

氏名 キーキー ルウィン

シートフロー漂砂では、平坦な砂面上を大量の土砂が層状に移動するため、その量と方向を予測することが工学的に重要である。シートフロー漂砂の移動機構の解明には、縮尺効果を軽減できる振動流装置における実験が有用であり、これまでも非対称な波形の波動流や流れが重なる条件での実験データの蓄積が進み、漂砂量のモデル化が進められてきた。しかしながら、振動流装置で発生する流れでは水平流速成分のみが再現され、実際の波動運動には極めて微小ながら存在する鉛直流速成分を再現することができない。鉛直流速成分の存在は、振動流境界層内のレイノルズ応力の発生を介して岸向きの質量輸送速度を発達させるうえ、底質のラグランジュ的な輸送にも貢献することになる。近年実施された大型水路における漂砂量に関する実験では、振動流装置で計測された漂砂量と波動水路における漂砂量には系統的な違いがみられ、水路における砂移動では岸向きの漂砂が増加する傾向にあることが確かめられている。水路と振動流装置における漂砂量の差異は、質量輸送速度の存在やラグランジュ的な輸送が影響しているものと推察されるが、定量的な解明は進んでいない。本研究では、振動流装置において、波動流速に加えて岸向きの定常流成分を再現した実験を行い、弱い岸向き流れが重畳した条件でのシートフロー漂砂量を実測するとともに底質の移動機構を観察し、シートフロー漂砂における定常流れ成分の役割を解明することを目的としている。

本研究においては、粒径 0.13mm, 0.16mm, 0.30mm の三種類の底質を用い、非対称な流速変動を有する周期 3s と 5s の二種類の振動流に岸向きの定常流を重ね合わせた。定常流の流速は、10cm/s と 20cm/s の二種類である。これらの条件で流速振幅を変化させることによりシートフロー条件で広範な条件の漂砂量を計測している。これにより、岸向きの定常流が重なると、岸向きの漂砂量が増加することが確認された。さらに、岸向き漂砂の増加量は、底質粒径や波の周期などから評価される位相遅れ指標に強く影響されることが確認されている。また、振動流装置内に重ね合わせた定常流れの鉛直分布を PIV 手法で計測した結果、底質の移動が集中するシートフロー層内では、波動条件下で見られる質量輸送速度と同程度の流速が発達していることが確認された。さらに、シートフロー漂砂に伴う侵食深さは、その最大値がシールズ数と線形の関係にあることが確かめられた。また、侵食深さの時間変動も計測され、流速値の大きな岸向き流速時の方が沖向き流速時より侵食深さが著しく大きくなることが確認された。侵食深さは、シートフロー漂砂の総量を規定する重要な指標であるが、これが底質粒径や周期の違いによって大きく変動することが確かめられた。本研究で計測された正味の漂砂量に関しては、既存の算定モデルと比較してその妥当性が検証された。最新のモデルである SANTOSS モデルと比較したところ、振動流装置において波動流速に定常流れを重ね合わせた条件での漂砂量は、同モデルの予測精度の範囲で表現できていることが確認された。

以上、要するに、本研究により、従来その特性が不明確であった波動水路と振動流装置におけるシートフロー漂砂現象の差異に関して、振動流装置の波動流速に質量輸送速度と等価な岸向き定常流を加えた条件においては、波動水路で観測されるのと同程度の漂砂量が発生することが世界で初めて実証的に確認された。ラグランジュ的な運動による土砂移動など未評価の部分が残されているものの、実際の波動運動下でのシートフロー漂砂量を推定するうえで、極めて重要な知見が得られたうえ、これまで蓄積された振動流装置における実験データを実際の波動条件の漂砂量と比較する際の分析手法としても活用でき、研究の発展性・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。