

(II-71) 数値波動水路による浅海波浪の解析に関する一考察

防衛大学校 学生会員 喜田 義輝
同 上 正会員 藤間 功司
同 上 正会員 重村 利幸

1. はじめに

海岸構造物の設計などにおいて、水理実験に代わり数値解析が用いられつつある。特にVOF(Volume Of Fluid)法は水表面が複雑になる浅海域における波浪の解析も比較的簡単に実施できるため、工学的に広く使われている。

海岸構造物の設計に使うためには、砕波領域を含んだ計算を行うことが不可欠である。しかし、通常のVOF法では、流体内に存在する気体は上昇速度を持つことなくそのまま流体内に蓄積されてしまう。その際、数値計算において、砕波によって混入した気泡を上昇させず放置すると、計算時間の経過につれて水中に多くの気泡が蓄積され計算に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、気泡を合理的に除去する必要がある。そのためには気泡に対して運動方程式を解けば理想的だが、このような細かな現象に対して複雑な解析を実施しようとする計算が鈍重なものとなる。そこで、本研究では従来のVOF法の計算を複雑にすることなく、砕波によって生じる気泡を簡単に除去する方法の開発を試みる。

2. 計算方法

VOF法では、各セル毎の流体の占有率 F の移流方程式を解き、 F 値の分布により自由表面を表現する。しかし、実際現象としては気泡が混入した場合、図1に示すように同一セル内に小さな気泡が分散したり、逆に複数のセルにまたがった大きな気泡が生じることが考えられる。従って、VOF法の考え方の中で流体内に生じる気泡の形状を定義することは難しい。さらに、気泡の上昇速度は温度や大きさによって変化するため、各セルにおける気体の運動を詳細に解析することは困難である。

そこで、本研究ではTimer-Door法として以下の仮定で計算した。(図2参照)

- (a) 気泡の上昇速度は形状及び水温に関係なく一定(w_b)とする。
- (b) 気泡は上方に隣接するセルに向けて移動させる(上方にあるセルの F 値(流体量)で気体部分を補充する)。
- (c) 各セルの上辺にTimer-Doorを設ける。Doorは通常のタイムステップでは閉じられており、気泡は移動できない。気泡が1セル幅を移動に要する時間($\Delta z/w_b$)毎にDoorは開かれ、気泡はセル内のどの位置にあっても平均的に Δz だけ移動できる。

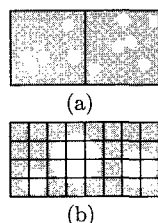


図1 気泡の分布

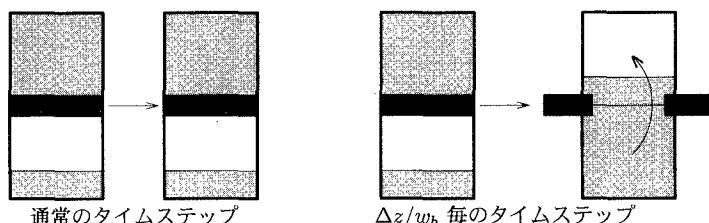


図2 気泡の移動

3. 計算結果

計算条件を図3に示す。計算領域を水平方向に300分割、鉛直方向に40分割している。水路長は30.0m、水路高2.0mとした。また水路内に、勾配1/10の斜面を設ける。入射波は、周期2.4s、波高0.25m、水深1.0mとする。また、本研究では $w_b = 0.2\text{m/s}$ とした。

気泡の上昇処理を行わないVOF法による波形の計算結果を図4(a)、Timer-Door法を用いた結果を図4(b)にそ

Keywords: 数値波動水路, VOF法, 砕波, 遡上

連絡先: 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20, tel:0468-41-3810, fax:0468-44-5913

れぞれ示す。

時刻 $t=11.8s$ で1波目による碎波が生じる。この時点ではまだ両者の結果にほとんど差は見られない。 $t=12.1s$ で1波目による気泡が発生する。 $t=14.4s$ で2波目による碎波が生じる。斜面から離れた非碎波領域では結果にほとんど差は見られない。図4(a)では1波目の気泡が徐々に蓄積されているが、図4(b)では気泡が上昇し、計算領域内から除去されている。

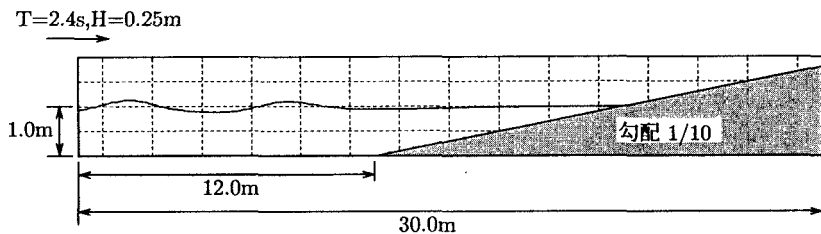


図3 計算条件

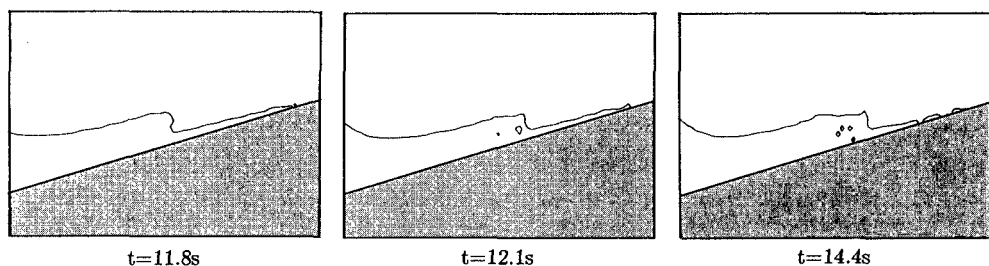


図4(a) 通常のVOF法による水表面の計算結果

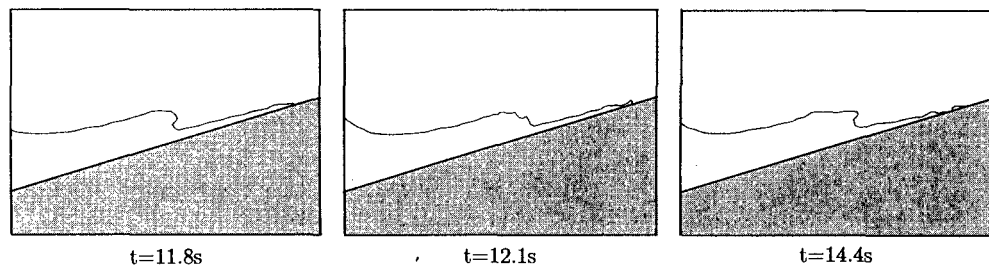


図4(b) 処理後のVOF法による結果

4. 結論

気泡の除去を行うことによって、計算時間が経過しても流体内に気泡が蓄積することなく、より安定した結果が得られた。また、Timer-Door法を用いた場合の計算時間は通常のVOF法の計算時間とほとんど同じであった。従って、実用的な気泡処理法としてTimer-Door法は有効であると考えられる。

謝辞 本研究の一部は「数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究会」(代表：東京大学磯部教授)の活動の一環として行われました。ここに記して、関係各位に謝意を表します。