非テクトニックな変動による津波の再現性に向けた基礎的検討

Fundamental study on reproducibility of the tsunami by non-tectonic fluctuations

北見工業大学	○学生員	佐藤恒基	(Koki Sato)
北見工業大学	正 員	中山恵介	(Keisuke Nakayama)
首都大学東京	正 員	新谷哲也	(Tetsuya Shintani)
鹿児島大学	正 員	柿沼太郎	(Taro Kakinuma)
北見工業大学	正員	山崎新太郎	(Shintaro Yamazaki)

1. はじめに

日本は、世界的に見ても非常に地震が頻発する地域に 位置しており、東日本大震災をはじめとするテクトニッ クな変動つまり海底地殻変動により発生する津波が危険 視されている.しかし一方で、テクトニックな変動とは 異なるメカニズムにより発生する非テクトニックな変動 により発生する津波も近年になり注目され危惧されはじ めている.

非テクトニックな変動による津波とは、火山活動に伴 う海底の急激な陥没や噴出、雨により発生した土砂崩れ が水面に突入し津波を発生させる現象である. 非テクト ニックな変動による津波で被害が予測さている地域とし て挙げられる場所の1つとして、標高の高い場所に巨大 な水を湛えるカルデラ湖がある.カルデラ湖では、湖底 の火山活動や地すべりといった過去の大規模な決壊洪水 が津波につながると指摘され始めているが、十分な検討 がされているとは言い難い.また、日本は他国と比較し ても海底火山活動が多く見られている. そのため, 海底 火山活動による海底の陥没や噴出もまた津波に起因する ものと考えられる.千島列島近海では活発な巨大成層火 山が複数存在し、非テクトニックな変動が確実に起こる であろうと言われている.過去の災害では,1792年の 長崎県で発生した地震によって眉山の山体が崩壊し、崩 れた土砂が有明海に衝突し津波となって島原や対岸の熊 本県に被害を与え約1万5000人以上の死者を出した事 例がある.

非テクトニックな変動による津波の被害が今後予測されているが、広域に展開する津波とは違い湖といった狭い範囲で津波が発生するなどの多くの相違点があり、現在存在する津波再現モデルでは再現性が困難である.また、多くの研究者が非テクトニックな変動による津波を想定した研究が行われている^{1),2),3)}がモデルの開発までには至っていない.そのため、新たに非テクトニックな変動による津波に適応した津波モデルが必要であると考えられる.

本研究では、人々の安全な生活環境の保護と経済影響 を予測することを最終的な目標とし、海底の陥没、噴出 や土砂の海面突入後の津波の再現モデルを構築すること を目的とする。そのため、非テクトニックな津波の特徴 であるソリトン波を津波再現モデルで再現させ検証を行った。



図-1 計算領域

2. 計算モデルの概要

本研究では、ソリトン波を再現させるうえで以下の 3 種類のモデルを使用した.

(1) 強非線形強分散水面波方程式

強非線形強分散水面波方程式⁴⁾のメリットとして動 圧成分が卓越するソリトン波を再現することができ,計 算結果が理論値と最も近い値となる.またデメリットと して,本モデルは非テクトニックな変動による津波の砕 波や渦を再現できない.しかし,水面波の再現性が確保 されているためまずはこのモデルを使用した.

(2)気液混相流モデル

気液混相流モデルは、強非線形強分散水面波方程式の デメリットを解消することのできるモデルである.本モ デルは、オブジェクト指向型環境流体モデル^{5),0}を使 用し2つの異なる密度の流体を扱い計算を行うことで水 面波を再現させる解析手法の1つである⁷⁾.本研究では 上層の流体の密度を空気(0kg/m³),下層の流体の密度 を水(1000kg/m³)と想定して計算を行っている.本モ デルでは、砕波や渦の再現性が高く、メッシュサイズを 十分に細かく与えてれば水面波を高精度に再現できる. しかし、計算に時間がかかってしまうところが難点であ る.

(3) 非静水圧 3 次元モデル

非静水圧3次元モデルは、下層の流体の密度(水: 1000kg/m)と水面波を与えることにより再現させている.本モデルでは、砕波の再現は不可能であるが、水深 積分型のため水面形の再現性は良好なものが得られる. また、3次元でありながら高速な計算が可能であると ころが本モデルの特徴である. 平成25年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第70号



3. 計算モデルを用いた再現計算

3.1 計算条件

本研究でソリトン波を発生させるための条件を与え計 算を行った.図-1 に示すように全長を l,奥行きを w, 水深を h としたときそれぞれ 1.5m,0.005m,0.06m で あり,両端を直立の壁とした水路を計算領域とした.数 値計算を行う初期状態として 15/1000 の傾きを水面に与 え静止させている状態である.つまり,左端の水深が 0.06m-0.01125m,右端の水深が 0.06m+0.01125m となる ように傾いた水深を与えている.

また,数値計算を行ううえで Domain を 3 つに分割し, 1 つの Domain の x, y, z 方向のメッシュの個数をそれ ぞれ 100, 1, 60 とし, 1 つのメッシュサイズを 5mm, 5mm, 2.5mm とした. また,時間ステップ間隔を 0.001 秒とし 10 秒間の計算を行った.

3.2 計算結果

図-2,図-3,図-4に数値計算結果を示す.計算の結果, 非静水圧 3 次元モデル(図-4)によって再現された水 面波は,水深積分型のため再現性の良いものが得られる と考えられた.しかし,波長が図-2,図-3のモデルの波 長より短いことが確認できる.これは,非静水圧 3 次元 モデルは水面形の再現性が良いはずであるが,水面に対 して法線方向のフラックスが 0 を満たせていないのが原 因であるため波長が短くなっていると考えられる.その ため,非静水圧を計算する圧力の方程式であるポアソン 方程式の解法に,水面に対して法線方向のフラックス 0 を組み込む必要がある.

4. 結論

本研究では、今後危険性を増し人命や経済影響に大き



く影響すると考えられる非テクトニックな変動による 津波に備えるため、未だ確立されていないモデルの構 築を行うため非テクトニックな津波の特徴であるソリ トン波の再現を行い比較・検討を行った.その結果、 水面を考慮した非静水圧3次元モデルでは、他の2つ のモデルより水面波の波長が短いことが確認された. この原因として、水面に対して法線方向のフラックス が0を満たすことができていないためであると考えら れる.そのため、今後は非静水圧を計算するポアソン 方程式の解放に、水面に対して法線方向のフラックス 0を組み込む必要があると考えられる.

参考文献

- 柿沼太郎,浅野敏之,中村和夫,劉魯安:地滑りによる津波の生成に関する水理実験,海岸工学論文集, 第 55 巻, pp.346-350, 2008.
- 2) 柿沼太郎,独立行政法人港湾空港技術研究所:津波 地震によってもたらされるであろう幾つかの地形形 態と形成される津波の数値解析,津波工学研究報告, 第23号, pp.69-86, 2006.
- お沼太郎,澤田亮,山下啓,入部綱清:地滑りに伴う 津波生成の数値シミュレーション,土木学会論文集 B2,第68巻2号,pp.61-65,2012.
- 中山恵介, 堀松大志, 柿沼太郎:変文原理を用いた 河床上の流れの再現とその適応性, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1087-1092, 2009.
- 5) 新谷哲也,中山恵介:環境流体解析を目的としたオ ブジェクト指向型流体モデルの開発と検証,水工学 論文集,土木学会,第53巻,pp.1267-1272,2009.
- 新谷哲也,中山恵介,中本篤嗣:環境流体解析のための簡易 Wetting and Drying スキーム,土木学会論文集 B1,第68 巻 4 号, pp.1249-1254, 2012.
- T.Yabe, F.Xiao, and T.Utsumi, "The Constrained Interpolation Profile Method for Multiphase Analysis" Journal of Computational Physics, Vol.169, No.2, pp.556-593, 2001.