

## 海底および陸上地すべりによる津波とそれによる海底地形変化の推定手法に関する研究 Study on Evaluation Approach for Non-Seismic Tsunami Triggered by Offshore and Onshore Landslide

○村上嘉謙

○Yoshikane MURAKAMI

It is required to establish a consistent evaluation scheme related to the estimation of tsunami height possibly triggered by the future onshore/offshore landslide, since the standard framework for evaluation has not been established although case studies of reproduction calculation for the past individual events have been proposed. In this study, I proposed the practical approach of evaluating tsunami height triggered by the onshore/offshore landslide with multiple calculation models by setting the detailed profile of target landslide to be evaluated based on the results of literature survey, on-site geological survey and re-analysis of marine acoustic wave exploration records. The modified-KLS model applicable to the evaluation for submarine landslide was newly proposed.

### 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波に伴う原子力事故を契機に、原子力発電所の新規制基準が制定され、最新の科学的・技術的知見を踏まえた、既往最大を上回るレベルの「基準津波」の策定、およびハード・ソフト両面での対応が要求されているほか、既存施設についてもバックフィット（遡及適用）が求められている。

基準津波の策定に当たっては、従来の地震による津波のほか、地すべり、斜面崩壊等地震以外の要因、およびこれらの組み合わせによるものを複数選定し、不確かさを考慮することとされている。さらに、津波の二次的影響評価として、基準津波による海底地形変化（水位変動に伴う海底の砂移動・堆積等）に対して、取水口および取水路の通水性の確保が求められている。一方、これら地震以外による津波の標準的な評価体系は未だ確立しておらず、合理的な評価手法を構築することが重要な課題となっている。

本研究では、若狭湾に立地する原子力発電所を対象に、海底および陸上地すべりに伴う津波の評価手法および津波の水位変動に伴う海底の砂移動の影響評価手法について考察し、他の施設評価にも応用しうる実務的な計算手法と評価手法を提案した。

### 2. 海底地すべりに伴う津波の評価について

#### (1) 地すべり地形の設定の考え方

海底地すべりによる津波の評価に当たっては、将来発生する海底地すべりを正確に予測すること

は困難であるため、過去の海底地すべり痕跡を基に、発生場所と規模の不確かさを考慮した津波水位評価を実施することとした。そこで、入手可能な海底地質図、海底地形図、海上音波探査記録等の科学的根拠を基に、発電所への影響が大きいと考えられる海底地すべり地形の絞り込みを行い、抽出された地形に対して合理的と考えられる範囲でできるだけ規模が大きくなるように海底地すべりの崩壊部・堆積部の詳細判読を行った。

#### (2) 水位評価手法

崩壊前後の海底地すべり地形を元に初期水位波形を設定し、津波シミュレーションを実施した。初期水位形状の算出に際しては、複数の手法により行うこととし、運動学的地すべりモデル（佐竹ら(2002)による kinematic landslide model、以下「KLSモデル」という）と Wattsら(2005)と Grilliら(2005)の方法で初期水位分布を設定して津波伝播計算を行うモデル（以下、「Wattsモデル」という）を用いた。

KLSモデルに必要な地すべり速度と地すべり継続時間について、汎用的にそれを決定する知見がないため、本研究では、地すべり速度については、Wattsら(2005)が提案している地すべり速度の推定式で算出した速度の最大値を用い、地すべり継続時間は地形変化が合理的と考えられる範囲で最速となるよう設定することとした。

#### (3) 修正 KLS モデルの提案

KLSモデルによる津波は、実験結果と比べて過大な評価結果となる知見が得られている。この原

因として、KLS モデルは、基本的には山体崩壊に伴う津波を対象として考案された計算モデルであり、これを海底地すべりに適用すると、地すべり前面が堆積部に到達するまで崩壊のみが進行し、崩壊部と堆積部の土砂収支がとれないことが挙げられる。これを解決するため、崩壊部と堆積部の2箇所には破壊開始点を設け、崩壊と堆積を同時に進行させることにより、地すべり継続時間中における崩壊部と堆積部の土砂収支がとれるように改良した修正 KLS モデルを考案した。このモデルを適用することで、実験結果や Watts モデルとほぼ同等の水位評価を得ることができた。

### 3. 陸上地すべりに伴う津波の評価について

#### (1) 地すべり地形の設定の考え方

陸上地すべりによる津波の評価についても、海底地すべりの地形の設定の考え方と同様に、過去の地すべり痕跡を基に、発生場所と規模の不確かさを考慮した津波水位評価を実施することとした。まず、防災科研の地すべりデータベース等の文献から、検討対象とする地すべり地形を抽出し、空中写真判読や現地踏査の結果を基に、地すべりの概略規模を想定し、Huber ら(1997)の簡易予測式による相対評価により、評価対象の地すべりを選定した。次に、評価対象の地すべりに対して、詳細な現地調査に基づき、地すべり範囲および規模(体積)を特定した。

#### (2) 水位評価手法

陸上地すべりによる津波の評価では、海面に突入する崩壊土砂の動きの解析(土砂崩壊シミュレーション)結果を元に初期水位波形を設定(予測)し、伝播計算を行った。土砂崩壊シミュレーションは、崩壊土砂の動きを時刻歴で解析することが可能で、Patra ら(2005)により実現等との比較からプログラムの妥当性が検証されている解析コード TITAN2D を使用した。

初期水位波形の設定に際しては、土砂崩壊シミュレーションと津波伝播計算を接続して、陸上地すべりによる津波の挙動まで検証された事例がないため、手法による評価結果の不確かさを念頭に複数の手法により行うこととし、①土砂崩壊シミュレーションによる時間刻みあたりの海面下の地形変化量が、海面水位と海底地形に時々刻々と反映されるものとした、運動学的手法による予測方法(以下、「運動学的手法」という)、②実験や海底地すべりの数値解析モデルの再現性を確認している Grilli ら(2005)および Watts ら(2005)による

予測式(以下、「Watts ほかにによる方法」という)の2つの方法を用いることとした。

運動学的手法は、地すべりによる海面下の地形変化量と海面水位の時間変化を刻一刻と計算しながら津波の計算を行うモデルであるのに対して、Watts ほかにによる方法は地すべりによる初期水位の空間分布を初期条件として与えて津波の伝播計算を行う、やや簡便な方法である。Watts ほかにによる方法は、もともと海底地すべりを対象とした提案式であるため、陸上地すべりに適用するにあたり、提案式に必要な2次元波源振幅や特性津波波長を算出する知見がなかったことから、本研究ではそれらを Fritz ら(2004)による波源振幅予測式より求めることとした。

#### (3) 結果および考察

両手法による計算の結果、土砂突入方向が評価地点から90度の関係となるような地すべりに対しては、両手法でほぼ同等の結果が得られた一方、突入方向が評価地点に正対するような地すべりに対しては、運動学的手法の方が倍程度大きくなる結果が得られた。これは、運動学的手法では、土砂崩壊が進むにつれて、水位変動が次々と発生することになり、評価地点付近の浅海部で後続波が重畳して津波水位が大きくなったことが考えられる。

### 4. まとめ

本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

#### (1) 海底地すべりにについて

- ・発生場所と規模の不確かさを考慮した海底地すべり地形の設定手法を提案した。
- ・津波の初期水位の算出を2つの手法で行い、各手法で必要パラメータ設定手法について提案した。
- ・実験結果との比較検証に基づき、修正 KLS モデルを提案した。

#### (2) 陸上地すべりにについて

- ・発生場所と規模の不確かさを考慮した地すべり地形の設定手法を提案した。
- ・初期水位波形の設定に際し、土砂崩壊シミュレーションの結果に基づいた2つの手法を提案した。
- ・Watts ほかの手法の適用に当たり、必要パラメータを Fritz ら(2004)から求める手法を示した。