

沿岸巨礫を用いた高波規模想定手法の開発

東北大学 大学院工学研究科
東北大学 災害科学国際研究所
東北大学 災害科学国際研究所
琉球大学 理学部

学生会員 ○渡部真史
非会員 後藤和久
正会員 今村文彦
非会員 本郷宙軌

1. はじめに

石垣島の伊原間地域には、過去に発生した津波由来の巨礫だけでなく、台風等で発生する高波で打ち上げられた巨礫も数多く存在する (Goto et al., 2010a)。高波の波力は内陸に向けて減衰するため、打ち上げられた巨礫の重量も内陸に向けて低下する (Goto et al., 2010a)。そのため、高波の数値解析を行い、実際の分布と調和的な巨礫分布を数値的に導出することで、過去に発生した最大の高波規模の想定を行うことができる可能性がある。そこで、本研究では、沿岸巨礫を用いた高波規模想定手法の開発を行った。

2. 研究対象

本研究の研究対象地は琉球列島の石垣島東部に位置する伊原間である。石垣島は津波と台風が頻繁に襲来する地域であり、これらの高波によって沿岸に多くの巨礫が打ち上げられている。伊原間に点在している巨礫群が津波と高波のどちらで打ち上げられたのかは、堆積学的に区別することがある程度可能になっている (Goto et al., 2010a)。この結果によれば、リーフ上での波力の減衰により、高波によって打ち上げられた巨礫は海岸線まで打ち上げられず、リーフ上に堆積する。図-1 に伊原間の断面図と巨礫の分布を示す。高波起源の巨礫の重量は内陸に向けて減少しており、それらはリーフエッジから内陸に向けて 239 m 地点まで点在している。また、石垣島には 1771 年の明和津波以来、大規模な津波は発生していないことが知られている (渡辺, 1985)。Goto et al. (2010b)によれば、津波の波力は高波に比べて大きく、津波が発生したとするとリーフ上の巨礫は海岸線まで打ち上げられてしまう。つまり、伊原間のリーフ上に点在している巨礫は、1771 年の明和津波から現在にかけて堆積した可能性が高い。

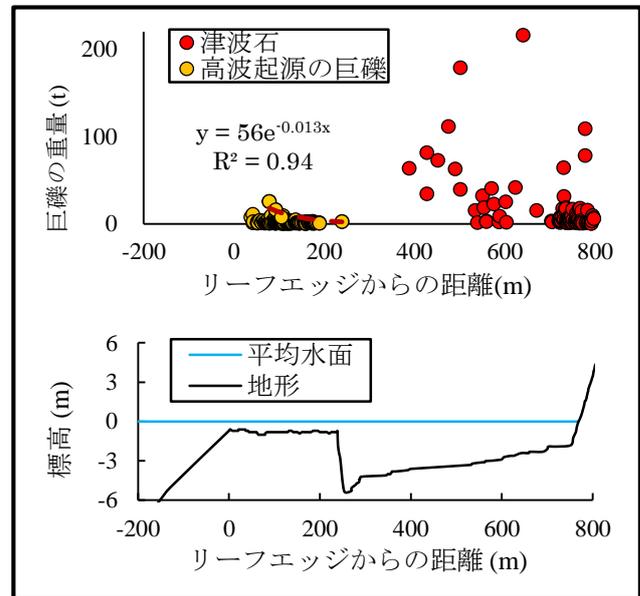


図-1. 伊原間に点在している巨礫のリーフエッジからの距離と重量の関係 (上)。赤点は津波石、黄点は高波起源の実測値。伊原間の断面地形 (下)。

3. 解析手法

高波数値解析には、耐波設計用の数値波動水路プログラムである CADMAS-SURF (Coastal Development Institute of Technology, 2001)を用いた。海岸線から直行方向へ海側に約 1600 m の測線を引き、初期波高を 5 m~20 m まで 1 m 刻み、初期周期を 5 s~20 s まで 1 s 刻みで変化させて波を発生させた。計算格子間隔は、水平方向は 5 m、鉛直方向は不均一格子 (2~0.1 m) を採用し、計算時間は 400 秒とした。底面から巨礫の高さまでの断面平均流速と加速度を求め、モリソン式を用いて地点ごとの巨礫に作用する最大波力を導出した。巨礫の高さは 0.1m 刻みで増加させ、地点ごとの最大波力と釣り合う巨礫の重量を計算することで、数値的に高波による巨礫移動限界線を導出した。そして、高波起源の巨礫の実際の分布と調和的な巨礫移動限界線を導出した。また、抗力係数の設定によって、波力も変

キーワード 沿岸巨礫、高波、数値計算

仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E305

TEL : 022-752-2089, FAX: 022-752-2089

動し、巨礫移動限界線も変わってくる可能性もあるため、本研究ではモリソン式の抗力係数を 1.05 (Imamura et al., 2008)と 2.0 (Nott et al., 2003)の場合で巨礫移動限界線を作成した。

4. 解析結果

実際の高波起源の巨礫分布と最も調和的な巨礫移動限界線は図-2 のようになった。具体的には、移動限界線は $Cd = 2.0$ のときに有義波高 5 m、周期 10 秒、 $Cd = 1.05$ のときに有義波高 8 m、周期 10 秒という結果になった。また、沖縄県 (2008)は想定最大有義波高を波高 20m、周期 20 秒としているが、この規模の高波の巨礫移動限界線は実測値を大きく上回る結果となった。

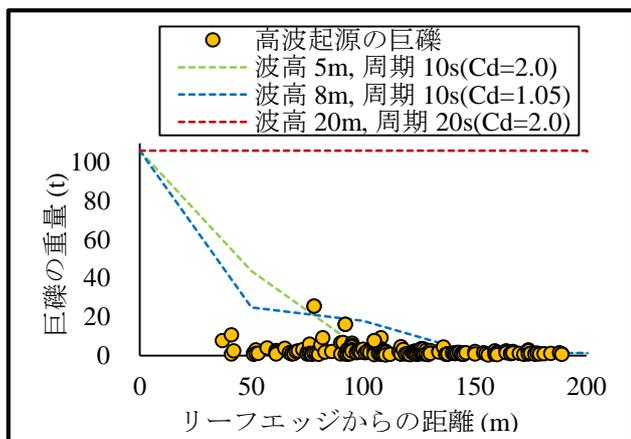


図-2. 高波起源の巨礫の実測値と抗力係数(Cd)を 1.05、2.0 としたときの巨礫移動限界線を示す。黄点が高波起源の巨礫の現位置のリーフからの距離と重量の関係を示す。

5. 議論

川口ら.(2013)によれば、石垣沖(北緯 $24^{\circ} 21' 55''$, 東経 $124^{\circ} 06' 10''$, 水深 34.8 m) で 2006 年 9 月 16 日 17 時 20 分に台風 0613 号が襲来した際、2005~2011 年の統計で、高波の有義波高の最大値(有義波高 6.22 m、周期 9.9 秒)を記録した。よって、この海域で有義波高 8 m、周期 10 秒の高波は十分発生しうる波であることがわかる。また、台風による水位上昇の影響を検討するため、初期水位を 2m、4m 上昇させて計算を行った結果、リーフ上の流速が低下することが明らかになった。よって、台風が発生したことに伴う水位上昇により、巨礫が動きにくくなるため、有義波高 8 m、周期 10 秒よりも大きな波が発生している可能性もある。また、図-2 から、周期 20 秒、波高 20 m のような極めて規模の大

きい高波は、少なくとも伊原間海岸には 1771 年以降に襲来していない可能性が高い。このように本研究の手法で台風の高波起源の巨礫分布を数値的に推定すれば、過去数百年間に来襲した高波の最大波を推定できる可能性がある。

6. 結論

本研究では、高波の数値解析を行って地点ごとの最大波力を導出し、数値的に高波による巨礫移動限界線を作成することで、実際の分布と最も調和的な高波規模を計算した。その結果、高波発生時の潮位など、まだ検討の余地は残されているが、実測値と最も調和的な巨礫移動限界線は周期 10 秒、波高 8 m となり、過去の高波記録との整合性も確認できた。このように、本研究の手法を用いて高波起源の巨礫分布を数値的に推定すれば、過去数百年間に来襲した最大の高波規模を推定できる可能性があることが判明した。

参考文献

- Goto, K., Kawana, T., Imamura, F., 2010a. Historical and geological evidence of boulders deposited by tsunamis, southern Ryukyu Islands, Japan. *Earth-Science Reviews*, Vol. 102, pp. 77-99.
- Goto, K., Miyagi, K., Kawamata, H. and Imamura, F., 2010b. Discrimination of boulders deposited by tsunamis and storm waves at Ishigaki Island, Japan, *Marine Geology*, Vol. 269, pp. 34-45.
- Imamura F., Goto K. & Ohkubo S. 2008. A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. *Journal of Geophysical Research -- Ocean* 113, C01008.
- Nott J. 2003. Waves, coastal boulder deposits and the importance of the pre-transport setting. *Earth and Planetary Science Letters* 210, 269-76.
- (財)沿岸開発技術研究センター, 2011. CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発, 数値波動水路の夕耐波設計への適用に関する研究報告書.
- 川口浩二, 猪俣勉, 関克己, 2013. 全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 2011). 港湾空港技術研究所.
- 沖縄県, 2008. 沖縄県津波・高潮被害想定調査業務委託(宮古・八重山諸島沿岸域)報告書, No. 1160. 沖縄県土木建築部海岸防災課.
- 渡辺偉夫, 1985. 日本被害津波総覧, 東京大学出版.