

Full-2D to Quasi-3D Sediment Transport Models in SurfZones (砕波帯における純2次元から擬似3次元 までの土砂輸送モデル)

著者	Budianto Ontowirjo
号	53
学位授与番号	2200
URL	http://hdl.handle.net/10097/42595

氏名	ぶでいあんと おんとういるよ Budianto Ontowirjo
授与学位	博士 (工学)
学位授与年月日	平成20年12月10日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第2項
最終学歴	1994年8月 University of Florida Graduate School Master of Science
学位論文題目	Full-2D to Quasi-3D Sediment Transport Models in Surf Zones (砕波帯における純2次元から擬似3次元までの土砂輸送モデル)
論文審査委員	主査 東北大学教授 真野 明 東北大学教授 田中 仁 東北大学教授 今村 文彦

論文内容要旨

ABSTRACT

The mechanism of accretion beach has been subject of extensive studies as the mode of sediment transport is more sophisticated than bed-load transport only. These studies have suggested a high concentration of suspended sediment near the free surface induced by strong plunging breakers. However, predictions by models have not been successful because of the localized interactions among the plunging jet, turbulent production, and sediment movement. This study proposes a new calculation model for turbulent flow and suspended sediment transport in the surf zone.

A numerical model was developed to simulate the flow and sediment motion in connection with plunging breakers in the surf zone. The Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) equations in two spatial dimensions were employed to simulate the flow field together with a $k-\epsilon$ model for the turbulence and the Volume of Fluid (VOF) method for multiple free-surface tracking. In quasi-3D, the

Boussinesq equations were utilized to simulate the flow together with a $k-\varepsilon$ model for the turbulence and bottom boundary layer thickness method for bottom shear stress estimation. An advection-diffusion equation was used for the suspended sediment concentration with a bottom boundary condition following the reference concentration formulation. Performance of the suspended sediment transport model under plunging breaking waves were examined through the comparison with experimental data.

Good agreement between the model and experimental data was obtained for the surface elevation and velocity, turbulent kinetic energy, eddy viscosity, bottom shear velocity and bottom shear stresses and suspended sediment concentration. The overturning waves, plunging jet and transport of high concentration of suspended sediment near the free surface are reproduced by the present model with selected fine mesh resolution. The study shows the applicability of the present model in the turbulent and suspended sediment dominated region induced by strong plunging breakers. The applicability of the new computational model is further tested in the broad coast with extreme and regular wave conditions. Incorporating bed-load, suspended load and seabed evolution formulation in the present model, the performance of the new model in predicting the erosion and accretion area around coastal structures is presented and discussed.

論文審査結果の要旨

砕波帯は海域の中で、最も土砂輸送が活発であり、海岸保全を考える上でこの輸送量の評価は不可欠である。しかし、砕波現象は数学的な記述が難しく、そこでの土砂輸送評価は未解明の問題の一つであった。

本研究は、最初に波動場、乱れ輸送、土砂輸送の鉛直 2 次元問題を精細に解いて、その精度の高さ検証している。次いで、これを簡易化し、海岸保全上必要な広域の問題が扱えるよう、擬似 3 次元の土砂輸送モデルを開発したものである。

第 1 章は序論であり、研究の背景、目的を述べている。

第 2 章は文献調査であり、既往の研究を調査し、問題点を総括している。巻き波砕波では、水面形が多価になるため、この現象が扱える VOF (Volume of Fluid) の計算手法が有効であること、砕波帯での土砂輸送形態である浮遊砂の適正なモデルが未開発であることを指摘した。これは重要な指摘であり、技術開発の方向を示したものである。

第 3 章は、純 2 次元土砂輸送モデルの開発と精度検証について述べている。VOF に $k-\varepsilon$ 乱流モデルと浮遊砂輸送方程式を組み込んだ計算システムを開発した。精細な空間格子を用いることにより、巻き波砕波とその後の混合現象、土砂の浮遊・拡散現象を精度良く再現できることを検証した。これは画期的な技術開発であり、次章以降の簡易化を考える上での基準となるものである。

第 4 章は、擬似 3 次元土砂輸送モデルの開発について述べている。拡張 Boussinesq 式を基礎式とする汎用ソフトウェア FUNWAVE に、底面摩擦評価と掃流・浮遊両形態の土砂輸送を組み込み、広域の問題を扱える土砂輸送モデルを開発した。これを、擬似 2 次元問題に縮約し、前章の純 2 次元問題の解と比較して、土砂輸送の主要部分の精度が保証されていることを示した。これは有用な結果であり、実用化への道を拓いたものである。

第 5 章は、地形変化を予測するモデルの開発について述べている。沿岸砂洲のある地形での浮遊砂濃度予測の再現性を検証し、地形変化が予測できることを示した。これは、ここで開発された土砂輸送モデルの適用性の高さの一端を示したもので、注目すべき成果である。

第 6 章は、仙台湾南部海岸への適用を行っている。海岸侵食の顕著な海岸で、ヘッドランド構造物群により保全が図られている。構造物周辺の地形変化が予測でき、実用性の高い予測技術であることを実証した。

第 7 章は、結論である。

以上、本研究は海岸保全を図る上で必要な土砂輸送予測技術を開発し、その精度の高さと適用性の広さを示したものである。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。