第Ⅱ部門

京都大学工学部	学生員	○河野	眞
京都大学工学研究科	学生員	田崎	拓海
京都大学工学研究科	正会員	原田	英治
京都大学工学研究科	正会員	後藤	仁志

1. はじめに

浅海域の海底地盤表層には、波・流れと移動床表層 の相互作用によって多様なスケールの凹凸が形成され る.一定周期で振動する水槽内に発生する ripple を対 象に水理実験及び数値シミュレーションを実施する. また、堆積層に注入した染料の挙動から間隙流の空間 分布を可視化し、ripple の起伏と間隙流速の空間分布 の関係を示す.

2. 水理実験

実験の模式図を図-1 に示す.水槽を振動台上に設置 し,堆積層内部に青色および赤色の染料を注入した後, 水槽を振動させた.また,染料はx = 12, 14, 16, 18, 20 cm の位置にシリンジを用いて注入した.移動床の 材料には直径1 cm,比重2.65 のアルミナ球を用いる. 初期の堆積層厚は2 cm であり,被り水深は1 cm に設 定した.また振動台の変位には $x = -A \sin(2\pi ft)$ の正 弦波(本研究では,A = 1 cm, f = 2.0 Hz)を与えた. 移動床内部の染料の挙動および移動床表面の ripple の 初期形成過程を振動台に固定したカメラから観察した.

3. 数値解析手法および計算条件

本研究では、固相と液相を異なる離散空間で解くオ ーバーラップ型の固液混相型 DEM-MPS 法¹⁰を用いて 三次元数値シミュレーションを実施した.本計算手法 では、液相解析に高精度粒子法(MPS-HS-HL-ECS-GC-DS 法¹¹)を,移動床の追跡は DEM 法¹⁰を用いて行い、 両相は固液間相互作用力により接続される.

数値シミュレーションの計算領域を図-2に示す. 奥 行は計算コスト削減のため 2 cm とした. 壁面に強制 的に速度を与えて実験と同様の振動条件を模擬した. DEM 粒子の直径および比重は実験と一致させ,また MPS 粒子径は DEM 粒子の半分の 5 mm とした.

4. 実験と数値シミュレーションの比較

(1) 移動床表層および水面形状

図・3 に、堆積層表面形の時間推移を示す.数値シミ ュレーションの移動床の波形勾配は実験と比較して小 さい傾向ではあるものの、移動床表層の凹凸の発生位 置は概ね良好に一致する.また、時刻*t* = 15.0s以降、 移動床の ripple の発達は収束し平衡過程にあると考え られる.図・4 に 36 周期目の代表位相の水面形状を示 すが、数値シミュレーション結果は実験結果を良好に 再現していることが分かる.



Makoto KAWANO, Takumi TAZAKI, Eiji HARADA, and Hitoshi GOTOH kawano.makoto.74r@st.kyoto-u.ac.jp



(2) 間隙流

図-5に、染料挙動の比較を示す.数値シミュレーシ ョンの瞬間画像は $v = 1 \, \text{cm}$ の断面であるが、実験の着 色領域に対応する MPS 粒子は実験と同色で着色し, Lagrange 追跡した. なお, 図中の点線は DEM 堆積層 の表層を示す. x/d = 190~200 付近では初期(時刻t = 0.0s)に青色の着色領域がある. 実験では、その青色領 域の移動床表層に近い上部は僅かに右に輸送され、初 期着色領域からの歪みが確認できる(時刻t = 18.0s 参 照). 一方, 数値シミュレーションでは, 着色粒子の輸 送率が高く,時刻t = 12.0sの段階で初期に配置した半 分以上の着色粒子が移動床表層から滲出しており,時 刻t=18.0s ではほとんどの青色粒子がx/d= **190~200**付近の移動床内部に確認できない. このよう に、水路の端部に近づくと実験と数値シミュレーショ ンの間隙流速の空間分布に違いが観測される. しかし ながら、移動床表層の ripple の発達過程に関して、 x/d = 120付近での峰の形成は、実験および数値シミ ュレーションの双方の結果に見てとれる.また,染料 挙動についても、峰付近での染料の滲出傾向は、実験 および数値シミュレーションの双方に確認できる.

図-6 に数値シミュレーションにおける二つの側線: x/d = 120,160の各断面における,y/d = 0 (側壁)およ Uy/d = 10(奥行き中央)での鉛直方向間隙流の累積値 の時系列を示す.時刻t = 5.0s以降, ripple の峰付近 (x/d = 120)付近では,わずかに負値を示す時間帯が あるが,大半の時間帯では正値であり,鉛直上向きの 間隙流の存在が示されている.一方,ripple の谷付近 (x/d = 160)では,時刻t = 5.0s以降,変動を伴いつつ 負値に転じる時系列が得られ,間隙流の鉛直下向き傾 向が確認できる.

5. おわりに

本研究では、振動水槽を用いた ripple の初期形成過 程を対象とした水理実験と数値シミュレーションを実 施した.堆積層表面における凹凸の形成過程および移 動床内部の間隙流れの傾向に関して、概ね良好な結果 が得られた.



参考文献

1) 後藤仁志: 粒子法―連続体・混相流・粒状体のための計算科学, 森北出版, 2018