

# 特性を考慮した津波石の移動に関する水理実験

東北大学工学部 学生員 ○岡田清宏      東北大学大学院 正員 今村文彦  
東北大学理学部                                  篠崎鉄哉      東北大学大学院 正員 越村俊一  
東北大学大学院                                  後藤和久

## 1. はじめに

津波の大きな流体力は、数 m 大の岩塊をも移動させる。こうした岩塊は津波後にも長期間消失せず、過去の津波の流体力を知るための有力な証拠となる。日本では津波によって運ばれた岩塊を津波石と呼び、津波石の移動を調べることで津波流体力を推定する研究が行われてきた。この中で、野路ら（1993）は、1次元水路において、津波石をモデルにした立方体ブロックを固定した状態で、作用する段波の流体力を検討し、抗力・質量力係数を算定し定式化した。また、今村ら（2001）は2次元地形における津波石の滑り移動（滑動）を再現する数値モデルを提案した。さらに、大窪ら（2004）は、津波石の移動形態として、滑動や回転移動（転動）、跳ねによる移動（跳躍）に注目し、津波石の移動計算モデルにこれらの移動形態の変化による影響を反映させた。

しかし、津波衝突時の津波石の形状や向きにより、移動距離にばらつきが生じ、移動計算モデルを実際の津波石に適用する際に移動距離の誤差が生じると考えられ、これらの研究ではその検討が不十分である。そこで本研究では、津波石の形状や向きが津波石の移動距離に与える影響を調べ、津波の衝突による津波石の移動を検討することを目的とし、水理実験を行った。

## 2. 実験概要

本実験では、一次元水路（図-1）に設置した貯水タンクのゲートを急開し、津波を想定した段波を1波のみ発生させ、水路下流端に設置した斜面を遡上させた。また、砂礫質の浅瀬を想定し、斜面の表面に豊浦標準砂を貼付けた。

津波石を想定したブロックは、砂岩（密度： $2.40\text{g/cm}^3$ ）とサンゴ岩（密度： $1.27\text{g/cm}^3$ ）を材質

として、直方体（ $2\times 2\times 4\text{cm}$ ）に成形して用いた。そして、ブロックの初期位置を斜面下端に設定し、ブロックの長軸を段波の入射方向に対して  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  の方向に置き、段波を作用させ、移動距離を計測した。また、水路に設置した流速計によって段波の流速を測定し、ブロックの移動距離との関係を検討した。

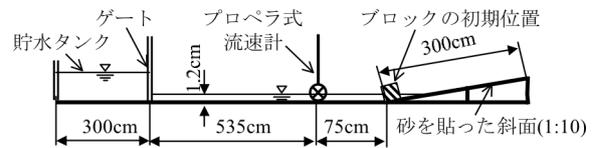


図-1: 実験装置

## 3. 実験結果

### (1) ブロックの移動の様子

本実験のように、砂を貼付けた凹凸のある斜面上では、ブロックは跳躍と転動によって移動した。跳躍の場合、転動に比べ移動速度が大きくなった。

まず、ブロックに段波が衝突すると、入射方向に対して長軸を  $45^\circ$ 、 $90^\circ$  に置いたブロックは向きを変えず（図-2）、跳躍によって移動を開始する（図-3）。一方、段波の入射方向に対して長軸を  $0^\circ$  に置いたブロックは、入射方向に対して  $90^\circ$  に変えてから（図-2）、跳躍する。

次に、段波の流速が小さくなると、全てのブロックは入射方向に対して  $90^\circ$  になり、転動によって移動し、最大移動位置に到達する。そして、段波の戻り流れによって斜面を転動によって下り、最終位置で停止した（図-3）。

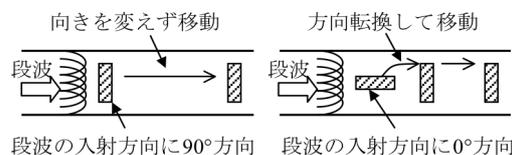


図-2: ブロックの跳躍時の方向転換の様子

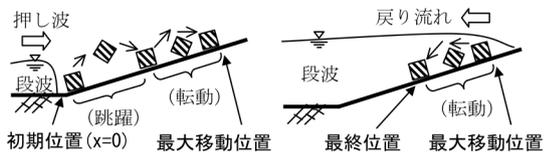


図-3: 押し波・戻り流れによるブロックの移動

## (2) 段波の流速とブロックの最大移動位置

水路に設置した流速計によって計測した段波の最大流速と、砂岩のブロックの最大移動位置の関係を図-4 に示す。ブロックの長軸を段波の入射方向に対して  $0^\circ$  に置いた場合は、長軸の向きを変えてから移動するため、 $90^\circ$  に置いた場合と比べて、ブロックの移動距離が小さくなる。一方、ブロックの長軸を段波の入射方向に対して  $45^\circ$  に置いた場合は、ブロックの体積に対する段波の作用面積が大きいため、最大流速の増加に従って、 $90^\circ$  に置いた場合よりもブロックの移動距離が大きくなる。

次に、段波の最大流速と、サンゴ岩のブロックの最大移動位置の関係を図-5 に示す。前述の砂岩ブロックと同様に、初期位置での長軸の向きによる移動距離の変化が生じるが、サンゴ岩のブロックでは作用する摩擦力が小さいため、長軸の向きによる移動距離の変化が小さくなる。

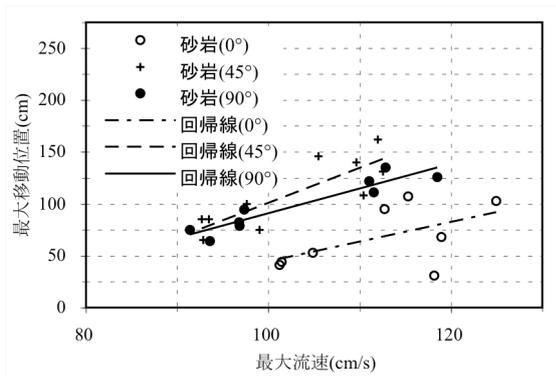


図-4: 最大流速と砂岩ブロックの移動位置

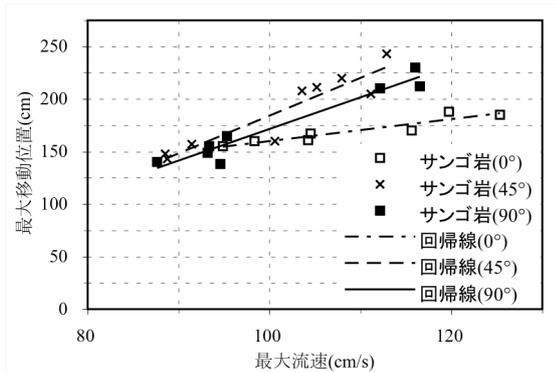


図-5: 最大流速とサンゴ岩ブロックの移動位置

## (3) 無次元量による最大移動位置の評価

本実験の結果を、将来的に実スケールの津波石

の移動に適用できるようにするため、図-6 のように両軸に無次元量を用いたグラフを提案する。図-6 は、横軸に段波衝突時にブロックに作用する抗力と、抵抗力としての動摩擦力の比を用い、縦軸に移動時の代表長さとしてのブロックの短軸の長さ、最大移動位置の比を用いたグラフである。図-6 は、ブロックの向きによる移動位置の変化を考慮できる上に、大きさや密度の異なる津波石の移動特性を一つのグラフで表すことができる。そのため、ブロックの向きによる移動距離の変化を考慮して津波石移動モデルを改良する際には、図-6 が参考になると考える。

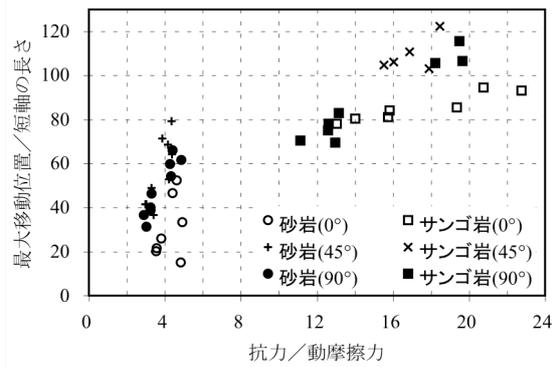


図-6: 無次元量でのブロックの移動位置の評価

## 4. まとめ

ブロックの密度が大きく、段波の流速が大きい状況において、段波衝突時の直方体ブロックの長軸の向きの違いにより、ブロックの移動距離が顕著に変化することが明らかになった。今後、本実験で得られたデータを参考にして、津波石の初期位置での向きや、段波の入射方向に対する津波石の投影面積による、ブロックの移動距離の変化を考慮した津波石移動計算モデルを提案し、津波石移動計算モデルの精度を向上させたいと考えている。

### 参考文献

- 野路正浩, 今村文彦, 首藤伸夫 (1993), 津波石移動計算法の開発, 海岸工学論文集, 第 40 巻, pp.176-180.
- 今村文彦, 吉田功, Andrew Moore (2001), 沖縄県石垣島における 1771 年明和大津波と津波石移動の数値解析, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.346-350.
- 大窪慈生, 今村文彦, 菅原正宏 (2003), 斜面上を移動する津波石に働く底面摩擦力について, 平成 14 年度東北支部技術研究発表会講演概要, pp.270-271.