

II-63

高波による岩塊の移動に関する数値解析

東北大学工学部 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。本研究は、この解析に必要な岩塊移動数値モデルを開発する事を目的とする。まず始めに、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、沖縄（残波岬）に於て台風9021号時に実測された事例に対し適用し、本数値モデルの問題点と有効性を調べる。

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。

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

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(=1.05), 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の段波を入力した時、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、岩塊を移動させる。岩塊が移動し始めると流体との

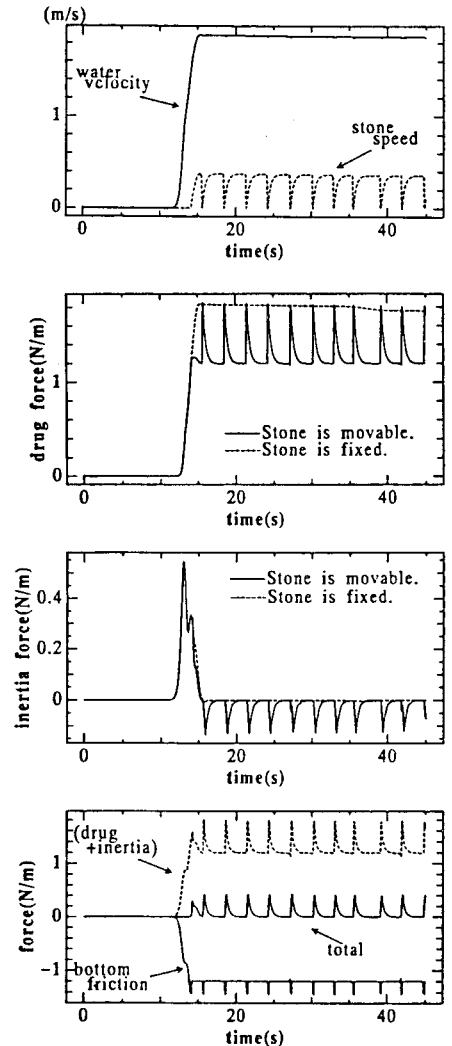


図-1 水平床での計算例

相対加速度，相対速度が小さくなり，流体作用力が低下し，ついには運動が停止する．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．抗力の図中に，岩塊を停止させた時の作用力値を点線で示す．この値と岩塊の最大速度に対応する抗力値との間を，実際の抗力は変動する．抗力の変動周期は流体力，動・静摩擦力，岩塊の質量との関係で決まる．

4. 沖縄残波岬での計算例

4.1 対象

高波来襲時，約50個の岩塊が移動し，その移動量が測定されている．今回の計算対象とした岩塊は高さ2.6m，長さ3.0m，幅4.0m，重量が約50t，図-2に示す位置にあり，5.0m移動した．この形状と写真により岩塊は滑動で移動した可能性が高い．高潮で水位が上昇した上に，高波は大きなものが少なくとも2回は遡上したようである．この台風による波は，気象庁海洋気象ブイロボットの観測では最大波高は10mを越え，また沖縄本島南部では有義波高7.89m，周期12.2秒を観測している．

4.2 空間格子寸法の問題点

異なる周期に対する結果の一例を図-3に示す．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大きな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，波形勾配の影響が最も大きかった．これを回避するには，流体量の補間と空間格子の細分化があり，双方の併用が実用的である．

4.3 適用例

波高を4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-4に示す．調査で得られた移動量は5mである．図-4の結果から，来襲した波は波高7m程度，周期は10秒前後と推定できる．これは観測記録と反する結果ではない．

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, C_m）の他に，計算格子寸法の選定には注意を要する．本モデルの結果は実測値と矛盾しない．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．

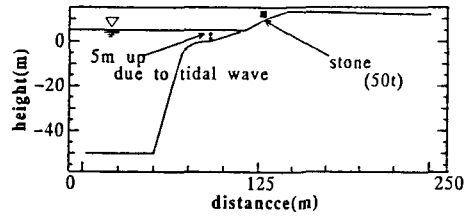


図-2 計算領域

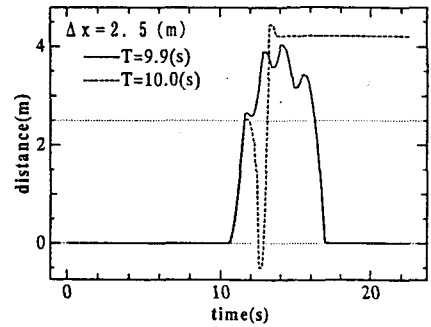


図-3 空間格子が粗い場合での移動量の差

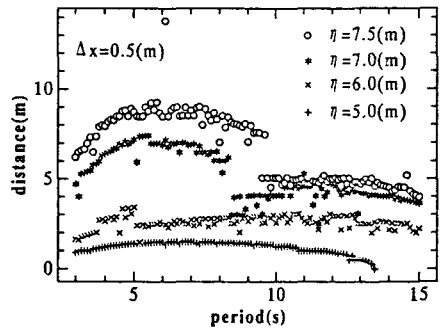


図-4 波高と移動量の関係