

津波砂移動計算における浮遊砂・掃流砂が地形変化に及ぼす影響

関西電力(株) 正会員 ○有光 剛

関西電力(株) 非会員 松田 周吾

(株)ハイドロ総合技術研究所 正会員 川崎 浩司

1. はじめに

原子力発電所の津波に対する安全性を評価する際には、取水機能喪失の原因となり得ることから、津波作用時の砂移動・地形変化の高精度な予測が求められる。津波砂移動評価に関しては掃流砂層と浮遊砂層の交換砂量を考慮した津波移動床モデルが高橋ら¹⁾によって提案されており、流砂量係数や飽和浮遊砂濃度などの流砂パラメータの設定については高橋ら²⁾や菅原ら³⁾などの研究が進められている。有光ら⁴⁾は、東北地方太平洋沖地震津波時の再現計算によって流砂パラメータ設定が砂移動計算の再現性に及ぼす影響を検討し、飽和浮遊砂濃度を固定値とすると巻き上げが制約されて侵食量が過小となるが、飽和浮遊砂濃度を流況に応じて可変とする菅原ら³⁾の方法では再現性が向上することを示した。しかし、高橋ら¹⁾のモデルが考慮する浮遊砂・掃流砂がそれぞれ地形変化にどのように寄与しているかを確認した事例はない。本研究では、流砂パラメータの設定を変えた津波砂移動の再現計算を実施し、浮遊砂・掃流砂が地形変化に与える影響について検討を行った。

2. 津波移動床モデルによる計算の概要

本研究では、東北地方太平洋沖地震津波時の陸前高田市の高田海岸(図-1)における地形変化の再現計算を行った。計算条件、計算領域などは有光⁴⁾らと同様とし、砂移動計算には高橋ら¹⁾の津波移動床モデルを用いた。流砂量係数は高橋ら¹⁾の値(Case 1, 3)および高橋ら²⁾の値(Case 2, 4)とし、飽和浮遊砂濃度は固定値とする場合(Case 1, 2)と菅原ら³⁾の方法により流速・水深に応じて可変とする場合(Case 3, 4)を比較した(表-1)。なお、地形変化量は堆積を正值、侵食を負値で示す。

図-2に、有光ら⁴⁾が実施したCase 4の地形変化量の計算結果を例示する(Case 1~3は紙面制約により省略)。有光らによると、Case 1, 2では侵食量が過小となるのに対して、Case 3, 4は現地調査結果に近い堆積量・侵食量が得られている。

3. 浮遊砂・掃流砂の地形変化への影響

地形変化への浮遊砂・掃流砂の寄与度を確認するため、図-1に示す静水深10mの地点(代表点)における浮遊砂および掃流砂による地形変化量を計算した。浮遊砂による地形変化量は、掃流砂層と浮遊砂層の間の交換砂量に基づいて算出した。

図-3に、代表点における堆積方向・侵食方向の時々刻々の地形変化量の累積値を示す。4ケース

表-1 計算条件(流砂パラメータ)

	流砂量係数		飽和浮遊砂濃度
	巻き上げ砂量	掃流砂量	
Case 1	0.012	21.0	固定 (1%)
Case 2	4.4×10^{-5}	4.0	
Case 3	0.012	21.0	可変 (菅原ら ³⁾)
Case 4	4.4×10^{-5}	4.0	

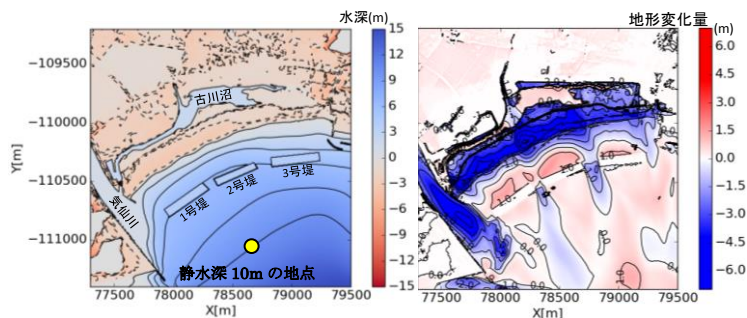


図-1 高田海岸の初期地形

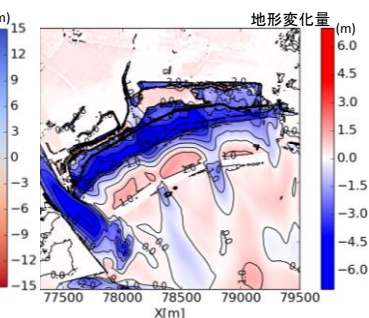


図-2 地形変化量 (Case 4)

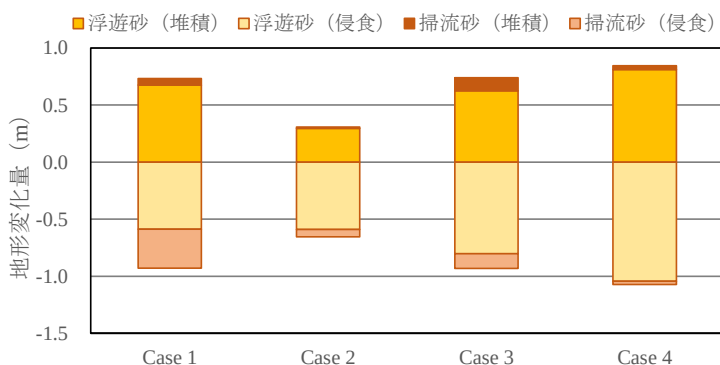


図-3 静水深10m地点の堆積厚・侵食深の累積値

キーワード 津波, 砂移動, 浮遊砂, 掃流砂, 飽和浮遊砂濃度, 流砂量係数

連絡先 〒661-0974 兵庫県尼崎市若王子 3-11-20 関西電力(株) 技術研究所 TEL 06-6491-0221

ともに侵食方向・堆積方向の地形変化の主たる要因は浮遊砂であることがわかる。ただし、Case 1 では掃流砂による侵食量が他のケースよりも大きい。また、流砂量係数が同じ Case 1 と Case 3, Case 2 と Case 4 の比較では、飽和浮遊砂濃度を可変としたほうが浮遊砂による侵食量の累積値が大きい。

図-4 に代表点における Y 方向の流速、図-5 に代表点における浮遊砂・掃流砂に起因する地形変化量と浮遊砂濃度の推移を示す。高田海岸の形状から、図-4 の流速は正值が押し波、負値が引き波に相当する。飽和浮遊砂濃度が可変の Case 3, 4 では、1 波目の引き波が高流速となる 50~60 分頃に、浮遊砂に起因する地形変化によって約 0.8m の侵食が生じる。このため、Case 3, 4 では地形変化と浮遊砂濃度の推移がよく対応している。Case 2 でも、Case 3, 4 と同じ引き波時に浮遊砂による侵食が進展するが、飽和浮遊砂濃度の制約により侵食は 0.4m 程度に留まる。一方、流砂量係数の大きい Case 1 では、押し波時の 30 分頃から浮遊砂による侵食が始まり、早期に飽和浮遊砂濃度に達するため、Case 2~4 で侵食が進展した引き波時(50~60 分)には浮遊砂による侵食が生じない。ただし、Case 1 では引き波時に掃流砂による侵食が発生する。これは、引き波時の巻き上げが生じないことで、掃流砂量算定に影響する海底勾配に Case 2~4 との差異が生じたためと考えられる。

4. おわりに

検討対象の海岸における東北地方太平洋沖地震津波による地形変化は、主として浮遊砂によって生じたと考えられる。計算において、飽和浮遊砂濃度を可変とすることで浮遊砂による侵食を良好に再現することができる。一方、飽和浮遊砂濃度を固定値とすると、早期に飽和に達するため、引き波時の浮遊砂による侵食量が過小評価となる。

謝辞：本研究の実施にあたり、ふじのくに地球環境史ミュージアムの菅原大助准教授より貴重なご助言を賜った。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1)高橋智幸他：掃流砂層・浮遊砂層の交換砂

量を考慮した津波移動床モデルの開発，海岸工学論文集，第 46 巻，pp.606-610, 1999. 2)高橋智幸他：津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.67，pp.231-235, 2011. 3)菅原大助他：堆積粒子の巻き上げに伴うエネルギー散逸を考慮した津波土砂移動の計算と検証，日本堆積学会講演要旨，O27, 2014. 4)有光剛他：津波移動床モデルの再現性及び流砂パラメータの影響，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.73，No. 2，pp.I_589-I_594, 2017.

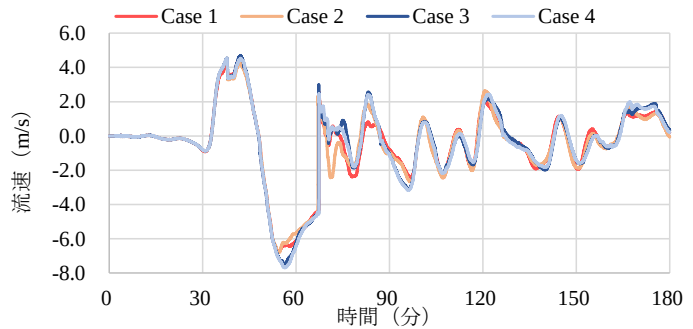


図-4 代表点の流速 (Y 方向) 推移

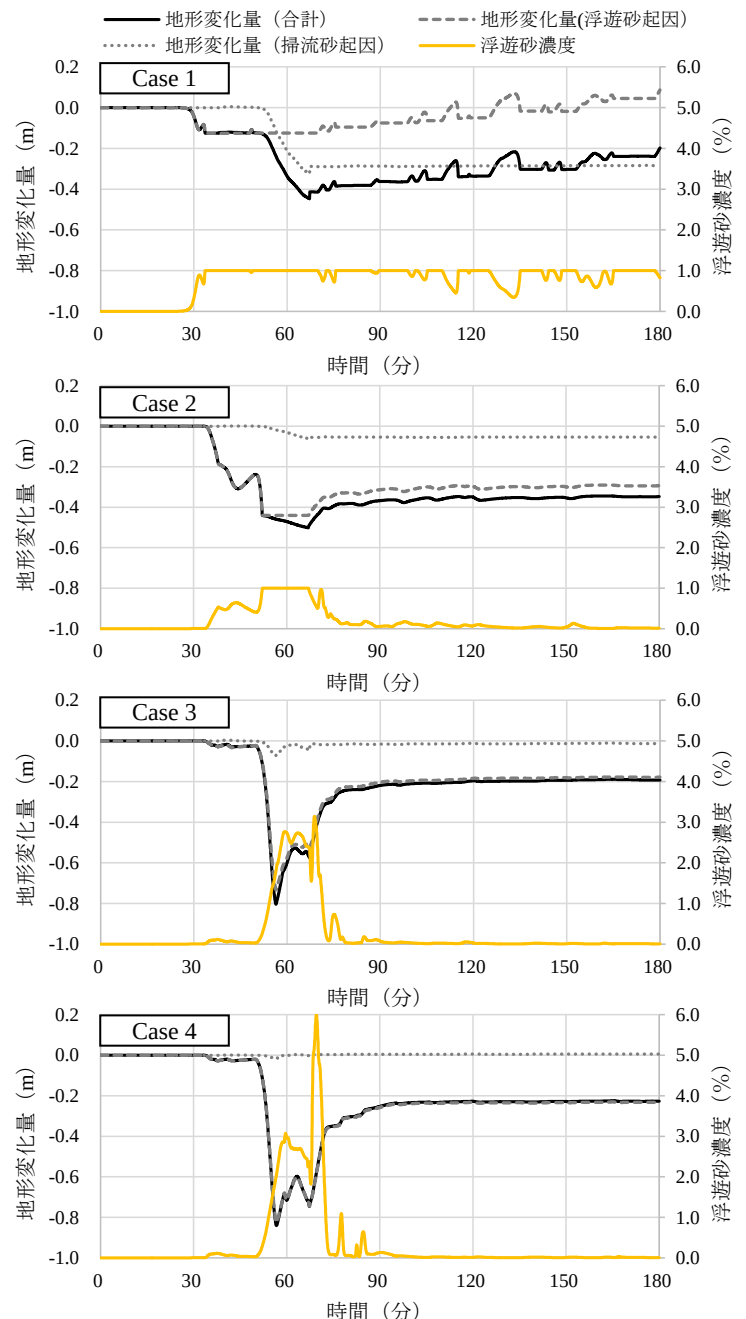


図-5 代表点の地形変化量・浮遊砂濃度の推移