

高シールズ数に対応した掃流砂量式に基づく津波土砂移動モデルの改良

東北大学大学院 学生会員 福田 裕司
 東北大学大学院 後藤 和久
 東北大学大学院 正 会員 今村 文彦
 秋田大学 正 会員 高橋 智幸

1. はじめに

長周期波である津波は、海底面付近での掃流力が非常に大きく、大量の土砂を運搬することがある。これにより、港湾等で構造物が倒壊するなど、様々な危険性が指摘されている。津波による土砂移動の研究では、高橋ら(1999)が津波土砂移動を数値モデル化している。彼らは津波を想定した水理実験を行い、得られた結果から津波に対応した掃流砂量式を定めている。さらに、この数値モデルを、1960年チリ地震津波来襲時の気仙沼湾の地形変化に適用し、モデルの検証を行っている。しかし、彼らが行った水理実験は、混合砂を用いており、粒径による移動形態の違いが、結果に影響している可能性が考えられる。そこで、本研究では、水理実験により掃流砂量式を再検討したのち、気仙沼湾の地形変化を計算し、モデルの精度を検討した。

2. 水理実験による掃流砂量式の検討

a) 実験概要

実験装置の概略図を図1に示す。この実験装置は、高橋ら(1999)が行った実験と同等である。実験概要は、砂床区間に砂を敷き詰め、津波を想定した外力を発生させる。管路終端にトラップを設けており、トラップを越えた砂を浮遊砂量とし、水路内に堆積した砂を掃流砂量として計測した。この結果から、発生するシールズ数と掃流砂量および交換砂量の関係を示した後、掃流砂量式 q_B 及び交換砂量式 w_{ex} の係数を検討する。下記に、高橋ら(1999)が定めた、掃流砂量式、交換砂量式を示す。水理実験から、掃流砂量式の係数を21、交換砂量式の係数を0.012となっている(高橋ら、1999)。

$$q_B = 21 \sqrt{sgd^3 \tau_*^{3/2}} \quad (1)$$

$$w_{ex} = 0.012 \sqrt{sgd \tau_*^2} - w_0 \bar{C} \quad (2)$$

b) 実験条件

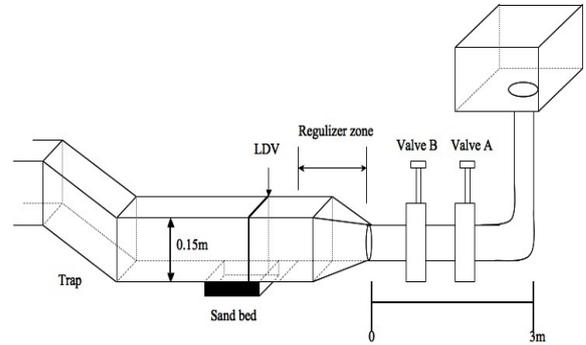


図-1 実験装置の概要図

本研究では、単一砂に近い条件で実験を行うために、砂を106~150, 212~250, 300~350 μm の3種類にふるいわけした。また、発生する外力として、本実験では、5種類の流速を発生させた。なお、流速の計測は、レーザー流速計を用いた。

c) 実験結果および考察

水理実験にて発生する流速は、50~110cm/sである。得られた流速分布から、発生する摩擦速度求め、シールズ数を推定すると、最大シールズ数はおよそ0.71であった。

発生するシールズ数と、それによって運ばれた掃流砂量との関係を、図2と示す。縦軸を無次元掃流砂量とし、横軸をシールズ数とした。また、図2には、本実験で生じた誤差と、高橋らの実験結果および掃流砂量式(1)も示している。同図から、本実験結果は、高橋らの定めている掃流砂量式よりも、小さい値をとっていることが分かる。ここで、粒径300~350 μm のケースでは、浮遊砂があまり卓越しなかったため、他の2ケースの結果から推定した。その結果、係数はおよそ8であり、高橋らが定めた係数21と比べ、小さい値となった。この原因は、高橋らは実験に豊浦砂を用いたが、平均粒径(200 μm)よりも大きい粒径が多く含まれており、シールズ数と無次元掃流砂量が過大評価になったためと考えられる。

3. チリ地震津波における気仙沼湾の地形変化

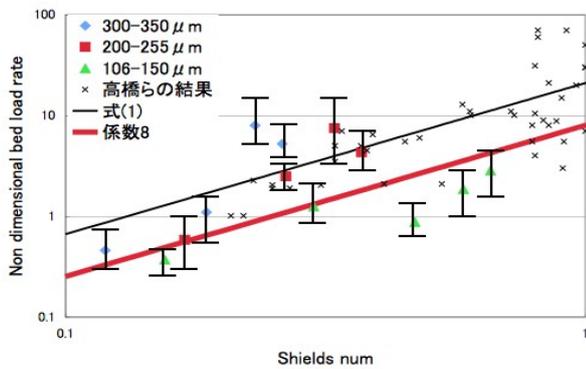


図-2 定常状態での掃流砂量式

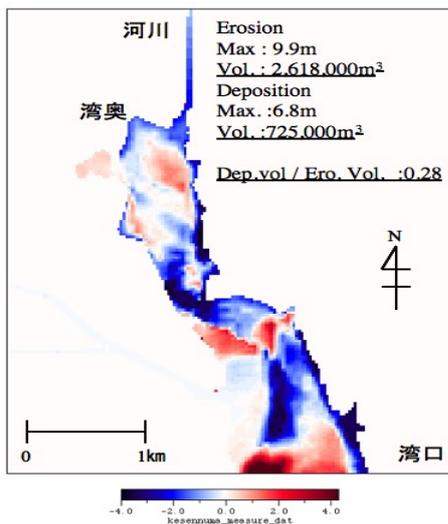


図-3 実際の気仙沼湾の地形変化

本実験によって得られた結果から、掃流砂量式の係数を8と推定した。さらに、気仙沼湾における土砂粒径について調べたところ、砂粒子の大部分が粒径 $53\mu m$ 以下であることが分かった(鈴木ら, 2003)。これより、粒径を $53\mu m$ と修正し、計算を行った。図3は、実際の気仙沼湾の地形変化、図4は、高橋らのモデルによる計算結果(粒径 $200\mu m$ 、係数は21のまま)、図5は、本研究で推定した係数8を用い、粒径を $53\mu m$ として計算した結果を示している。それぞれの分布パターンを比較すると、図5の結果は図4と比べ、図3における堆積浸食パターンや湾内での堆積浸食比を、良好に再現している。しかし、堆積量、浸食量ともに絶対量は過小であった。これは、津波来襲時における気仙沼湾での流速を、数値モデルで良好に再現できていないことが原因と考えられる(高橋ら, 1999)。

4. おわりに

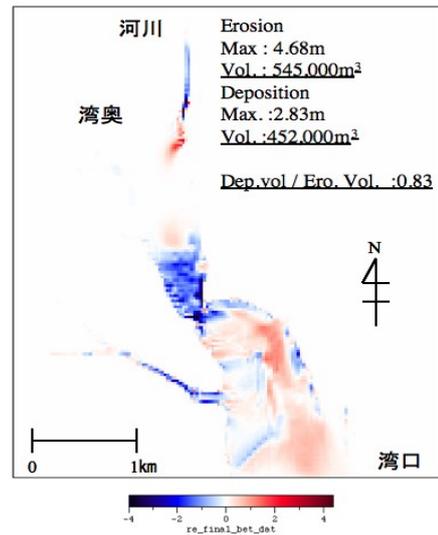


図-4 高橋らのモデルによる計算結果

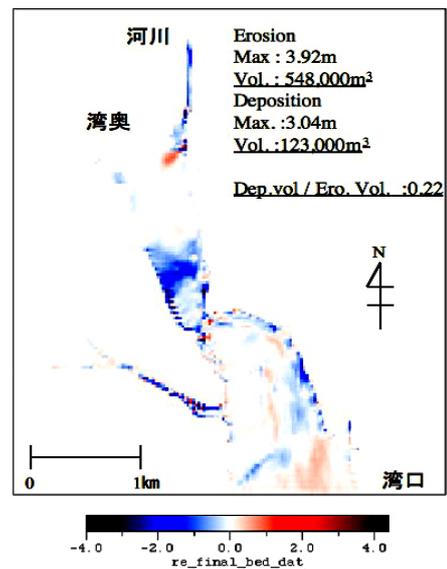


図-5 土砂粒径 $53\mu m$ における気仙沼湾の地形変化

本研究において、単一粒径砂に近い条件で実験を行い、掃流砂量式の修正を行い、およそ8となることが分かった。また、気仙沼湾の底質粒径を $53\mu m$ として計算すると、良好な計算結果が得られた。今後より精度を高めるため、混合粒径によるモデルを検討している。

参考文献

- 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大介(1999): 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.606-610.
- 鈴木貢治・千葉充子(2003): 気仙沼湾の底質および水質の経年変化, 宮城水産研報, 第3号, pp.53-62.