京都大学工学研究科 学生員 原田英治

京都大学工学研究科 正会員 後藤仁志

京都大学工学研究科 正会員 酒井哲郎

<u>1. 緒言</u>

近年, 養浜の影響等で, 混合砂の海岸が形成されるケース増加している. 養浜後の地形変化の予測等のためには, 混合粒径漂砂の移動特性を解明することが不可欠である. 混合粒径シートフロー漂砂に関する研究はこれまでのところは少なく, いまだ未解明の部分が大きい.

混合粒径の土砂輸送においては,初期に一定の深さに存在した大粒径粒子が上方に移動し,小粒径粒子を 覆ってアーマーコートが形成され,その結果として漂砂量が減少することが知られている.アーマーコート に関しては,河川工学の分野で以前から活発な研究が行われてきたが,振動流が作用する海岸漂砂において は,流速変化に伴い1周期内でアーマーコートが形成・破壊を繰り返すなど,一様流が作用する河川流砂と は異なった流動特性を示す可能性がある.

本稿では,土砂移動量の大きいシートフロー漂砂を対象に,鉛直方向への砂粒子の移動に伴う各層間の粒 度構成の変化すなわち鉛直分級を,粒状体モデルを使用して計算力学的に検討する.

2. モデルの概要

ここでは,粒子運動の基本的特性すなわち相互に干渉する離散的粒子群の集合流動としての特性を表現す るため,粒状体モデルすなわち個別要素法を使用した.

各粒子運動は,並進および回転の運動方程式により記述した.粒子間相互干渉のモデル化は,法線方向および接線方向に配置した弾性スプリングおよび粘性ダッシュポットのモデル定数により行った.これらの計4つのモデル定数は,既往の研究で提案された方法を参考に粒子の異常反発が生じない定数の組み合わせを算出し用いた.

流れ場のモデル化は,鉛直2次元流れの Reynolds方程式の基礎式を,k-ε乱流モデルで完結させた.混合 砂流送を考える上で,個々の砂粒子がどのような力を流れから受けているかがシミュレーションを行う上で モデル化の問題となる箇所である.

このような点に鑑み,混合砂で個々の粒子が流れから受ける力を,各粒系粒子の底面での代表的な突出高 さの違いと遮蔽効果を考慮し,流速場を模擬した.初期の平均流速分布は粗面対数則

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln 30.1 \frac{y + 0.25d}{k_{sr}}$$
(1)

で与え,平均河床高(対数則のy=0)は,表層付近の粒子の中心の座標の平均値で定義し,粗度係数k_sには表層付近の粒子の平均粒径で与えることにした(k_s=d)遮蔽係数 に関しては,

$$\varepsilon = \varepsilon_o + (1 - \varepsilon_o) 1 - \exp \left(-\frac{y + 0.25d}{k_{sr}}\right)^2$$
(2)

として,平均河床高における値_。=0.4から流れの影響を直接的に受ける遮蔽効果がない状態(=1.0)へ粗度 程度のスケールで遷移するものとした.

キーワード:移動床,粒子間相互作用,個別要素法,アーマーコート,振動流,分級 連絡先:〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科 土木工学専攻 TEL: 075-753-5099 FAX:075-761-0646 3. シミュレーション結果

表-1に計算条件を示す.この計算条件では,

$$\tau_{*_{max}} = \frac{fU_{max}^{2}}{2(\rho_{*}/\rho - 1)gd} \quad : \quad f = \exp \left[-7.53 + 8.07 \frac{U_{max}}{\omega z_{0}}\right]^{-0.1}$$
(3)

よりシールズ数を求めると、シールズ数が0.53と完全にシートフロー状態になっている事を最初に確認した. :角振動数 , z : 粗度長さ , f : 摩擦係数 , d : 粒径である . 図-ここに,U_{max}:境界層外縁での最大流速値, 1は初期のパッキング終了時の粒子の配列を示した図である.このように基本粒径d.(d=0.5mm)と2倍粒径 d,(d=1.0mm)が混合された状態で初期の粒子配列を組んでいる.パッキング後の粒子配列に図-2に示す底 面近傍での平均流速分布を作用させる.図に示されているように正弦波の流速が,粒子に作用するようにし ている.粒子配列に振動流を作用させてから数周期後に,徐々に下層に存在していた粒系d,の粒子が上昇し ていき,リバースグレイディングが生じアーマーコートが進行していく様子がシミュレーションを通じて再 現できた.図-3に数周期後にアーマーコート形成時のスナップショットを示す.またその時の各層における 数密度分布と初期の数密度分布を比較したものを図-4に示す.

amp, 80



計算条件 表 -1

4. 結語

今回のシミュレーションにより、振動流下で粒子のリバースグレイディングが生じ、アーマーコートが形 成されていく様子が再現できた、今後は、不規則な砂面凹凸上での乱流場の時空間構造の数値解析や、様々 な粒径階の構成比の分級への影響などシミュレーションを通じて得られた詳細な情報を基に検討していきた 11.