SOLA-VOF 法を用いた孤立波砕波の数値計算

国土総合建設(株)	正員	千田勝幸
足利工業大学工学部	正員	長尾昌朋
足利工業大学工学部	正員	新井信一
足利工業大学工学部	正員	上岡充男

1. はじめに

砕波帯内では流体が急激かつ複雑な運動しているため,流体運動の内部構造を正確に把握されていないのが 現状である.これまでの研究¹⁾で我々は,可視化手法を用いた実験により,孤立波の砕波時の波形や流速分布 を詳細に測定することができた.しかし,砕波帯の流体運動を多様な条件において全て実験で解明することは 困難であるため,数値的な再現が必要とされる.2次元鉛直断面で砕波を再現する場合,砕波の突入をも考慮 すると,流体の基礎方程式を直接数値計算する必要がある.近年の計算機・計算手法の発展で直接数値計算法 を砕波帯に適用した研究が多く行われるようになった.そこで本研究では,このような直接数値計算法の一つ で,自由水面の取り扱いも可能としたSOLA-VOF法を用いた数値解析を行い,斜面上での孤立波砕波の再現 を試みた.しかし,現実的な大きさの計算格子では底面形状などを十分に表現できず,現実と異なる流れとな るため,ポーラスモデルを取り入れて改善を図った.

計算手法

本計算手法で用いた基礎方程式は,ポーラスモデルに基づいた連続の方程式と Navier-Stokes の運動方程式 である.これらの方程式を SOLA 法を用いて数値計算する.また,水面の取り扱いには計算格子内の流体の 占有率を表す VOF 関数を用い,SOLA 法で得られた流速分布を用いて移流計算を行う.計算領域は,図-1 に示す 16m×0.7m の鉛直断面である.これを 800 × 35 の格子に分割した.そして右端に勾配 1:20 の斜面を 設定した.実験ではピストン型造波機で孤立波を発生させたが,計算では初期条件として実験条件と同様の 水深 0.40m,波高 0.1272m の孤立波を x=3.4m の位置に置き,水位と流速分布を 3 次近似式で与えた.また, $\Delta t = 1/500s$ とし,5 秒間の孤立波の挙動を再現した.

3. 計算結果

図-1 にt = 4.5sまでの孤立波の挙動を示す.図中の実線は本研究での計算値を,点線は参考となる実験値を 表してる.水平床部分では計算値と実験値は非常に良い一致を示している.しかし,斜面を進行するにつれて 計算値の浅水変形がやや早めに起きている.図-2~図-4 に砕波点付近までの流速分布の掲示変化を示す.図 中の太線は水面を表している.細線は圧力の等値線で,圧力水頭に換算して5cm間隔である.また,ベクトル は流速を表している.波高の増幅と波形の前傾化が急激に起きている.しかし,波頂部の進行がやや遅く,上 方に伸びる傾向にある.図-5 に砕波点での流速分布を示す.(b)の実験値の座標は原文の通りであるが,比較 できるように(a)の計算値も同じ範囲を表示している.(a)の数値計算では浅水変形が強く現れるため,砕波 点(x = 14.2m)にやや早く到達しているが,砕波点の位置や波頂部を除く流速分布は良く一致している.数 値計算ではこの後の水面形が不安定になり,計算が発散してしまった.これは,砕波点近くの非線形性が非常 に強い領域で境界条件の精度が不足したためと考えられる.

4. 今後の展望

ポーラスモデルを採用したところ斜面の段差の影響はほぼ解消でき,斜面上での孤立波の挙動を数値計算を 用いて再現することができた.しかしながら,砕波点付近のような非常に非線形性の強い領域では,水面付近 での境界条件などに精度の不足する要素があるため,砕波の突出までを計算することができなかった.今後は この点を改良し,砕波突出部の再現を試みたい.

Key Words: 孤立波 , 砕波 , ポーラスモデル , SOLA-VOF法

^{〒 326-8558} 栃木県足利市大前町 268 Tel. 0284-62-0605 Fax. 0284-64-1061



(a) 数値計算(t=4.83s)



参考文献 1) 宮本ら:孤立波の水面形と流速分布の可視化計測,海岸工学論文集,46,pp.131-134,1999.

-555-