

海浜変形を予測するうえで重要となるシートフロー状の漂砂現象においては、砂の移動量が格段に大きくなる砕波帯において移動量と移動方向を評価することが重要である。砕波帯においては、波の非線形性と砕波による乱れの発達により、底面付近の流速変動は、流速も加速度も非対称な波形となる。さらに底面付近には戻り流れが発達するため、底質の移動は、非対称な波動流速と冲向きの定常流れが重なった複雑な条件で生じることになる。このような複雑な底質移動現象に対して、縮尺効果の少ない振動流装置における実験が進められ、流速が非対称な条件と加速度が非対称な条件のそれぞれに対して、実験データが蓄積されてきた。本研究では、流速と加速度の両者が非対称な条件に実験条件を拡張し、さらに冲向き流れが重なった現実的な条件のもとでのシートフロー漂砂に関する実験を実施した。これにより、従来のモデルを修正するとともにその適用範囲を飛躍的に拡大することに成功した。また、砂粒子と流体をそれぞれの相互作用を考慮したうえで、質量と運動量の保存則を個別に扱う二層流モデルにより、シートフロー漂砂の移動機構を検討し、実験データの解釈とモデルに用いるパラメタを物理的に解釈した。従来の研究では不明確であった流速の非対称度と加速度の非対称度の役割を実証的に明らかにし、数値モデルも併用することにより移動機構の物理に基づいたモデルを提案している点が本研究の独創的な点である。

砂移動量の計測実験では、加速度非対称性は砂を岸向きに輸送するのに対し、流速の非対称性は条件によっては、冲向きの砂移動に貢献し、両者の非対称性が混在する実際の条件では、これらのバランスにより砂移動量が決定されていることがわかった。漂砂の移動方向の判定には、波の周期と底質の沈降速度によって評価できる非定常性指標である位相遅れ指標を用いることで統一的な解釈が可能であることが確かめられた。底質の濃度計測では、高速ビデオカメラを活用した画像解析手法を開発し、砂粒子からの反射光強度に基づく濃度推定に加えて、シートフロー層の厚さの時間変化や侵食深さの時間変化など、漂砂のモデル化において本質的となるパラメタの実証的な評価が可能となった。

以上、要するに、本研究により、従来、水槽実験や現地調査のみでは十分な精度で議論することが不可能であった砕波帯のシートフロー漂砂現象に対して、流速波形を制御した緻密な実験と二層流数値モデルを併用したモデル化により、既存のモデルに比較して格段に精度が高く適用範囲の広い漂砂量算定手法を提案することができた。また、本研究で開発された二層流概念に基づく数値モデルは、シートフロー現象における本質的な移動機構に立脚しているうえ、広い範囲の実験データと比較して再現精度が高いことが確かめられたため、これをベースにして漂砂量の直接的な算定手法にまで高めることも期待でき、発展性・実用性が高い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。