

II-25

石垣島の津波石の数値解析

東北大学大学院 学生員 ○大窪 慈生

東北大学大学院 学生員 菅原 正宏

東北大学大学院 正 員 今村 文彦

1. はじめに

沖縄県石垣島には津波により移動した岩塊（津波石）が多数存在する。これら津波石を利用して、当時の津波の流体力や流れについての情報を得ることを目的に、その移動を再現する数値モデルが提案され、水理実験により検証、改良が行われてきた¹⁾²⁾。本研究では、この数値モデルを明和津波で移動した石垣島の津波石に適用し、周辺の流れや地形と石の移動との関係について考察する。

2. 津波石移動モデル

津波石に作用する外力として津波の流体力、底面摩擦力 F_b 、重力の斜面方向成分 F_g を考えると、運動方程式は次のようになる（ x 方向のみ示す）。

$$\rho_s V \ddot{x} = C_D \frac{1}{2} \rho_f (u - \dot{x}) \sqrt{(u - \dot{x})^2 + (v - \dot{y})^2} A \quad \dots (1)$$

$$+ C_M \rho_f \dot{u} V - (C_M - 1) \rho_f \dot{x} V - F_{br} - F_{gs}$$

ここで、 ρ_s 、 ρ_f は津波石および水の密度、 V は津波石の体積、 x 、 y はそれぞれ津波石の位置の x 、 y 方向座標、 u 、 v はそれぞれ津波石の位置の x 、 y 方向の流速、 A は津波石の流れに対する投影面積、 C_D 、 C_M は抗力係数および質量力係数で、 $C_D=1.05$ 、 $C_M=1.67$ とする。 u 、 v は線流量を全水深で割ることにより求める。静止摩擦係数は0.75³⁾で、動摩擦係数は津波石の移動速度に応じて変化する次式²⁾より求める。

$$\frac{\mu(t)}{\mu_0} = \frac{2.2}{\beta^2 + 2.2} \quad \dots (2)$$

$$\beta^2 = \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}{(1 - \rho_f / \rho_s)gd} \quad \dots (3)$$

ここで、 d は津波石のスケール、 μ_0 は滑動時の動摩擦係数で0.71³⁾とする。

3. 明和津波と適用する津波石

明和津波は1771年4月24日に沖縄県の八重山・宮古諸島を襲い、1万2千名以上もの犠牲者を出したと同時に多数の津波石を移動させている。この津波の数値計算には、今村ら⁴⁾の波源モデル（図-1）を用いた。このモデルは、地震による断層モデルに、その他に津波を発生させる要因（地滑りなど）があったとして、これを断層モデルに置き換え

て、組み合わせたものになっており、報告されている痕跡高さを良好に再現している。

また、適用する津波石は図-1に示す3個所に存在するもので、古文書に明和津波で移動したと記述されており、河名⁵⁾の調査により、現在位置が明らかにされ、津波来襲前の位置も推定されている。それぞれの石の条件は表-1のようになっている。

表-1 津波石の計算条件

	寸法(m)	投影面積(m ²)	密度(t/m ³)
安良	2.8×2.8×6.2	2.8×6.2	3.3
伊野田	5.2×5.2×6.0	5.2×6.0	1.5
大浜	7.0×7.0×7.0	7.0×7.0	1.5

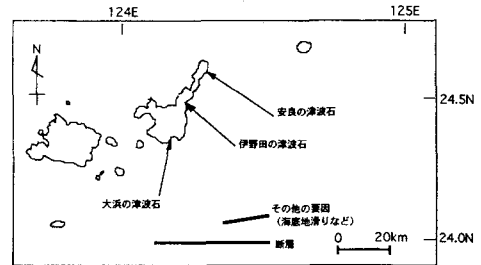


図-1 明和津波の波源と津波石の存在地点

4. 安良の津波石

安良の津波石は、津波により約30間（54.6m）北方へ移動したと報告されており⁵⁾、図-2に示す3点（P1、P2、P3）を初期位置として仮定して計算を行った。図中の矢印は各地点の最大流速の大きさと向きを表しており、主要な流れの方向がわかる。

津波石付近に入射した流れは、北西の方向へ遡上した後、尾根を乗り越えて北東の方向へ流れ出ており、遡上と引きの経路が異なっている。初期位置がP1の場合は、尾根を越えて北東へ流れ出る引き波により移動したため、初期位置からの移動距離が極端に大きくなった。初期位置がP2、P3の場合は、尾根の南側で一旦停止し、東側へ流れる引き波により、わずかに引き戻された。その停止位置は現在位置より200m程内陸側になっている。津波は北西の方向に向かって遡上していることから、尾根を乗り越えた水量が大き

く、尾根の北側で引き波が強くなり、南側では強くならなかったために、このような結果が得られたと考えられる。

5. 伊野田の津波石

伊野田の津波石は、津波前は海岸から3町(327m)程沖にあったが、津波により海岸から2町(218m)程内陸に移動したと報告されている⁵⁾。津波前の具体的な位置は不明であるため、図-3に示す5点(P1, P2, P3, P4, P5)を仮定して計算を行った。

この地域は、南北方向に平坦であるため、津波の入射状況も一様で、初期位置を変化させても内陸方向への移動距離に大きな差はない。P2からの結果が、現在位置と良く一致していることから、津波前の位置はP2付近であったと考えられる。このような平坦な地形条件では、良好な結果が得られることがわかった。

6. 大浜の津波石

大浜の津波石は図-4に示す初期位置の付近から、約500m北に移動したと報告されており⁵⁾、ここでは4点(P1, P2, P3, P4)を仮定して計算を行った。

津波は南方から進入し、東側へ張り出した陸地の影響を受けながら津波石の初期位置に到達している。初期位置を変化させても移動方向はほぼ同じで、津波石の現在位置の方向に向かっているが、移動距離が大きく異なっている。地形の影響で、初期位置の付近では流れが変化しやすく、それが移動距離の差につながったと考えられる。P3, P4からの結果は、現在の津波石の位置に近くなっている。このような複雑な地形では、津波石周辺の流れが変化しやすく、初期位置を変えると移動距離が大きく異なる可能性がある。

7. おわりに

石垣島の津波石の数値解析を行い、安良、大浜では津波の進入経路と地形が、津波石の挙動に大きく影響するという結果が得られた。逆に、津波石の移動状況から、当時の津波の進入経路について検討することができると考えられる。今後、数値モデルの利用方法について、さらに検討していく予定である。

参考文献

- 1) 野路ら(1993): 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 176-180.
- 2) 大窪ら(2003): 平成14年度土木学会東北支部技術発表会講演集, pp. 270-271.
- 3) 吉田ら(2001): 平成12年度土木学会東北支部技術発表会講演集, pp. 234-235.
- 4) 今村ら(2001): 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 346-350.
- 5) 河名(2000): 東海・東南海・南海地震津波研究会津波防災

対策現地調査ガイドブック, 25p.

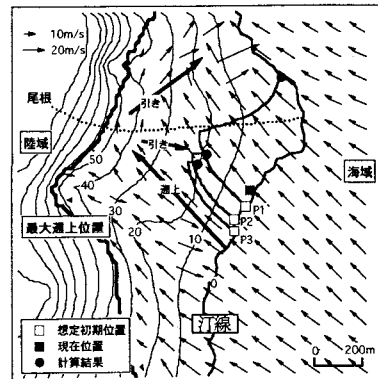


図-2 安良での解析結果(最大流速と石の移動)

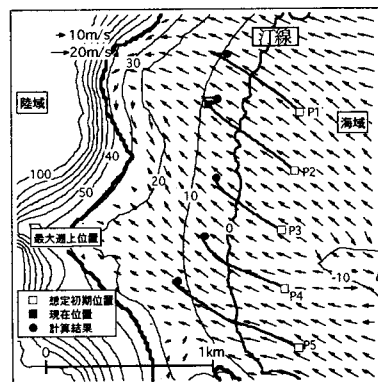


図-3 伊野田での解析結果(最大流速と石の移動)

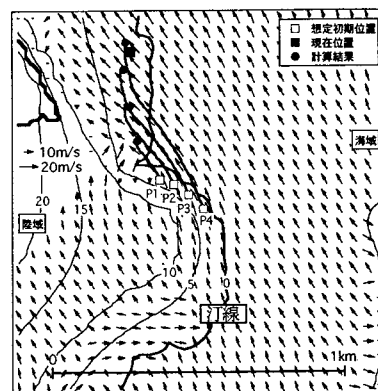


図-4 大浜での解析結果(最大流速と石の移動)