鹿児島大学大学院 学生員 〇中村隆志 鹿児島大学 工学部 正会員 柿沼太郎 浅野敏之 佐藤道郎

1. はじめに

現在,海岸保全構造物である離岸堤に代わるもの として潜堤を用いる事例が増えている.しかしなが ら,離岸堤周辺の洗掘現象や,構造物背後の海岸侵 食等,構造物設置に伴う問題も起きている.そのた め,工学的に潜堤周辺の波の挙動・特性を把握する ことは重要な課題である.近年コンピュータの急速 な性能向上によって Navier-Stokes 方程式を直接解く ことが出来るようになり,様々な数値モデルが開発 され,複雑な波動現象を再現できるようになってき た.本研究は複雑な自由表面を伴う流れに適用可能 な SOLA-VOF 法 (Nichols ら, 1981)を用いて,潜 堤上を進行する波浪について数値計算を行い,潜堤 周辺の波の挙動と内部機構について検討を行う.

2. 数値モデル

数値モデルには SOLA-VOF 法に若干の改良を加え た数値モデルを使用する.基礎方程式は 2 次元非圧 縮性流体を対象とした Navier-Stokes 方程式と連続の 式である.対象とするセルが流体であるか,気体あ るいは表面であるかは VOF 関数 F 値の値によって決 まる.流体セルなら 1.0,気体セルなら 0.0,表面セ ルなら 1.0~0.0 の間の値となる.ところが,解析を 実行すると,表面セル近傍において,F 値が 1.0 より 小さい流体セルが発生し,水量の変化や波形が崩れ るといった問題が発生した.そこで問題となる表面 セル,流体セルの F 値を一度足して再分配し,F 値 が 1.0 より小さい流体セルをなくす補正を行った.

造波方法は造波境界で微小振幅波理論の水粒子の 速度を与えている.また,造波境界では多重反射を 軽減するために反射吸収造波を行う.反射吸収造波 とは,ある地点 (x_{l},y_{l}) で反射波の情報を得て,それ を基に反射波を相殺する補正量 (u_{*},v_{*}) を造波境界に て流速に加える方法である.しかし,造波境界にて 流速を与えているが,造波と共に境界から新たに流 体が流入してしまい,計算領域の水量が増大し,平 均水位が上昇してしまうという問題が発生した.図 -1はtan θ =1/20の一様斜面上の地形に周期3秒の波 を入射させたときの計算領域内の水量変化を示した ものである. CASE-B1 (F 値補正無し), CASE-B2 (表面近傍の F 値補正有)より周期毎に水量が増加 していく傾向が分かる.よって周期毎に増えた水量 を排出するために,造波境界で水平方向の補正流速 を与える.補正流速を与えた CASE-B3 (F 値補正有, 補正流速有)では補正流速を与えない CASE-B2 の場 合と異なり水量の増加傾向が見られず,平均水位の 上昇は改善され,安定した解析が行われている.



3. 潜堤上を進行する波の数値解析

潜堤周辺の波の特性を知るために,潜堤上の波動 現象について検討する.潜堤上を進行する波の水面 変動くについて,波形が安定している10周期目の実 験値(Beji ら,1992;大山ら,1993)と数値モデル (柿沼ら,2007;本研究の数値モデル)とを比較検 討する.

3.1 Beji らの実験との比較

入射波条件は,波高および周期がそれぞれ T=2.0sec, H=0.02m である. 図-2 の St.5 および St.7 における水 面変動く(図-3) について検討を行う. 計算条件は, セルの大きさを $\Delta x=0.02m < L/80$, $\Delta y=H/5=0.004m$, 移流項(対流項)の差分スキームを donor スキーム とした. St.5 における水面変動くは実験値、柿沼らの解析 結果と比較するとピーク値の発生時期が遅いという 結果となった.また、ピーク値は実験値の 95%程度、 柿沼らの解析結果の 88%程度と低く算出された.

St.7 におけるピーク値は同様に実験値の 60%程度 と低く,ピーク発生時期も遅く算出された.またピ ーク発生回数が実験値は 2 回であるのに対して本数 値モデルでは 3 回発生した.



図-3 St.5,7における水面変動くの計算結果と Beij らの実験値,柿沼らの解析結果との比較

3.2 大山らの実験との比較

入射波条件は,波高および周期がそれぞれ, H/h=0.1, $T\sqrt{g/h_0}=8.91$ である.図-4のSt.3にお ける水面変動ζ(図-5)について検討を行う.セル の大きさを $\Delta x=0.05$ m<L/80, $\Delta y=H/10=0.005$ m,移流 項の差分スキームを donor スキームとした.

VOF 法による解析結果は、実験値、柿沼らの解析 結果に比べて水面変動くのピーク値とピークの発生 時期両方の値に差が見られた.ピーク値は実験値の 65%程度、柿沼らの結果の60%程度であった.ピー クの発生時期も実験値、柿沼らの結果より遅く発生 している.

4. おわりに

Beij, 大山らの実験に対して本計算結果を比較検討



図-4 大山らの実験概略図



図-5 St.3 における水面変動くの計算結果と大山らの 実験値,柿沼らの解析結果との比較

したところ水面変動のピーク値が両ケースとも低く 算出され、またピークの発生時期が遅いという結果 となった.現段階の数値モデルでは潜堤上を進行す る波の挙動を精度よく再現できているとはいえない. 今回のピーク値、ピーク発生時期のずれは、VOF法 による解析において潜堤上で砕波が起き、波のエネ ルギーが変化したため生じた可能性がある.また、 その他の要因として、表面セルの流速U(u,v)の算出 方法も考えられる.SOLA-VOF法では、表面セルに隣 接する流体セルの流速を勾配ゼロとして設定してい るため、水平流速u、鉛直流速v共に本来の値より 小さめに算出されると考えられる.よって、今後は表 面セルの流速の設定方法を改良する必要がある.

参考文献

- 大山 巧・喜岡 渉・多田草秀 (1993): 非線形分散波動場に対する数 値モデルの適用性について、海岸工学論文集、第40巻、pp.11-15. 柿沼太郎・中山恵介 (2007): 渦度を考慮した非線形波動方程式による
- 表面波及びや部波の数値解析,海岸工学論文集,第54回, pp.6-10.
- Beji, S., T. Ohyama, J.A. Battjes and K. Nadaoka (1992): Transformation of nonbreaking waves over a bar, Proc. 23rd Int. Conf. on Coastal Eng, pp. 51-61.
- Nichols, B.D., C.W. Hirt, R.S. Hotchkiss (1980): SOLA-VOF: A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow with Multiple Free Boundaries, pp. 25-144.