

砕波先端部の運動諸量と砕波形式の関係

岐阜大学 正会員 安田孝志 学生会員 陸田秀実・○水谷夏樹

[1. 緒言]

砕波の理論的実験的取り扱いの困難さから、砕波時の運動諸量の解明は遅れている。このため、砕波による波圧や波力はその水粒子速度や加速度に支配されているはずであるが、これらとの関係で取り扱われず、依然として経験式によって計算されているのが実情である。ここでは、BIMによってステップ上での孤立波の砕波に至る変形計算を行い、波形の突立ちから巻き込みまでの砕波時の運動諸量について調べ、それらの砕波形式との関係を明らかにする。

[2. 計算手法および条件]

ここで用いる計算手法は、著者らによるBIMに基づいており、波形変化だけでなく水粒子速度に対しても十分な精度を有していることが既に実証されている¹⁾。ここでは、出来るだけ余計な因子が介入しないようにするため、入射波を波高水深比 $H_1/h_1 = 0.5$ の孤立波とし、これを相対天端高 $R/h_1 = 0.28$ から 0.60 までのステップに入射させ、崩れ波型から巻き波型までの砕波を発生させる。表-1にこれらの条件と著者らの分類式²⁾による砕波形式とを示す。

[3. 砕波時の波形変化と運動諸量の時間変化]

ここでは、崩れ砕波および巻き砕波の代表例として Run1 および 5 のケースについて峯高 η_{max}/h_1 、波頂点での水粒子速度 u_c の波速 c に対する比 u_c/c 、各時刻での最大水粒子速度 u_{max} と c の比 u_{max}/c 、波面の最大傾斜角 θ の時間変化を図-1に示す。ここで用いる波速は各時間ステップ毎の波頂点の水平方向の移動速度として定義されたものであり、図にはステップに入射する直前から砕波後の巻き込みまでの変化を示している。なお、計算はエネルギー誤差が1%に達するまで行っている。また、図-2は砕波限界前後の波形の変化特性を水平および鉛直方向の水粒子速度と加速度の水面上での最大点の位置とともに示したものであり、その波形変化からそれぞれの砕波形式に対応していることが確認できる。これらから、波形に比べて波頂点での諸量である η_{max} や u_{max} 、 θ の変化には砕波形式による差異は余り見られず、むしろこれらの諸量の変化には砕波形式に独立した普遍性が認められる。ただし、 $\theta < -90^\circ$ となって巻き込みが始まって崩れ砕波では η_{max} の増大がなお続いているが、巻き砕波では $\theta \approx -90^\circ$ 付近で上限に達している点に差異が認められる。また、 u_{max}/c について見ると、 $\theta \approx -90^\circ$ 付近から急激に増大し、巻き砕波では $\theta \approx -180^\circ$ 付近ではほぼ上限に達したように見えるが、崩れ砕波ではなお増大が続いている。このように、仔細に見れば、 η_{max} と u_{max} の振舞いに砕波形式が影響していることがわかる。いずれにしても、 η_{max} の変化が砕波限界前後で小さいのに対し、 u_{max} の変化は著しく、砕波特有の内部特性が顕れており、砕波限界時の水粒子速度などの諸量をストークス波理論や流れ関数法によって行うことに問題があることがわかる。さらに、図-2に示した水粒子速度と加速度の最大点について見ると、鉛直方向成分では波頂点よりもかなり下になっている。これは、砕波が直立壁に衝突したときに激しい打ち上げが生じることに符号している。一方、水平方向成分では砕波形式による相違が大きく、崩れ砕波の場合には砕波限界後の最大点は共に波頂先端部に集中している。しかし、巻き砕波の場合では水粒子速度の最大点は波頂先端の直下であるのに対し、加速度の最大点はこれよりも若干下となっている。このことは、砕波の衝突による最大衝撃圧は砕波限界時よりも少し後でかつ波頂点の位置よりも少し下で生じることを示唆するものと言える。

図-3は、これまでほとんど未解明であった砕波後の波頂の巻き込み時の水粒子の加速度場を水平および鉛直方向についてそれぞれ示したものである。これから、加速度場で見ると、砕波形式による差異が一目瞭然であり、巻き砕波では崩れ砕波には見られない強い水平方向の加速度領域が出現している。それが波頂部付近ではなく、その下に現れているという事実は、そこでの鉛直上向きの加速度と併せて強い巻き込みジェットの生成がこれらの加速度によっていることを示している。いずれにしても、このような加速度場の砕波形式による大きな差異は、砕波形式と巻き込みジェットの規模との関係を端的に示すものと言え、今後はこうした加速度の影響を明らかにしていく必要があろう。

[4. 結語]

砕波限界までは運動諸量の砕波形式による差異は小さいが、巻き込み過程で増大し、特に加速度場に大きな差異が生じることを明らかにした。これは、砕波形式の差異を単に波形のみで捉えるのではなく、加速度まで含めた内部特性との関連で捉える必要があることを示すものであり、今後の課題となろう。最後に、本研究は一般研究Bによる成果であることを付記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) Yasuda, T. et al.: Internal velocity field at incipient breaking of a solitary wave over a submerged dike, proc. 15th Int. Conf. BEM, pp. 180-192.
- 2) 安田, 榊原: ステップによる孤立波の砕波形式の定量的評価と支配法則について, 海岸工学論文集, 第39巻, 1992, pp. 51-55.

表-1 計算条件と支配パラメータの値

Run	H_1/h_1	R/h_1	ξ'_s	β_4	Breaker type
1	0.5	0.28	0.3695	0.0857	Spilling
2	0.5	0.33	0.4354	0.1230	Spilling
3	0.5	0.36	0.4750	0.1460	Transient
4	0.5	0.40	0.5278	0.1779	Plunging
5	0.5	0.60	0.7917	0.3668	Plunging

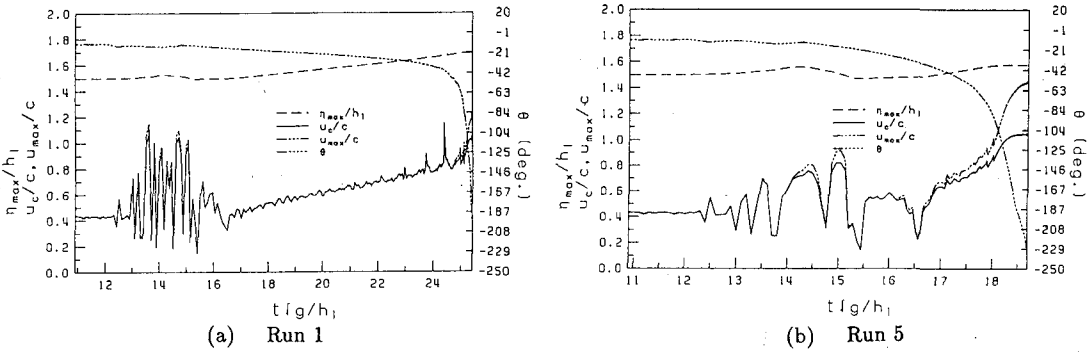


図-1 波峯部の運動諸量の時間的変化

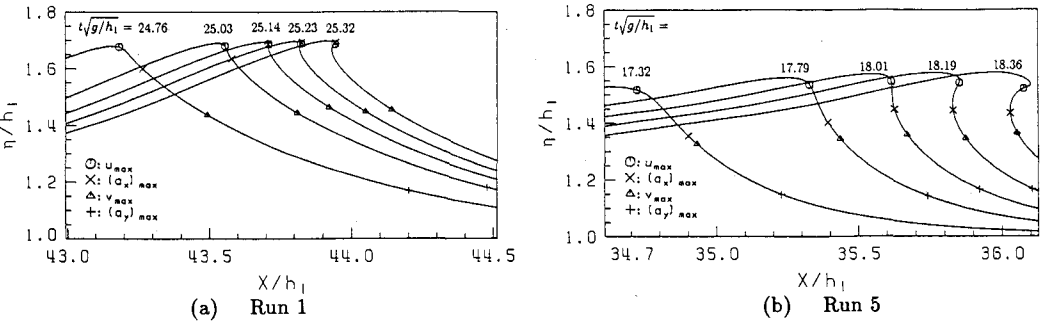


図-2 砕波限界前後の波形変化と水粒子速度および加速度の最大点の位置の変化

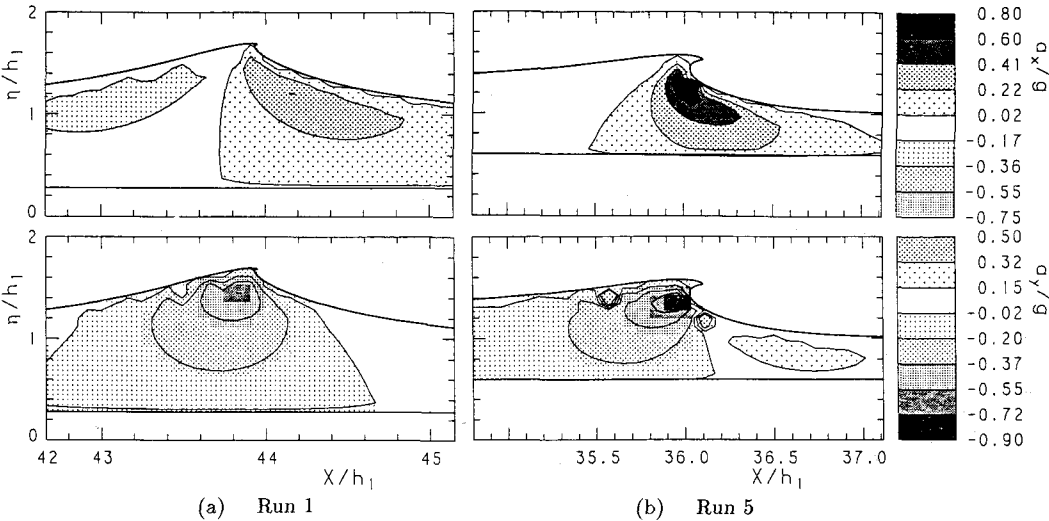


図-3 砕波後の巻き込み時の水平および鉛直加速度の空間分布