II －74

波状段波先端部のMAC法による解析

東北大学工学部　学生員　○倉吉　一盛
東北大学工学部　正会員　　今村　文彦
東北大学工学部　正会員　　首藤　伸夫

1.はじめに

砕波直後の流動は現在数多くの研究がなされ、精度の高い数値計算も行われるようになった。それに対し、その後の過程、つまり再び形が整った波が再形成される過程は、解析が進んでいない。本研究は、水理実験と、それに対する数値計算とを行い、砕波から再形成に至る波の運動過程の解明を試みるものである。

2.水路実験について

実験には図1に示す全長100m、幅1mの水路を使用した。実験方法としては、水路端の造波機で波状段波を発生させ、その波が砕波、段波を経て再び保存波を形成する間の各点での波高と水深10cm、水面上5cmでの流速を測定する。

図2には実験で測定された時系列波形を示す。上から順に砕波直前の波高の増大、砕波直後、その後の第一波が卓越する波状段波への移行を表している。

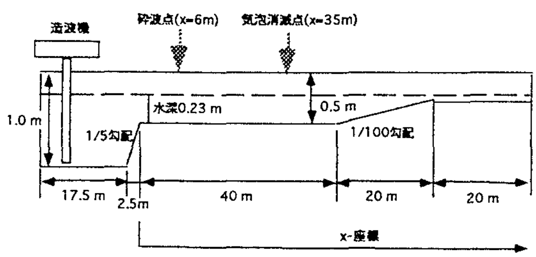

図1 実験水路図

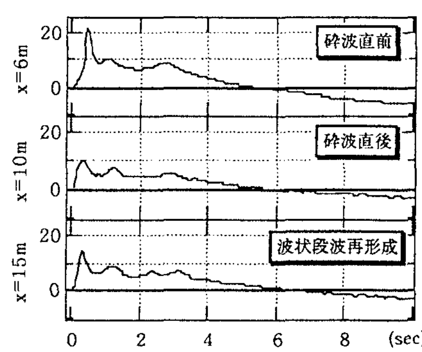

図2 各測点での時系列波形 (cm)

3.数値計算について

3-1　MAC法

今回、数値計算による実験のシュミレーションには、MAC法を使用した。MAC法は、N.S式(乱流ではReynolds方程式)を直接解いているので、鉛直方向に加速度や速度変化を持つ流れにも有効である。また、MAC法の大きな特徴は、各流体格子に質量を待たないマーカー粒子を配置していることである。このマーカー粒子は、周りの流速に基づき移動、移動後のその配置により、次時間ステップの流体の形状や自由水面位置を決定する。これにより複雑な自由水面を持つ流動も再現することが可能である。以上のような利点から、MAC法は砕波の再現にも多用される。

3-2　計算条件

計算にあたっては、支配方程式としてN.S式と連続の式を用いており、乱流のReynolds応力は考慮しない。計算領域と初期条件を図3に示す。初期条件として、図中のように水面を隆起させた状態を計算領域内に与えた。実験により得られた波高及び流速を境界条件として与える方が比較のためには良いが、現在の所、この方法に困難があるため、以上の方法を採った。計算は2次元として行った。計算格子のサイズは、0.1m(水平方向)×0.02m(鉛直方向)である。

3-3　計算結果

各時間の波形を表すマーカー粒子の場所的分布を図4に示す。x=5m点付近で先端部の波高が極大となって砕波を起こし(t=8.68sec)、その後この波高が進行とともに下がり、x=10mまでに短周期波動のない段波が形成される(t=10.63sec)。ここまでは比較的実験を再現出来ている。その後の過程では実験と比べて波形がほとんど変化せず、砕波段波として波状段波とはならずに進行する。これは、実験では入射波形そのものが波状段波であるのに対し、計算では孤立波に近いため生じた差であると思われる。

次に砕波前と段波形成後の、波前面での流速ベクトルを示す。まず砕波前の流速ベクトル分布図を見ると、波上部前面の流速が局所的に大きく、それより下部の流速は、上方の波の位相に対応して分布している。これに対し段波形成後のものは、砕波フロントから後方約4mまでの水表面部で流速が大きくなっている。これは砕波段波として上方の水塊が段波前面に巻き込まれていくという、実験での観測結果に一致している。また、平均水面下部の流速は、上部に対し不連続となり著しく小さく、位相の変化も見られない。

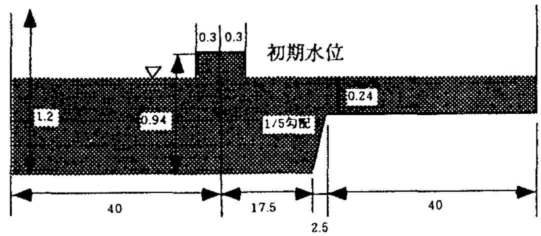

図3 計算領域及び初期条件 (単位: m)

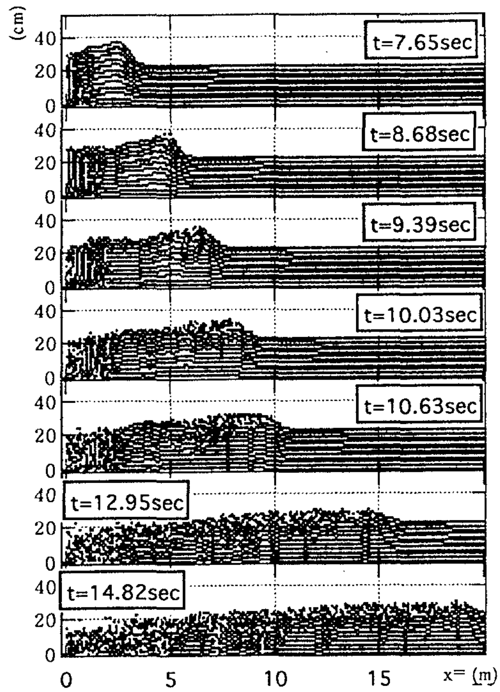

図4 各時間のマーカー粒子の分布

5.まとめ

砕波を含む段波の数値計算を行った。今回の計算方法では、水理実験での波を境界条件として与えることが出来なかったためもあって、実験値を再現するには至らなかった。ただ、砕波段波の特徴である流れ分布の再現は出来た。今後は、さらに改良を重ね、より詳しい実験結果と併わせ、解析に望みたい。

謝辞

本研究における、津久井啓介氏をはじめ大林組技術研究所の方々の多大なる協力に対し、感謝する。

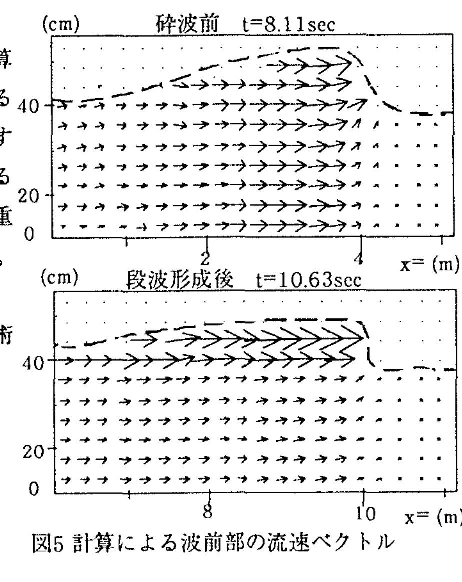

図5 計算による波前部の流速ベクトル