シルテーションを考慮した3次元海浜変形モデルの構築

東北電力(株)	正会員	○斉藤知秀
東北電力㈱	正会員	羽鳥明満
東北電力㈱	正会員	大内一男

<u>1. はじめに</u>

火力・原子力発電所においては常時大量の冷却水を取水することから、シルトなど粒径の細かい土砂が多く存 在する海域に港湾が建設された場合、港湾内へはシルト成分を多く含む土砂が流入し堆積する。この堆積土砂の 効率的な浚渫計画を立案するためには、土砂の供給源となる港湾近傍の海浜変形を予測できる数値モデルを活用 することが不可欠であるが、シルトの移動特性は、底質の巻上げ機構や移流沈降過程等が複雑であり、従来の砂 移動を対象とした3次元海浜変形予測モデル¹⁾は適用できない。また、取水港湾におけるシルト堆積過程に関す る従来の研究²⁾は、特に沈降項の評価を主眼とした港湾内でのモデル再現性の検証は行われているものの、港湾 近傍を含めた広範囲において、シルト巻上げを考慮した海底地形変化の予測モデルは構築されていないのが現状 である。そこで本研究では、シルトが多く存在する海域での3次元海浜変形モデルの構築と現地適用を目的とし、 まず、東北電力㈱原町火力発電所港湾をモデルケースとし、シルテーションモデルの3次元海浜変形モデルへの 組み込みを試みた。次にパラメータスタディにより現地観測結果との比較検証からパラメータを同定し、現地海 域での再現性を検証した。

2. 3次元海浜変形モデルへのシルテーションモデルの組み込み

2.1 基本モデル

モデル海域は、シルテーションが存在するとともに岩礁帯が露出している海域であることから、基本となる3 次元海浜変形モデルは、露岩による漂砂量の低減効果を考慮できる池野ら(2001)¹⁾のモデルを用いた。これらは、 修正ブシネスク方程式を基礎方程式として波浪・海浜流場を計算し、掃流砂と浮遊砂の堆砂過程を分けて考えて いるが、本研究では、さらにシルテーションモデルを組み込みシルトの堆積分を加えることにより、掃流砂、浮 遊砂、シルトのそれぞれの堆積侵食量の合算値を海底地形変化量とした。 2.2 シルテーションモデル

浮遊シルトは、巻上げ・沈降・堆積過程を繰り返しながら移流・拡散していくものと考えられ、基本方程式は式(1)を用いた。沈降フラックス D は沈降速度 ws と底面における濃度 Cb の積で与えられる算定式(2)を用い、巻上げフラックス E の算定は、現地泥(福島泥)を用いた巻上げ実験をまとめている清水ら(1991)³⁾ による式に底面のシルト混合率 P を乗じた式(3)を用いた。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = K \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{E - D}{(h + \eta)} \quad (1)$$

C:シルトの鉛直平均濃度(kg/m³), u,v: 流速 x, y 成分(m/s), E: 巻上げフラックス(kg/m²/s),

 $D: 沈降フラックス(kg/m²/s), K: 拡散係数(m²/s), h: 水深(m), <math>\eta$: 水位(m),

 w_s : 沈降速度(m/s), C_b : 底面濃度(kg/m³), τ : 底面せん断応力(N/m²), τ_d : 沈降限界せん断応力(N/m²),

 $P: 底面のシルト混合率, \alpha: 定数, n1: 指数, <math>\tau_{fc}$: 巻上げ限界せん断応力(N/m^2)

2.3 境界条件における濃度の取り扱い

外力はモデル波浪による波高で与えられることから、計算領域境界でのシルト濃度は波高との相関性を考慮し 入力することとした。このため、60日間の濁度連続観測(平成19年1月18日~平成19年3月22日)を、波高観

キーワード:シルテーション、3次元海浜変形モデル、現地観測

連絡先:〒980-8550 仙台市青葉区本町1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

測と同位置・同期間において実施し、さらに、濁度と浮遊物質量(SS)を同時観測して得られた相関式から、濁 度連続データを浮遊物質量(SS)の連続データに変換し式(4)を得た。

C=10.31H₀²+7.21 C:推定濃度(浮遊物質量SS)(mg/1),H₀:有義波高(m)・・・・・ (4)

なお、現地濁度観測(平成19年1月19日、3月8日実施)の結果、濁度 観測値は深度方向にほとんど変化がなかったことから、鉛直分布は考慮せず、 沈降フラックスを求めるための底面濃度*C*_bは鉛直平均濃度を用いた。 2.4 底面のシルト混合率について

本モデルでは、シルト成分と砂成分が混合した場と捉えるため、巻上げフ ラックス算定式中において、シルトの混合率を考慮して巻上げ現象を表現で きるよう係数を設けている。このため、初期条件におけるシルト成分の割合 については、現地観測結果から図-1のとおりとし、計算過程においては、 砂とシルトの堆砂量変化に応じ、シルト混合率 P を変化させることとした。 3. パラメータ同定

本研究では、シルテーションモデルにおける沈降限界せん断応力 τ_{d} および巻上げフラックス算定式(3)の定数 α を同定するため、パラメータスタディを実施した。巻上げ限界せん断応力 τ_{fc} および指数n1は清水ら(1991)³⁾から、 $\tau_{fc}=0.20$ (N/m²)、n1=1.04とした。

取水港湾においては、粗粒分から徐々に沈降し、細粒分が取水ロへ と移流していくため、港湾内の堆砂はシルト成分が大半を占める。こ のことから港湾への浮遊シルト流入の再現性の向上に着目し、P1地点 (図-1)を対象観測点とし、シルト濃度の解析値と実測値(平成14 年4月10日~5月15日濁度連続観測)を比較した(図-2)。その結 果、 $\tau_d=0.10(N/m^2)$ 、 $\alpha=1.868\times10^5$ において、再現性が概ね良好であ ることから、これらを用いて1年間の再現計算を実施した。

4. 再現解析結果および考察

再現解析は平成18年5月を初期地形として、1年間の再現計算を実施し た。入力波浪モデルは、再現期間の波浪観測データを用いて作成した。波高 は1.0m以上を対象とし、波向は出現頻度からENE、E、ESEを対象とした。 また、波高3.0m以上の場合を時化とし、1時化を、1.5m、2.5m、4.0mのス テップ状にモデル化した。また、時化時の波向、作用時間から年間入力波浪 モデルを作成した。図-3と図-4を比較すれば、港口および航路付近では 概ね侵食堆積状況は再現された。しかし汀線および岸壁付近の堆砂状況が過 大に評価された。これらの要因として、汀線については、養浜堤の影響、汀 線付近における計算精度の影響などが考えられる。岸壁付近については水中 放水による複雑な流れの変化などによる影響が考えられる。

<u>5. まとめ</u>

シルテーションを考慮した3次元海浜変形予測モデルの構築を試み,シルトが多く存在する海域における広範囲の海浜変形予測を可能とし,港口,航路付近の堆砂状況については概ね再現することができた。なお,港口,航路付近の予測精度を更に向上させるためには,汀線付近の計算精度を改善させていくことが有効であると考えられる。



図-1 シルト成分の割合(%)



図-4 侵食堆積図(解析)

参考文献

1) 池野ら:露岩域を有する砂浜海岸に港湾を建設する場合の3次元海浜変形数値予測モデルの適用,海岸工学論文集,pp.561-565,2001.
2) 福本ら:取水港湾における現地泥の沈降特性とシルテーションの混合粒径モデル,海岸工学論文集,pp.511-515,2001.

3) 清水ら:波・流れ共存場における現地泥の巻き上げ特性,海岸工学論文集, pp. 481-485, 1991.