

海底地すべりに伴い発生する津波の規模推定に用いる予測式の提案

(株)三菱総合研究所 正会員 ○文屋信太郎
 (株)三菱総合研究所 非会員 藤田 尚毅
 (一財)電力中央研究所 正会員 松山 昌史
 中部電力(株) 非会員 内野 大介

1. 目的

本研究では、海底地すべりに伴い発生する津波を対象として、地すべりの規模と伝播距離等から水位変動の規模を推定する予測式を提案する。断層運動に伴う津波については地震の規模と伝播距離から津波による水位変動の規模を簡易に予測する式が提案されているが、その海底地すべり版との位置付けである。

2. 予測式の構築

評価地点での津波の規模を表す指標として最大水位変化量 $\eta_{\max}$ を選定し、この $\eta_{\max}$ を予測する式について検討することとする。最大水位変化量に影響する要素として、ここでは、津波発生域での津波規模、距離減衰効果、水深の変化による増幅・低減効果を考慮することとし、 $\eta_{\max}$ をこれら3つの要素の積で表す。

$$\eta_{\max} = (\text{津波規模}) \times (\text{距離減衰}) \times (\text{水深変化による増幅・低減}) \quad (1)$$

海底地すべり津波は地すべり運動方向への指向性を有するが、ここで構築する予測式では指向性を陽に取り扱うことはせず、伝播方向に依存しない最大の規模を予測することを目指す。

津波規模の定式化にあたっては Watts ら¹⁾が提案している津波発生域での振幅の予測式を使用する。Watts らは、地すべり土塊の形状・密度および海底の水深・勾配等から津波発生域での最大振幅 $\eta_{0,3D}$ と特性波長 λ_0 を予測する式を提案している。また、初期水位の平面2次元分布を2つのガウス分布の重ね合わせで設定することを提案している。ここでは、これらの提案を参考にし、初期の水位分布を次のとおり設定する。

$$\eta_0(r, \theta) = \eta_{0,3D} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

ここで、 (r, θ) は初期水位の中心を原点とする極座標である。分散 σ^2 については Watts ら¹⁾に倣い波長 λ_0 との関係は次のとおり定義する。

$$2\sigma^2 = \lambda_0 \quad (3)$$

時刻 $t > 0$ においては分散 σ^2 のガウス分布を径方向の断面として維持しつつ、同心円状の波面で伝播するものとする。このとき、距離 R 伝播後の水位分布は次のように書ける。

$$\eta_R(r, \theta) = A' \exp\left(-\frac{(r-R)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

一方、距離 R 伝播後の津波の位置エネルギー $E_{p,R}$ は次のように書くことができる。

$$E_{p,R} = \frac{\rho g}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^\infty (\eta_R(r, \theta))^2 r dr d\theta \quad (5)$$

ここで、 ρ と g はそれぞれ海水の密度と重力加速度である。位置エネルギーの保存より $E_{p,0} = E_{p,R}$ とすると、 A' について解くことができる。加えて、水深変化による増幅・低減効果をグリーン法の法則により考慮すると、津波規模、距離減衰、水深変化による増幅・低減を考慮した津波水位が次の式で記述される。

$$\eta_{\max}(\eta_{0,3D}, \lambda_0, H_0, H_R, R) = \eta_{0,3D} \left(\frac{\lambda_0}{\sqrt{8\pi}}\right)^{1/2} \left(\frac{H_0}{H_R}\right)^{1/4} R^{-1/2} \quad (6)$$

ここで、 H_0 は津波発生域の水深、 H_R は原点から距離 R 離れた評価地点の水深である。

キーワード 海底地すべり、津波水位、予測式

連絡先 〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10番3号 (株)三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部
 Tel. 03-6705-6040

3. 予測式の検証

提案式を図-1に示す地形条件を与えた仮想的な問題に適用し、二層流モデル及び Kinematic landslide モデルを適用した結果と比較した。図-1には xz 断面を示しているが、実際には地すべり体の幅 W に有限の値を与えた平面 2 次元的な問題としている。また、地形条件を表-1のように変化させ、感度分析を行った。津波規模及び距離減衰の推定に関する妥当性を確認するため、地すべり体の中心を通過する x 軸に平行な測線上において水位変化量を調べ、予測式の値と平面 2 次元モデルの値を比較した。図-2 に比較結果の一部を示す。同図は二層流モデルとの比較である。 A の値が小さいほど幅 W が大きい条件となるが、 A に対する水位の依存性について予測式と二層流モデルとが整合している。津波規模及び距離減衰特性についても概ね同程度の予測値を与えることが確認できる。

4. 結論

海底地すべり津波を対象とし、地すべりの規模や伝播距離から水位変化の規模を推定する予測式を提案した。平面二次元モデルとの比較から提案式の妥当性について一定の確認を行うことができた。また、提案式の適用性に関しても検討している。今後、水理模型実験との比較を行うなどしてさらなる検証を行う予定である。

謝辞：本研究は電力 11 社による電力共通研究として実施した成果であることを付記するとともに、(公社)土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会(委員長：関西大学社会安全学部 高橋智幸教授)の委員各位に研究成果をご議論いただき、有益な助言を賜りました。関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) Watts, P., Grilli, S. T., Tappin, D. R. and Fryer, G. J.: Tsunami Generation by Submarine Mass Failure II: Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 131:6(298), 298-310, 2005.

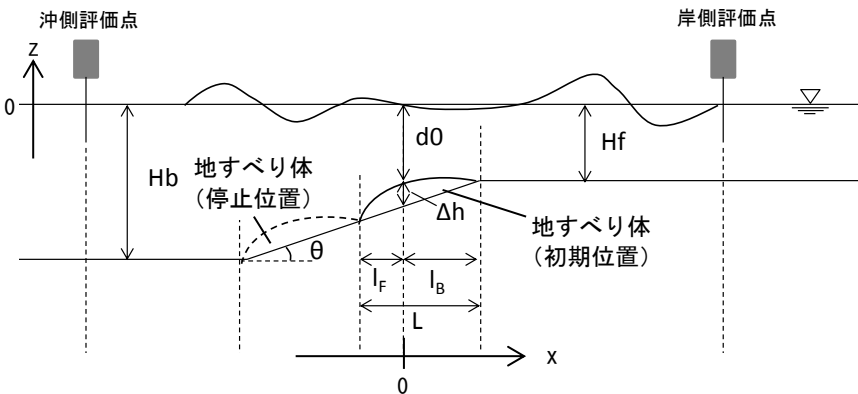


図-1 海底地すべり津波問題の地形条件

表-1 地形条件の設定値	
変数	設定値
Δh (m)	30,60,120
H_f (m)	250,500,1000
H_b (m)	$H_f + 2L \tan \theta$
θ (°)	3,6,12
$\kappa (= l_F / l_B)$	1.0
L (m)	300,600,1200
$A (= L / W)$	0.5,1,2
$\gamma (= \rho_s / \rho_{water})$	1.85

注：下線を引いた数値は基準ケースの設定

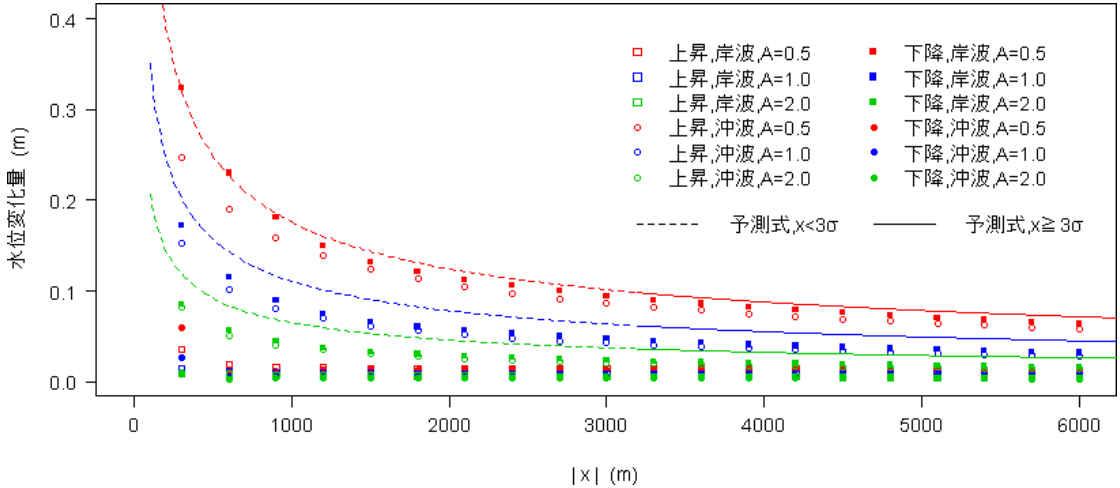


図-2 予測式と平面 2 次元モデル（二層流モデル）との結果比較