

新潟海岸で観測された飛砂に関する数値解析

福島工業高等専門学校 産業技術システム工学専攻 社会環境システム工学コース 学生会員 ○山岸 航平
福島工業高等専門学校 都市システム工学科 正会員 菊地 卓郎
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 衛藤 俊彦
東京建設コンサルタント 東京本社 河川本部 河川計画部 正会員 大澤 範一

1. はじめに

日本は海に囲まれた島国のため、適切な海岸管理は必要不可欠であり、重要な問題である。海岸の構成要素は高潮、波浪、津波から人命、資産を守るための堤防、護岸といった海岸構造物と防風、塩害から生活、経済環境を守るための海岸保安林、堆砂垣、フェンスといった海岸砂防構造物の2つに大別される。

本研究では沿岸道路への侵入や港湾の埋没、農地の塩害等の原因となっており、人々に多大な影響を及ぼしている飛砂に着目し、飛砂を固気二相流として、流体力学的に捉えて、解析的にアプローチすることによって、現地スケールの飛砂の流動特性を把握し、効率良く飛砂制御するための一助となることを目的とする。

2. 数値解析モデル

飛砂のような固気二相流の数値解析には様々なモデルが存在する。本研究では計算負荷が大きくなり、従来から多く用いられているオイラー・オイラー法を採用することとした。また、解析ツールには固気二相流を含む様々な流動現象に対応したソルバを有するOpenFOAMを採用し、気相では標準k-ε乱流モデル、粒子相ではB.G.M.VanWachem¹⁾による動力学モデルを取り入れた。固気二相流の支配方程式である連続の式と運動方程式は有限体積法に基づき離散化し、圧力-速度連成手法にはPISO法とSIMPLE法を組み合わせたPIMPLE法を用いた。

3. 現地観測概要

本研究における解析対象は国内において飛砂の影響が特に大きいとされる新潟海岸に注目し、飛砂の現地観測データが揃っている佐藤ら²⁾のデータを用いることとした。具体的には以下のようなものである。1998年12

月から1999年3月の約3ヶ月間に計3回、砂浜平坦地の自然の状態において補砂器によって観測された飛砂量データ、同期間に高さ3.5m地点での風向・風速計によって毎時10分間の頻度で観測された風速データであり、飛砂の流動特性を把握する上で重要な計測量である飛砂量と風速が得られている。

4. 数値解析概要

数値解析は鉛直2次元で行い、現地観測データを基に解析領域を決定し、モデルを作成した。解析領域は流下方向x=50m、高さy方向=3.55mとし、計算格子間隔は $\Delta x=0.05m$ 、 $\Delta y=0.05m$ とした。また、底面に厚さ0.05mの一様な砂層を設けた。計算に用いた諸量を表-1に示す。今回は現地において計3回観測された観測結果を対象とし、3回目のみ観測結果が2つ存在したため、case3.1、case3.2としている。なお、砂浜の自然状態を再現するため、十分に流下距離を確保した風上から45m地点での高さ150cmまでの風速及び飛砂量データを比較に用いた。高さを150cmまでとした理由は、現地観測において地上2.5~150cmの高さで採取された飛砂量データを使用しているためである。計算時間は現地観測データとの比較の際に流れが十分に発達した定常状態であるとみなせる状態となるように180秒間とし、計算時間間隔は0.002秒とした。

表-1 計算に用いた諸量

	case1	case2	case3.1	case3.2
風速 $U_{3.5}(m/s)$	8.8	6.78	7.98	9.91
砂の粒径 $d (mm)$	0.24			
砂の密度 $\rho_s (kg/m^3)$	2650			
乱流運動エネルギー $k (m^2/s^2)$	0.121	0.075	0.101	0.150
分子粘性散逸率 $\varepsilon (m^2/s^3)$	0.178	0.087	0.137	0.245

Keys Words : 飛砂, 新潟海岸, 現地スケール, 数値解析

連絡先 : 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 都市システム工学科

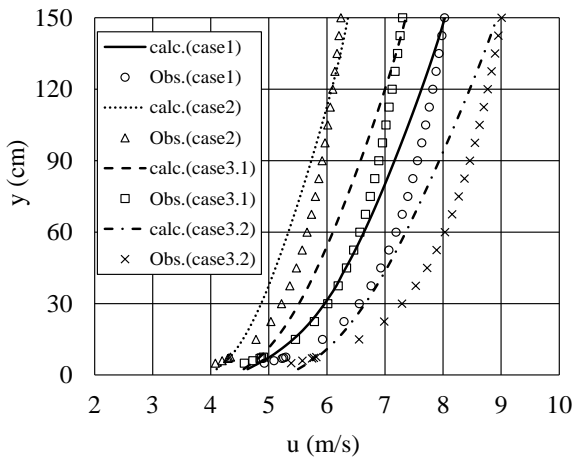


図-1 風速分布

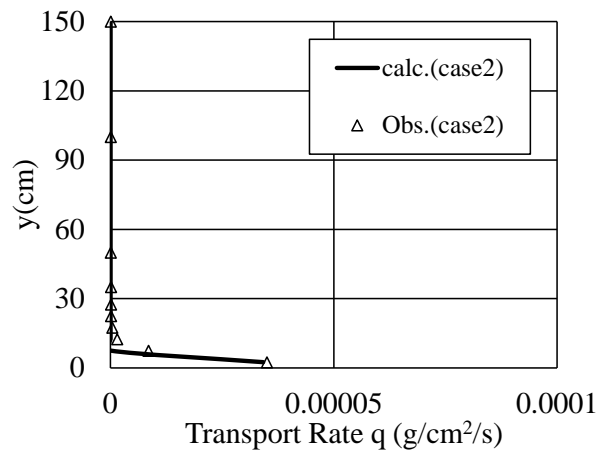


図-3 飛砂量分布(case2)

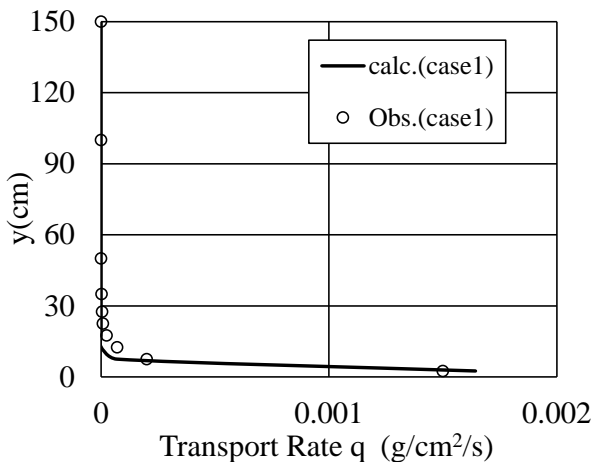


図-2 飛砂量分布(case1)

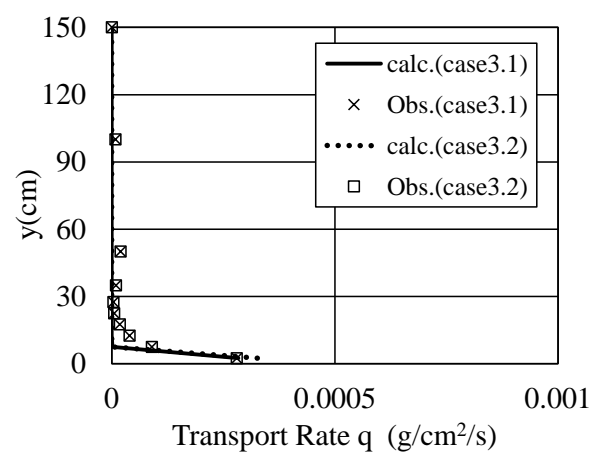


図-4 飛砂量分布(case3.1, 3.2)

5. 数値解析結果

図-1 に全ケースの風速分布を示す。先に述べたように風速の観測データは高さ 3.5m のデータなので、Bagnold³⁾の式を用いて、風速鉛直分布を算出し、その値を観測データとしている。全ケースにおいて、乱流の特徴を捉えた分布を示し、モデルの妥当性は確認できたが、再現性の精度という観点からは分布形の中腹の速度勾配が急になる傾向が見られた。この点は今後の検討が必要である。

図-2~4 にケース毎の飛砂量分布を示す。ただし、case3.1 と 3.2 に関しては、同一観測日のため一つにまとめた。全ケースにおいて、周囲流体である空気の密度に比べて固体粒子である砂の密度が大きいため飛砂量が底面から急激に減少するという飛砂の特徴を捉えた分布形を示した。また、底面直近においては観測結果との良好な一致を示しているが、底面から高さ約 10cm を越えたあたりから解析結果が小さい傾向が見られたことから、底面付近での砂粒子の浮上と降下をさらに精度良く再現する必要があることがわかった。

6. まとめ

本研究では、提案したモデルが新潟海岸の海浜平坦部で観測された飛砂の主たる計測量である風速分布、飛砂量分布を表現できることが確認された。

今後はモデルの再現性を高め、砂防フェンスなどの海岸砂防構造物を設置した箇所での数値解析を行うことによって、より有益なデータが得られると考えられる。

参考文献

- 1) B.G.M. van Wachem : Derivation, Implementation, and Validation of Computer Simulation Models for Gas-Solid Fluidized Beds, Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Amsterdam, pp.201, 2000.
- 2) 佐藤慎司, 大谷靖郎, 橋本新, 堀口敬洋:新潟海岸における飛砂の実態と防砂フェンスの機能, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.496-500, 1999.
- 3) Bagnold, R. A. : The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Mathuen & Co.Ltd., pp. 256, 1954.