

II-97

波状段波の砕波前後における水理特性に関する実験

東北大学工学部 学生員 ○原田 賢治
 東北大学工学部 正 員 今村 文彦
 東北大学工学部 正 員 首藤 伸夫

1. はじめに

砕波帯付近における諸現象の理解のためこれまで多くの研究が行われてきた。しかしながら、工学上重要となる砕波・砕波後の波動場の取り扱いに関しては、いまだ多くの未解決の問題が残っており、物理性・一般性を兼ね備えたモデルの開発、研究が行われているのが現状である。その中でも、津波などの長波の砕波やその後の波状性段波の形成・伝播に関するものは、わずかししか研究されておらず、不明な点が多い。そこで本研究では、その伝播過程における水理特性の変化を実験データから求め、その特徴について報告をする。

2. 実験方法

実験は東北大学工学部屋外実験装置を用いて行った。水路は全長 100 m、幅 1 m のコンクリート製の二次元水路で、水路端から 17.5 m は水深 73 cm の低水路部、ついで 2.5 m の 1/5 勾配の急斜面、さらに水深 23 cm で長さ 40 m の高水路部、その先は傾斜 1/100 の斜面部 20 m、水深 3 cm の水路 20 m となっている。鉛直造波板を一度だけ水平移動させ孤立波を造波した。波は、1/5 勾配において前傾化し、分裂が始まり、高水路部において砕波する。測定密度は水平方向に 1~2 m、鉛直方向に 5 cm 間隔である。水位変動は容量式波高計で、流速は静水面下を電磁流速計、静水面上をプロベラ流速計で計測した。計測結果を 20 Hz で離散化し、水理量の計算に用いた。

3. 実験結果

(1) 最大波峰変化

まず、図 1 に各計測地点における第 1, 2, 3 波の最大波峰高の変化を示す。第 1 波は砕波地点 (6.5~7.0 m) まで波峰高を増大させ、砕波後には波頂部が崩れ急激な波峰高の減少を示す (6.5~11 m)。この区間では水塊の突入による激しい気泡の混入が見られる。その後、第 1 波は前面に気泡の混入した段波となり、しだいに波の形を整えながら、一定の割合で波峰高を増加させている (11 m~)。主峰後方には 2 つの分裂波が形成されている。

(2) 最大流速分布

図 2 は各計測地点での最大水平流速の鉛直分布を表している。砕波点に近づくにつれ流速が増加し、計測位置の高いところ程流速が大きくなっている。砕波後の気泡の混入した状態 (X=7, 8, 9, 10) では、水面近くでの流速が非常に大きくなっている。

(3) 走時曲線

各計測地点における、第 1 波の静水時からの立ち上がり点（ゼロアップクロス点）と立ち下がり点（ゼロダウンクロス点）の通過時間、およびその時間差を図 3 に示す。ゼロアップ・ゼロダウンの時間差を見ると砕波の前後では、傾向に違いがある。砕波点前ではこの時間差はほぼ一定であるが、砕波点後にはゼロアップクロス点の位相速度が増加するため、時間差が大きくなっている。これは砕波による水塊の突入によるためと考えられる。

(4) 運動量変化

図 4 に、各計測地点ごとのゼロアップ・ゼロダウンクロス間の、運動量通過量 M と砕波地点の運動量通過量 M_b の比を示す。白抜きは砕波前、塗りつぶしたものは砕波後のものである。ここで用いた運動量 M は、密度を ρ 、静水深を h 、静水深からの水面の変化を H 、静水圧からの変動圧力を P_w 、ゼロアップクロスからゼロダウンクロスまでの時間を T として次式で表される。

$$M = \int_0^T \int_0^{h+H} [\rho(u^2 + w^2) + P_w] dz dt = M_v + M_p$$

ここで

$$\int_0^{h+H} P_w dz = \int_0^{h+H} \rho g \left(h + H - z + \frac{h^2 - z^2}{2g(h+H)} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \right) dz - \frac{1}{2} \rho g h^2$$

である。 P_w は直接測定が困難なため、測定水位と測定流速を用いて、アーセル数の大きい場合の非線形分散波理論より求めたこととなる。鉛直流速 w については、連続の式を底面から水面まで積分し、底面で $w=0$ の境界条件により水面での鉛直速度を求め、鉛直方向に線形分布させて推定している。

砕波後、 M_b は第 1 波の波峰高減少により減少している。 M_v は緩やかに減少している。これは気泡混入による流速の減少のためと考えられる。

(5) エネルギー変化

図5に、各計測地点ごとのゼロアップ・ゼロダウクロス間の、エネルギー通過量 E と砕波地点での通過量 E_b との比を示す。ここで用いたエネルギー E は、次式で表される。

$$E = \int_0^T \int_{-h}^H u \left\{ \frac{\rho}{2} (u^2 + w^2) \right\} dz dt + \int_0^T \int_{-h}^H u (\rho g z + P) dz dt = E_k + E_p$$

砕波点 ($X=6.5\text{ m}$) から $X=10\text{ m}$ にかけてエネルギー E が急激に減少している。これは、この区間で第1波峰高さが大きく減少していることから判るとおり、位置エネルギーの減少によるものである。一方、運動エネルギーは緩やかに減少している。これは、気泡混入や底面摩擦などにより長い区間にわたって緩やかに減少していると推定できる。これらの結果は永富ら¹⁾ (1985) と同じである。

4. おわりに

砕波による波高の急激な変化は、短い区間での位置エネルギーの大損失を起こしている。砕波による気泡混入は、緩やかな運動エネルギーの減少を引き起こしている。今後、気泡混入によるエネルギー減衰項、砕波直後の波高減衰に対応するエネルギー減衰項を含んだモデルを作る予定であり、各減衰項を決定するための実験が必要である。

参考文献

- 1) 永富雅司・後藤智明・真野 明：ソリトン波列の砕波変形に関する実験，第32回海岸工学講演会論文集，1985。

