Experimental and Numerical Study on Breaker Types of Solitary Waves over Arbitrary Bottom

学 ○畦崎 大祐 (神戸大)

学 白井 寛和 (神戸大)

正 片岡 武 (神戸大)

Daisuke Unesaki, Kobe University, 1-1, Rokkodai, Nada, Kobe, Hyogo

Hirokazu Shirai, Kobe University

Takeshi Kataoka, Kobe University

1. 緒 言

碎波は、波形の変形過程により、「波峰の頂点前部が泡立ち始め、それが次第に波進行方向に広がりながら崩れる Spilling (崩れ波型)」、「波の前面勾配が後面に比べて急になり、波面前部を巻き込むように碎けながら波進行方向に崩れる Plunging (巻き波型)」、「波頂点は崩れずに、前面部の低い位置から現れる頂点(2次波峰)が崩れる Collapsing (巻き寄せ波型)」、「下部のほうから小さな碎波を次々に起こしながら傾斜海岸を遡上する Surging (碎け寄せ波型)」の4種類の碎波型に分類される¹⁾。

本研究では、底面地形の違いにより孤立波の碎波形状が異なる要因を、水槽実験および数値シミュレーションによって調べた。

2. 水槽実験

水槽は内径で高さ 0.2m, 長さ 3m, 幅 0.05m のアクリル製である。底面地形はメラミンスポンジを用いて模型を作製した。作動流体は水である。孤立波は、水槽の内側と同形(長方形)に模った造波板を水平方向に平行移動させることによって手で発生させた。そしてその波が碎波に至るまでの波形を撮影した。また PIV による流速測定も行った。

実験のパラメータは先端角 $\theta=10, 90(^{\circ})$ とステップ高さ $d=1, 2, 3, 4, 4.5(\text{cm})$, および入射波の最大波高 $\eta_{\max}$ である(図1参照)。ただし、水深 D は 0.05m である。

3. 数値シミュレーション

一様な重力加速度が働く系において、表面張力を無視した自由表面を持つ密度一定な非圧縮性完全流体の渦なし運動を考える。支配方程式は速度ポテンシャルに対するラプラス方程式であり、境界条件は水面上の運動学的条件と力学的条件、および底面で突き抜ける流れがない条件である。また、全ての変数は重力加速度、水の初期位置深さによって無次元化する。ここで原点が平均水面にある $x-y$ 直交座標を導入すると、孤立波は次の形の解で表される。

$$\phi = \Phi_s(x-ct, y), \quad \eta = \eta_s(x-ct) \quad (1)$$

ただし、 c は孤立波の伝播速度であり、 Φ_s の空間微分と η_s は $x \rightarrow \pm\infty$ で減衰する。数値計算法としては、過去の水面波の数値計算において広く利用され、その有効性が確認されている境界要素法(BEM)を用いた²⁾。計算パラメータは $\eta_{\max}$ (=最大波高)/(水深) (=0.1, 0.3, 0.5, 0.7), θ (=10, 30, 45, 60, 70 $^{\circ}$), および d (=0.1~0.9) である(図1参照)。

Fig.1 Geometry

4. 結果および考察

(1) 碎波形状の分類および傾向

$\eta_{\max}$ または d が大きくなるほど碎波型は Spilling → Plunging → Collapsing の順に変化していく傾向が分かった。ただし $\theta=10^{\circ}$ の場合には Collapsing には至らない(図2参照)。

Fig.2 Breaker types distribution as functions of $\eta_{\max}$ and d .

(2) 流速分布

それぞれの碎波型について流速分布を調べた結果、Spilling および Plunging は水深の減少(非線形性の卓越)による波の突っ立ちが、Collapsing はステップ底面の角を回る強い流れがその碎波型に主な影響を及ぼしていると考えられる。

Fig.3 Flow velocity distribution of Spilling breaker by PIV.

Fig.4 Flow velocity distribution of Plunging breaker by PIV.

Fig.5 Flow velocity distribution of Collapsing breaker by PIV.

文 献

- Galvin C. J., Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches, (1968), J. Geophys. Res. Vol. 73, No. 12, pp. 3651-3659.
- Tanaka M., Dold J. W., Lewy M. and Peregrine D. H., Instability and breaking of a solitary wave, (1987), J. Fluid Mech., Vol. 185, pp. 235-248.