

II-24

一様斜面上での津波の流れと土砂移動に関する基礎検討

東北大学大学院 学生員 ○菅原正宏
東北大学大学院 学生員 大窪慈生
東北大学大学院 正員 今村文彦

1. はじめに

津波は大きな掃流力を有しており陸上への遡上とともに海底の土砂を大量に巻き上げ陸上へ堆積させる。堆積した土砂は津波来襲の痕跡として残り、過去の津波を知る手がかりとして注目されている。これまで様々な研究が行われてきたが、津波の流れと移動砂量の関係に関する検証は十分に行われていない（浅井ら, 1998）。本研究では津波一波、一様斜面、固定床として現象を単純化して水理実験を試み、実験結果について土砂移動モデルを適用して実験に関する再現計算を行うことにより、津波による土砂移動についてその水理量と移動砂量の基礎的な関係を考察することを目的としている。

2. 水理実験

図-1 に示す二次元水路を用いて津波による土砂移動に関する水理実験を実施した。ゲートの上流側のタンクに水を貯め、ゲートを急開させて段波を発生させ、タンクの端部より排水することにより段波は一波のみ斜面を遡上する。一般に水流により移動される土砂は掃流砂と浮遊砂に分けられる。津波の場合、流速が大きいため掃流力も大きく浮遊砂が卓越すると考えられている（高橋ら, 1999）。そのため、砂（豊浦標準砂）を段波の上方から投下し浮遊状態を

作り出した（廣田ら, 2002）。段波により移動した砂は下流側に設けた斜面に堆積する。また、押し波による土砂の堆積と引き波による堆積砂の侵食の2つの現象を分けて考えるため、土砂トラップ装置を用いて最大遡上点まで達した段波を強制的に捕捉した。このような方法で実験を行い、結果として図-2 に示した斜面上での堆積砂量と残存砂量を得た。また、斜面底面付近の流速時系列分布、段波の水位変化を測定している。

3. 津波による土砂移動シミュレーション

実験により得られた関係のみでは、津波による土砂移動現象を説明することにおいては不十分である。この現象を説明するためには津波中における流砂現象を考察する必要がある。そこで浅井ら（1998）のモデルを用いて土砂移動実験の結果を数値計算により再現することを試みた。

(1) 流水の再現計算

土砂の移動には流水の計算の再現性が大きく影響するため、まず流水運動の計算結果について検討する。流水に関する支配方程式としては次式で表される浅水理論を用いた。この式について、Staggered leap-frog 法を用いて差分化した。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{g n^2}{D^{7/3}} M |M| = 0$$

得られた計算結果を検証するため、段波の流速と水位について計算結果と実験結果を比較する。

まず、流速時系列分布について実験の計測値と計算値を比較した物を図-3 に示す。これは汀線における時系列分布である。多少の違いはあるが、分布形は再現されていることが分かる。また、斜面上での流速について図-4 の様に比較した。実験では土砂移動に大きく影響すると考えられる斜面底面付近での流速を、汀線から遡上距離 20 cm 置きに計測した。結果の比較は汀線から 40 cm 置きに行った。ここでの比較は正の流速（遡上）の最大値、負の流速（引き）の最大値について行った。

次に、水位変化についての比較を図-5 に示す。実験における水位変化はビデオカメラにより斜面上で汀線から 80 cm 置きに撮影し、その映像から得た。比較は各遡上距離で得られ

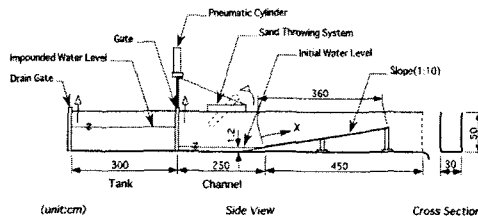


図-1 実験装置

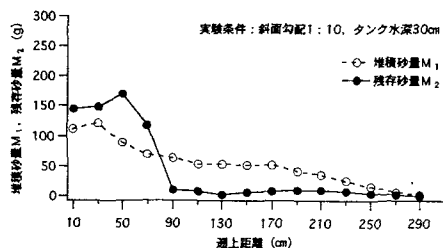


図-2 移動砂量の分布図

た最大水位について行う。流速と同様に横軸は計算値、縦軸は実験値である。

実験で計測した流速は底面付近の流速で、計算により得られる流速は、流量を水深で割る事により求められる断面の平均流速であるが、これらの比較結果から流速、水位とも良好

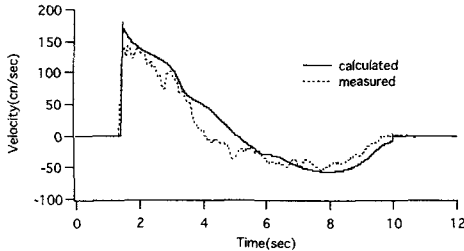


図-3 流速時系列分布に関する比較

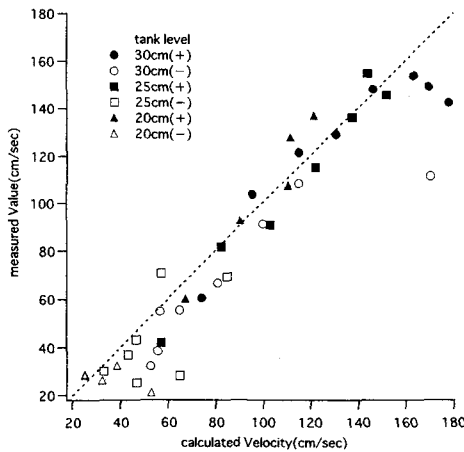


図-4 最大流速に関する比較

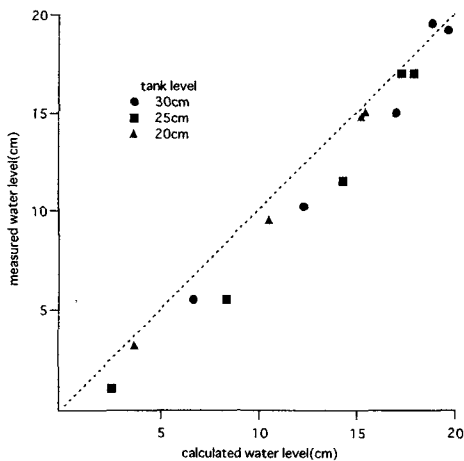


図-5 最大水位に関する比較

に再現できていることがわかる。よって、この結果を土砂移動の再現計算に用いる。

(2) 流砂の再現計算

浅井ら (1998) のモデルをもとに実験における土砂移動の再現計算を試みる。そのためモデルの流砂についての連続式を変更する。実験における土砂移動のモデルの概念図を図-6 に示す。実験では砂を上から投入したこと、水路床が固定床であることを考慮し、モデルでは浮遊砂層のみを扱う。すなわち、流体内に浮遊している土砂は段波により移動され、重力により沈降して水路床に堆積し、一度堆積した砂は再び巻き上がらないという条件である。

微小区間、微小時間での流砂の出入りと内部の変化から質量の保存を考えると、次のように流砂に関する連続式が与えられる。

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{C}M}{\partial x} + w_0 \bar{C} + \frac{\partial \bar{C}D}{\partial t} = 0 \\ \frac{\partial Z_B}{\partial t} - \frac{1}{1-\lambda} w_0 \bar{C} = 0 \end{cases}$$

ここで、 $\bar{C}$ は平均浮遊砂濃度、 D は全水深、 Z_B は堆積層の厚さ、 w_0 は Rubey の沈降速度、 λ は堆積層の空隙率である。

参考文献

- (1) 浅井大輔・今村文彦・首藤伸夫・高橋智幸 (1998) : 伊豆半島入間における安政東海地震津波の波高と土砂移動, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.371-375.
- (2) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔 (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.
- (3) 廣田剛志・今村文彦 (2002) : 津波による一様斜面上での津波堆積実験, 土木学会東北支部技術研究発表会概要集, pp.194-195.

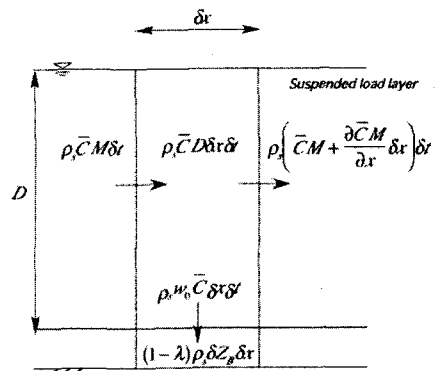


図-6 モデルの概念図