の非線形挙動特性を調べるための水理模型実験を実施し、ステップ型リーフ上における重複波の波高分布および陸側汀線での波高増幅率について述べる。

2. 実 験

実験では、波浪水槽（長さ27m、幅0.7m、高さ1m）に鋼製のステップ型リーフモデルを設置し、リーフ上に反射壁が存在する場合の重複波の波高分布および陸側汀線での波高増幅率の測定を行った。重複波の波高分布は、リーフ上および沖側の水深比 $\varepsilon=0.3$ 、リーフ長 $l=1.5\text{m}$ の場合にはリーフ先端から10cm間隔、水深比 $\varepsilon=0.2$ 、リーフ長 $l=1.5, 1.875\text{m}$ の場合にはリーフ先端から5cm間隔で測定を行った。陸側汀線での波高増幅率に関する実験は、同じ実験装置を用い、規則波を造波し実施した。また、非線形効果によりリーフ上で発生する波の成分波の挙動を知るため、3倍周波数成分までのフーリエ分解を行った。

3. 非線形分散波に対するモデル方程式

実験値との比較を行うため、運動方程式の圧力項を再評価して得られた非線形性と線形分散性を合わせ持つ方程式（筒井ら、1996）より導かれるフーリエ成分波 η_n に対する波動方程式(1)を用いる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(c^2 \frac{\partial \eta_n}{\partial x} \right) + (n\omega)^2 \eta_n = \frac{1}{2h} \sum \left\{ (n^2 - l^2) \omega^2 \eta_l \eta_{n-l} - \frac{n+l}{n-l} c^2 \left(\frac{\partial \eta_l}{\partial x} \frac{\partial \eta_{n-l}}{\partial x} \right) \right\} \quad (1)$$

上式は断面2次元に対するもので、 x ：水平座標、 h ：水深、 c ：線形波の波速、 ω ：周波数である。さらに、水深不連続部での境界条件（Tsutsui & Zamami, 1993）などを考慮し、有限要素法により数値計算を行った。

4. リーフ上での波高増幅率

図-1はステップ型リーフ上での重複波の波高分布を例示する。縦軸は入射波高に対するリーフ上での波高比 A 、横軸はリーフ先端からの距離 x を表し、 l はリーフ長、 T は入射波の周期である。リーフは $x < 0$ に置かれ、 $x = -1.5, -1.875\text{m}$ に完全反射壁が存在し、波は図の右側より入射している。図中の曲線は線形・非線形モデルによる推算値、○などの記号は実験波の波高と各成分波の波高を示す。図-1

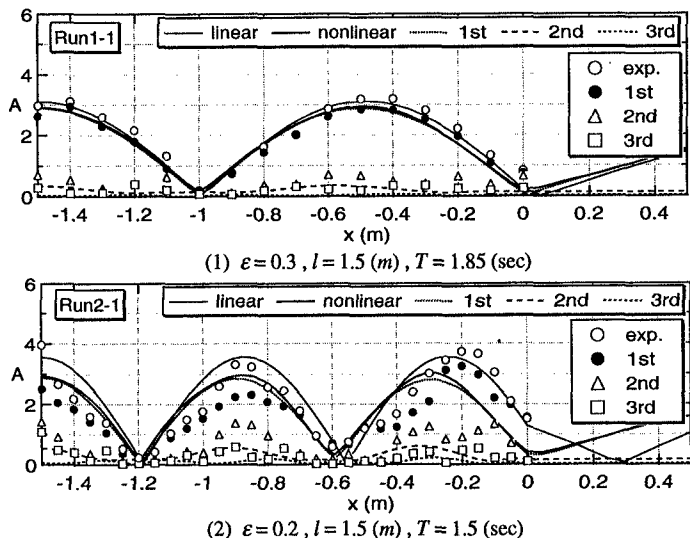


図-1 リーフ上での重複波の波高分布

長周期波、波高増幅率、非線形分散波、波高分布、リーフ

〒903-01 沖縄県中頭郡西原町千原1 TEL 098-895-8668 FAX 098-895-6434

(1) に示す水深比 $\varepsilon=0.3$ ，リーフ長 $l=1.5\text{m}$ の場合の重複波の波高分布では，波の非線形性は弱く実験値と推算値の違いが見られない．図-1 (2), (3) は水深比 $\varepsilon=0.2$ ，リーフ長 $l=1.5$ ， 1.875m に対するもので，これらの実験値はともに非線形モデルによる推算値とはほぼ一致している．しかし，基本

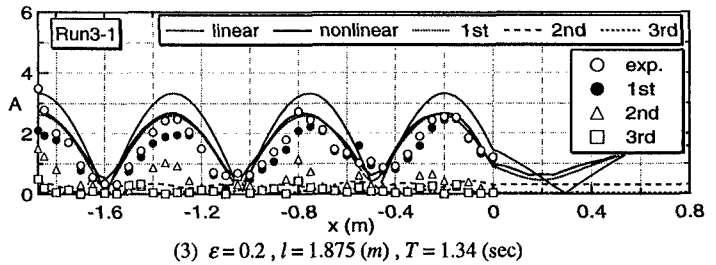


図-1 リーフ上での重複波の波高分布（続）

本周波数成分の推算値は実験結果よりやや過大で，2倍周波数成分は逆に過小評価となっている．図-1に示されているように，水深比が小さい場合のリーフ上での波の変形特性を知るには，非線形効果による各成分波の変調に伴う波高と位相を的確に評価する必要があることが判る．

図-2 はリーフ上の陸側汀線での反射率を1と仮定した場合の陸側汀線での波高増幅率を示す．縦軸は入射波高に対する波高増幅率 K ，横軸はリーフと入射波との相対規模 l/L_2 (L_2 : リーフ上での線形長波の波長) を示す．図中の曲線および記号の意味は図-1 の場合と同じである．波高増幅率が極大値を示す場合は図-1 (1) に示すようにリーフ先端に重複波の節が位置するときであり，極小値を示すときはリーフ先端に腹が位置

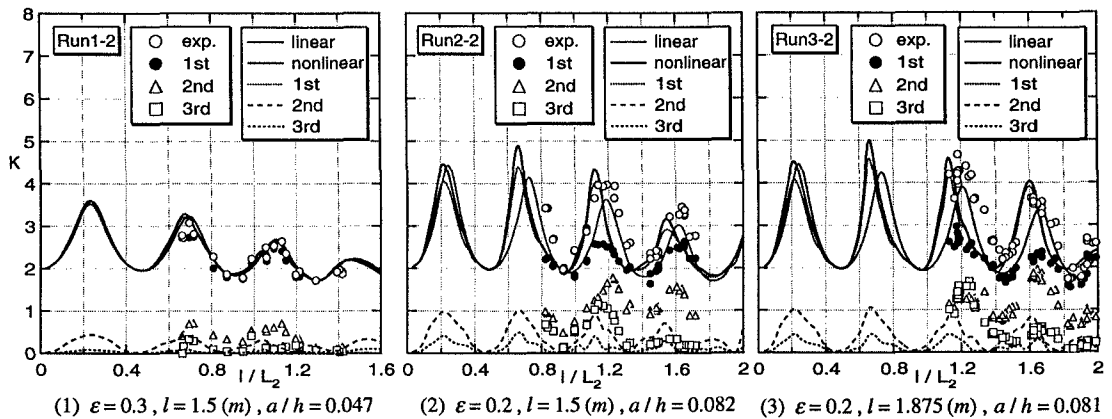


図-2 ステップ型リーフ汀線での波高増幅率

している．図-2 (1) は水深比 $\varepsilon=0.3$ の図-1 (1) に対応するもので，線形波の領域における結果となっており，実験および理論結果は良く一致している．図-2 (2), (3) は水深比 $\varepsilon=0.2$ の場合で図-1 (2), (3) に対応し，ここでは線形および非線形解の差異が明確に現れている．実験による波高増幅率は線形理論値より大きく，非線形モデルによる推算値とはほぼ一致しているが，そのピークの位置はやや短周期側（線形理論側）にずれている．成分波の波高分布は，実験結果によると，図-1 (2), (3) と同様に基本周波数成分に対しては推算値より小さく，2, 3倍周波数成分の影響が大きくなっている．これらは，水深比が小さく波の非線形性が強まったために，各成分波の変調による波高や位相の影響が現れた結果であると考えられる．

5. 結 言

リーフ汀線での波高増幅率は水深比が小さい場合には線形理論より大きくなるが，これは各周波数成分の変調の影響が顕著に現れるためであり，そのときの波の変形特性を知るには非線形解析が必要である．

参考文献

- Tsutsui, S. and K. Zamami(1993): Jump condition of energy flux at the line of bathymetric discontinuity and wave breaking on the reef flat, Coastal Eng. in Japan, JSCE, Vol.36, pp.155-175. 筒井茂明・鈴山勝之・大木洋典(1996): 浅海での非線形分散波のモデル方程式とそのステップ型リーフへの適用，土木学会，海岸工学論文集，第43巻，pp.16-20.