

II-496

高波による岩塊の移動に関する数値解析

東北大学大学院 学生員○野路 正浩
東北大学工学部 正 員 今村 文彦
東北大学工学部 正 員 首藤 伸夫

1. はじめに

台風時の高波や津波により沿岸域での岩塊が移動した例がある。1990年10月初め、沖縄県残波岬では台風21号に伴う高波により多数の岩塊が移動した。これまで砂の移動に関する研究は多くなされてきたが、岩塊の移動を扱っているものは殆ど無い。岩塊の移動は、陸上に遡上した波の挙動を知る一つの手がかりとなるため、本研究では岩塊移動数値モデルの開発を目的とする。始めに、水平床上での基本的な岩塊移動のパターンを検討する。次に、本計算上の問題点を挙げ、その解決策について述べる。

2. 数値モデル及び計算方法

流体の運動式は物体の抗力・質量力を考慮した長波浅水理論、岩塊の運動式は次式である。

$$\rho_s L D \ddot{X} = 0.5 \rho_f C_d (U_f - U_s) |U_f - U_s| H D + \rho_f \dot{U}_f L D H + \rho_f (C_m - 1.0) (\dot{U}_f - \dot{U}_s) L H D - F_b - F_g \quad (1)$$

ここに X : 岩塊の移動位置, U : 流速, ρ : 密度
 L, H, D : 岩塊の長さ, 高さ, 幅,
 C_d : 抵抗係数(=2.05), C_m : 質量係数(=1.67),
 s, f : 流体, 岩塊を示す添え字,
 F_b : 底面摩擦力, F_g : 重力の斜面方向成分。

数値計算ではStaggered Leap-frogスキームを採用する。計算上の問題点は、流体運動式中の岩塊の加速度($\dot{U}_s$)の精度である。これには、既に得られている $\dot{U}_s$ で代用する陽的方法と、(1)式と連立させる陰的方法がある。前者の安定的な計算には、小さな時間格子間隔が必要で計算時間がかかりすぎる。従って、本研究では陰的方法を採用する。ただし、この方法では、岩塊の運動の開始時に静止摩擦力から動摩擦力への切換えが必要となる。

3. 水平床上での計算

数値モデルの基本的検討として、1辺0.5m立方体の岩塊を水深10mの水平床に置き、波高2.0mの段波を入力し、岩塊の挙動と作用する流体力を調べた(図-1)。流体の加速度・速度の増加にともない抗力と質量力が増し、

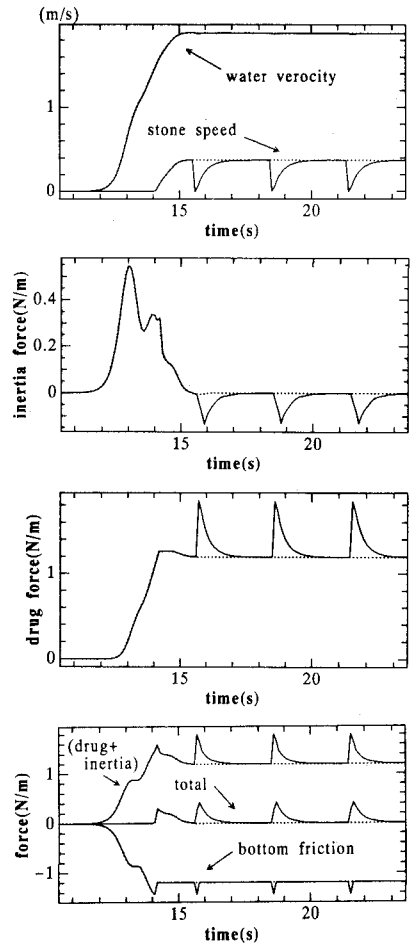


図-1 水平床での計算例

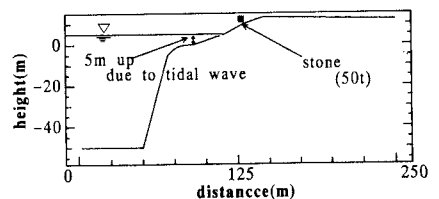


図-2 計算領域

岩塊を移動させる。岩塊が移動し始めると流体との相対加速度、相対速度が小さくなり、流体作用力が低下し、これが底面摩擦力と釣り合った時に運動が停止する。初期を除き流体の運動はほぼ一定となるので、同じ経過を繰り返していく。これは砂粒子の様に小さい物体については妥当であると言えるが、岩塊の場合は慣性項が大きいために、流体力と摩擦力が釣り合っても岩塊は運動を続ける。この場合の計算結果を図中に点線で示した。

4. 本モデルの問題点

計算条件として、波高5mの波を1波のみ入力し、空間格子間隔は2.5m、計算時間間隔は0.05秒とした。計算領域については図-2に示す。異なる周期に対する結果の一例を図-3に示した。これによれば、周期が僅差であるにも関わらず、計算開始12秒後辺りで両者に違いが生じ、最終移動量の大きな差となっている。これは空間寸法が粗いために隣接格子での流体量が異なり、岩塊位置の僅差が作用力の差を生じたためである。こうした現象には、波形勾配、斜面勾配と格子寸法とが関連し、また波形勾配の影響が最も大きかった。これを回避するには、空間格子の細分化と流体量の補間が考えられる。

これまで、格子間隔2.5mで計算を行ってきたが、これを細分化し0.5mとした場合を図-4に示す。また、格子間隔は2.5mであるが流速と全水深について補間を行った場合を図-5に示す。いずれも先のような大きな移動量の差がみられず、良好な結果が得られた。より経済的に精度の高い計算を行うためには、格子の細分化と流体量の補間の併用が必要である。その例として波高を3種類、周期を3秒から15秒まで変化させ、来襲波を1波のみと仮定して得られた移動量を図-6に示す。波形勾配が大きいと、移動量に若干の差が生じているの分かる。

5. おわりに

岩塊移動の数値モデルを提案し、その問題点をあげた。岩塊の特性量(Cd, Cm)の他に、計算格子寸法の選定には注意を要する。今後、モデルの有用性を高めるには、比較できるデータを得ることが不可欠である。

【参考文献】

加藤祐三, 赤嶺信一, 大堀健司ほか(1991):琉球大学理学部紀要第51号, pp. 19-33

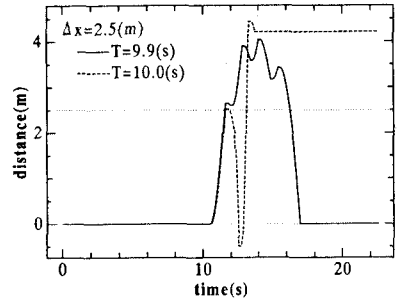


図-3 格子が粗い場合

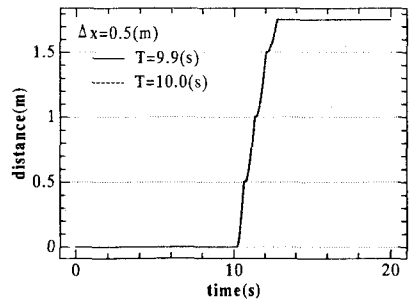


図-4 格子を細分化した場合

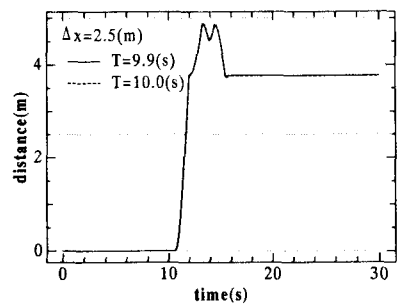


図-5 補間をした場合

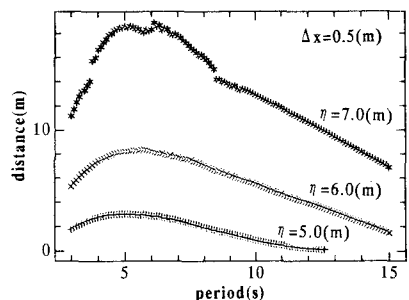


図-6 格子の細分化と補間の併用