

水流下での堆積構造形成シミュレーション

Simulation of sedimentary structures under water flow

三善 孝之[1]; 山田 泰広[2]; 松岡 俊文[3]

Takayuki Miyoshi[1]; Yasuhiro Yamada[2]; Toshifumi Matsuoka[3]

[1] 京大・工・社会基盤; [2] 京大・工・社会基盤; [3] 京大・工・社会基盤

[1] Civ. Earth Res. Eng, Kyoto Univ.; [2] Civ. Earth Res. Eng., Kyoto Univ.; [3] Kyoto Univ

[はじめに]

河床堆積物として見られるベッドフォームの形態は、流速や粒子サイズに応じて様々に変化することが、これまで多くの実験的アプローチにより明らかにされている。しかしながら、ベッドフォームを形成する堆積作用の力学的なメカニズムは、未だ解明されていない点も多い。これらを明らかにするためには、砂粒一つ一つにかかる力学的作用を逐次計算することによって砂粒挙動の再現を行う必要がある。この問題を数値的解析するためには、流体挙動解析と粒子移動に関する解析とを同時に行える新しいシミュレーション技術が必要である。本研究では、格子ボルツマン法(LBM)と個別要素法(DEM)を連成的に取り扱うことで、これを可能とした。

[研究手法]

LBMは、流体を連続体としてみるのではなく、仮想粒子の集合体であると近似することで、Boltzmann方程式を解くことによる流体挙動を計算する解析手法である。この手法は、複雑な形状をもつ問題の場合でも流体流動が容易に計算できるという利点を有するため、本研究のように固体移動に伴って変化する形状に対する流体流動計算に有効である。固体(砂粒)周囲の流体の速度、密度、圧力等が、このLBMによって求められる。このとき、固体面上での流体速度が固体速度に一致する滑りなし境界条件を適用することにより、固体から流体への影響が考慮される。また、固体に働く作用力は、固体-流体間作用力と、固体-固体間作用力があり、前者はLBMによって求められた固体周辺の流体速度等から算出され、後者は、固体同士の衝突による作用力としてDEMによって表現される。固体移動は、先に求めた作用力から運動方程式によって求められる。

[粒子沈降実験]

静水下における粒子の沈降実験を行い、本手法の妥当性を検証した。粒子径、粒子数、粒子密度および水槽壁からの距離などを種々に設定し実験を行うことで、粒子間相互作用力を支配するバネ定数等の決定と、粒子径に対する格子サイズ効果の検討を行い、適切なシミュレーション条件の構築を行った。

[堆積構造の形成]

河床等で見られるリップル形成シミュレーションを行った。初期モデルとして、長方形の解析領域を設定し、長手方向には周期境界条件を適用し無限長の河床であるとした。河床を形成する粒子として、様々な粒径をもつ円盤をランダムに配置した。河床の傾斜を考慮するために、鉛直および水平方向に配分された重力を設定した。粒子の初期配置の違い、粒径分布、水流速度を変えて様々なシミュレーションを行い、様々な形態の堆積構造を再現することができた。今後は、この結果をもとに定量的な評価およびモデル化を行う予定である。

[謝辞]

粒子沈降実験では、大阪大学理学研究科の遠藤徳孝助手および岡本佳子氏に協力頂いた。ここで謝意を表す。