

斜面上の崩れ波型砕波の砕波後の運動機構の数値解析

京都大学工学部 正 員 酒井哲郎
戸田建設(株) 正 員 ○村井和彦
京都大学大学院 学生員 畑中克也

1. まえがき 砕波後の波においては、峰から飛び出した水塊が前面の水面に突っ込み、トラフ水面から新たな水塊が飛び出し、さらにその突っ込み点付近では水平軸を持った大規模な渦状運動が生じることが知られている。従来砕波現象は、主に実験的研究と数値計算による研究より解明が行われているが、水理実験では砕波は非常に複雑な現象であり、また砕波後の波は多量の気泡を含むため定量的な解明は不十分である。数値計算によるものはポテンシャルの仮定を用いており、砕波後は水塊の突っ込みにより強いシアが働くため、これ以後の計算ではこの仮定を用いることはできない。本研究では、この様に変化の激しいせん断流れの運動の数値シミュレーションに有効であると考えられるMAC法を用いて、既に行なった巻き波型砕波と同様の解析を行い、砕波形式の違いによる相違を中心に議論する。

2. 計算方法と計算結果 計算方法は酒井ら¹⁾の巻き波型砕波の計算と同様であり、用いたプログラムは武本ら²⁾によるMAC法のプログラムを水谷³⁾が改良したものである。また初期条件として滝川ら⁴⁾の有限要素法による実験水槽内の斜面上の砕波直前の流速および波形の計算データを用いた。図-1は典型的な崩れ波型砕波である斜面勾配1/20、周期1.0sec、沖波波高勾配0.0735の場合について $\Delta x=1.0\text{cm}$ 、 $\Delta y=0.5\text{cm}$ 、 $\Delta t=0.0025\text{sec}$ で行った計算結果を示すものである。各図の上は流速ベクトル図、下はマーカー図である。(1)は計算を始めてから0.30sec後のものであり、波の峰から水塊が飛び出しjetを形成している。(2)は0.35sec後のものであり、水塊が前面の水面に突っ込んでいる。(3)は0.65sec後のものであり、第3回目の水塊の突っ込みが生じている。これらの図を巻き波型の計算結果と比較すると、崩れ波型の場合でも巻き波型の場合と同様にjetが存在し、そのjetが前面の水面に突っ込むことにより大規模な水平渦状運動が生じていることがわかる。さらに突っ込んだ水塊は前面の水面から再び跳ね上がって第2、第3のjetを形成することがわかる。しかし崩れ波型砕波は巻き波型の場合よりjetのスケールが小さく、またjetが前面水面に突っ込む際の

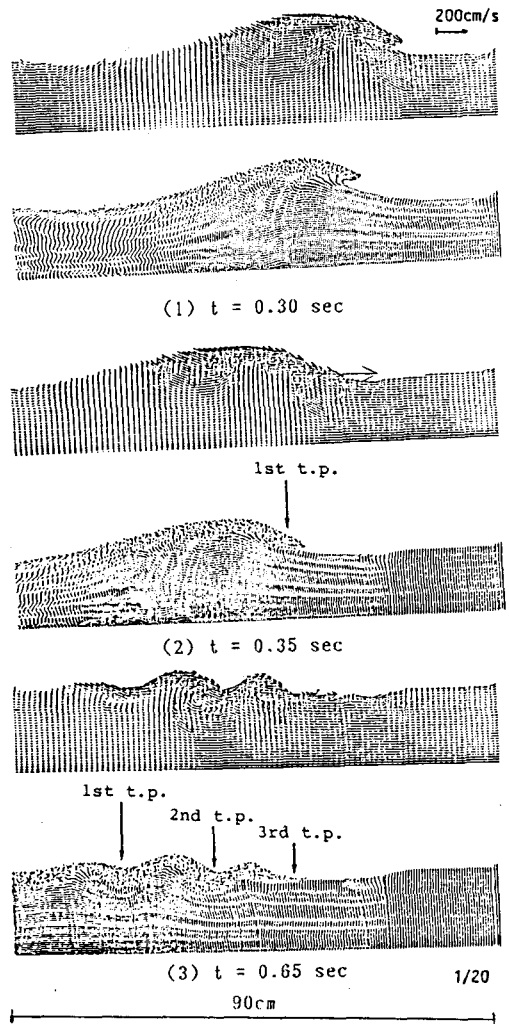


図-1 計算結果

Tetsuo SAKAI, Kazuhiko MURAI, Katuya HATANAKA

角度も小さくjetの下側が水面に接触する感じである。さらに水塊の接触によって形成されるtubeは生じにくく、水塊の跳ね上がりの規模も小さく、全体として水塊が水面上を滑っていく感じである。

3. 考察 考察するにあたって数値計算上の誤差を取り除くために、各セルの回りの8セルの値の120%を超える値は無視するという基準を設けた。以下ではこの基準にしたがって誤差を取り除いた上で議論する。図-2はjetが発達している時点でのx方向水粒子速度のコンター図である。この時点でjetの中心付近に計算時間内で最大の流速が現れている。この値は線形長波波速の値で無次元化すると2.0となり、Jansen⁵⁾の実験結果に比べるとかなり大きい。Newら⁶⁾によるポテンシャルの仮定を用いた計算結果とは一致している。その後は各時間ステップでの最大水平流速はjetの先端付近で現れているがその値はほぼ単調に減少している。巻き波型砕波の場合は計算時間内での最大流速は水塊が突っ込んだ際にその突っ込み点付近で現れている。またjetの背後での流速が大きい領域は巻き波型の場合の方が大きく、jetのスケールの違いはこのことで確かめられる。次に水塊の突っ込みにより生じるいくつかの水平渦状運動の循環の時間変化を図-3に示す。

ここで循環の計算径路は一辺4cmに統一した。この図を見ると各渦状運動の循環の値は時間と共に指数関数的に単調減少しており、エネルギーを失っていく過程がみられる。なお巻き波型砕波の場合についても径路の大きさを統一して再計算すると崩れ波型の場合と同様に指数関数的に単調減少する結果となった。さらに図-4に最初の水塊の接触の際の渦度のコンター図を示す。突っ込み点付近よりjetのつけね付近までは値は大きく、この付近で強いシアが働いていることがわかる。各時間ステップでの渦度の最大値は水塊の突っ込みの際には突っ込み点付近で現れ、さらにjetが発達していく際には突っ込みの際の値よりは小さいがjetの根元あたりで現れる。巻き波型の場合は、値の大きさは少し大きいものの空間的分布の傾向は崩れ波の場合と同じである。

4. 参考文献 1) 酒井ら、第34回海講、1987.,

2) 武本ら、京都大学大型計算機センター広報、1981.,

3) 水谷、京都大学大学院修士論文、1986., 4) 滝川ら、第30回海講、1983., 5) Jansen, J. of Coastal Eng., Vol. 9, 1986., 6) New et al., J. of Fluid Mech., Vol. 150, 1985.

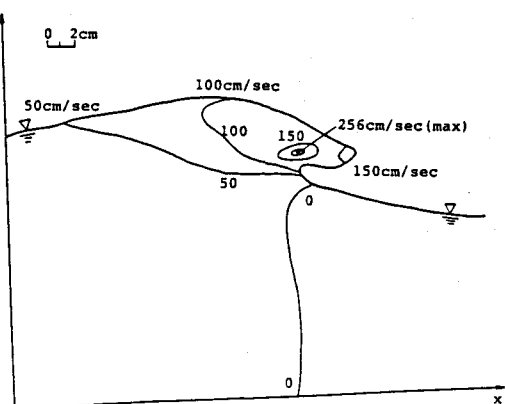


図-2 水平方向流速コンター ($t = 0.31 \text{ sec}$)

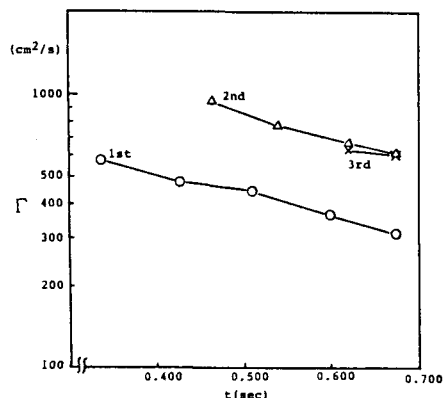


図-3 水平渦状運動の循環の時間変化

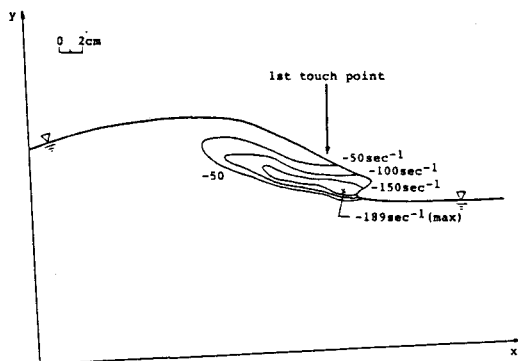


図-4 渦度コンター ($t = 0.36 \text{ sec}$)