

津波石移動の水理実験と計算手法の改良

東北大学工学部 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

沖縄などでは津波により珊瑚岩が陸上に移動し、過去の挙動を知る重要な痕跡データとなることが報告されている。野路ら(1993)、吉田(2001)は、津波石移動の数値モデルを提案し、これを沖縄などの津波石に適用してその妥当性を検討している。しかし、津波石の移動前の正確な位置、移動の軌跡や形態は不明であるため、開発された数値モデルの精度は明らかではない。そこで本研究では、モデル岩塊の移動を伴う水理実験を行い、移動の状況が明らかなモデル岩塊に対して数値モデルを適用し、実際の移動距離の検証を行いながら精度向上を計る。

2. 津波石移動の実験

実験装置は図-1 に示すように、ゲートより上流側に水を貯め、ゲートを急開させることで段波を発生させる。水路上に斜面を設置し、一様斜面上で段波が遡上するように設定した。サイズや密度（表-1 参照）を変えたモデル岩塊を水路や斜面上に置き、移動距離の記録、移動の状況の撮影を行った。水路上に置いたものは海中からの岩塊移動を、斜面上に置いたものは陸上からの移動を想定している。

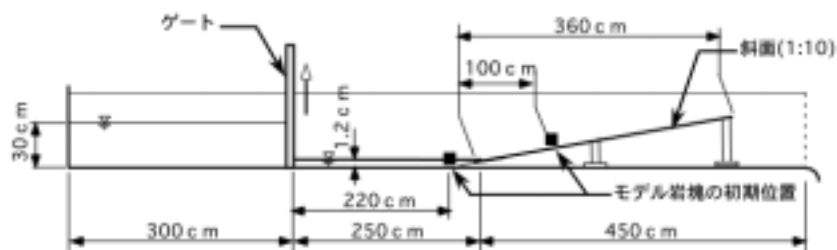


図-1 実験水路

表-1 使用したモデル岩塊

モデル岩塊	サイズ (cm)	密度 (g/cm^3)
No.1	2.00 × 2.00 × 2.00	2.71
No.2	1.60 × 1.60 × 1.60	2.71
No.3	1.05 × 1.17 × 3.30	2.71
No.4	1.20 × 1.20 × 1.20	2.71
No.5	1.50 × 1.50 × 1.50	1.34

3. 数値モデルの改良

3.1 重力成分について

津波石の運動方程式には、斜面での重力成分を考慮しなければならないが、ここでは、重力の作用方向を図-2 にあるように吉田(2001)の方法（3点の最も低い方向）を改良し、3点で決まる斜面から勾配を求める方法を提案する。図-2 には、水深が与えられた時の吉田(2001)の方法と本方法による重力成分の大きさと方向を比較しており、大きな違いがあることがわかる。

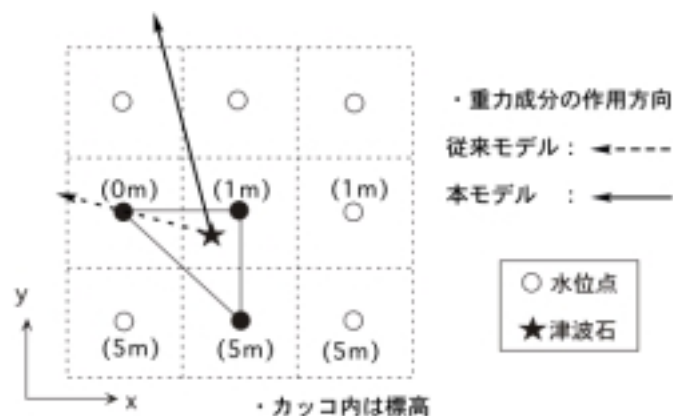


図-2 重力成分の考え方

3.2 流体力のモデル化について

岩塊に働く流体力は Morison 式にならい、抗力と付加質量力からなると考え、これまで野路ら(1993)が水理実験より求めた係数値が用いられてきた。しかしこのモデルは、岩塊による流れの変化を考慮しているため、岩塊が存在するときの岩塊位置の流速を正確に求める必要があり、それが非常に困難であること、また、彼らによる水理実験が、相対水深が3以下の条件で行われており、それ以上の範囲で適用できない可能性がある等の問題点がある。そこで、本研究では $C_D = 1.05$ 、 $C_M = 1.67$ で一定とし、岩塊による流れの変化を考慮しないモデルを提案し従来の方法と比較した。

キーワード：津波石、重力成分、流体力

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 Tel. 022-217-7515 Fax. 022-217-7453

4. 数値モデルの検証

4.1 流れの計算方法と検証結果

数値計算は浅水理論を基礎とし、空間格子間隔は 2.5cm、時間格子間隔は 0.001 s、渦動粘性係数は全領域で 100cm²/s で行った。流体の水位、流速、最大遡上高さなども実験値と比較し、おおむね良好な結果を得ている。ただし、戻り流れについては、計算値の方が、斜面からの反射波が到達する時間がやや早く、斜面下方での流速も大きくなっている。その原因として、壁面摩擦、斜面脇からの水の浸透が考えられる。

4.2 改良した津波石移動計算方法と結果

実験結果に対する、従来モデルと本モデルによる計算結果を図-3 に比較する。

初期位置が水路上の場合、本モデルによる最大、最終移動距離の結果はおおむね一致している。一方従来モデルでは最終移動距離はよく一致しているが、最大移動距離は過大評価であり、実験結果と岩塊移動の軌跡が異なっている。移動中に岩塊位置の相対水深が大きくなるため、野路ら(1993)により定式化された $C_D \cdot C_M$ は適用できないと考えられる。

一方、初期位置が斜面上の場合、従来モデル、本モデルによる結果共に引き波により大きく戻されている。また、最大移動距離が共に過小評価となっている。段波先端衝突時に作用する衝撃力や揚圧力を考慮していないことが原因として考えられる。また、移動中の岩塊位置の相対水深が小さいため、本計算方の $C_D \cdot C_M$ が過小である可能性もある。

5. まとめ

本モデルを用いれば、海中からの移動を想定した場合は良好に再現できた。多くの津波石は海中から移動したものであるため、従来モデルより本モデルの方が実在する津波石に対して有効といえる。今後の精度向上には、段波衝突時に作用する流体力や、相対水深による係数値変化のモデル化が必要である。

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。
吉田 功：石垣島における 1771 年明和大津波の数値解析，東北大学修士論文,84p

