

風向が不確定である場合の飛砂量の推定

金沢大学工学部 正 員 辻本 哲郎
金沢大学工学部 学生員○西澤 謙二

1. まえがき

近年，離岸堤や養浜により，沿岸に砂が充分供給されるにつれ，飛砂による人工構造物の埋没等が問題となっている。こうした飛砂の被害を防止するために堆砂垣や，静砂垣が経験的に用いられてきた。それらの構造や規模を決定するためには，砂面の風速分布や飛砂量，砂粒子の移動距離が重要である。著者らは，飛砂量の平面分布に着目し，風向が不確定である場合の飛砂量の推定法について考察する。

2. 捕砂装置

捕砂装置には，鉛直型と水平型の二つの形式がある。水平型は風向と平行に砂層に埋め込み飛砂を捕捉するもので，捕砂効率は捕砂器の長さに依存する。また，幅・長さ比が小さいとき，風向と平行に設置させなければ飛砂量は過小な値をとる。そこで本研究では，水平型捕砂器を格子状に区切った捕砂器で，長さが短かったり，風向との間に角度偏差のある場合の測定を可能とする。

3. 飛砂量の算定

本報では，捕砂器の堆積量による飛砂量の算定を，以下の条件で進める。(1)図1のように捕砂器は大きさ $\ell \times \ell$ の箱を縦に n 個，横に m 個並べ，風向は平行より角度 θ である。(2)飛砂量は平衡状態にあり，(3)単位面積・単位時間当たりの流下方向堆積分布を，

$$Q_d(\xi) = \frac{q_{se}}{\Lambda} \exp\left(-\frac{\xi}{\Lambda}\right) \quad (1)$$

で与える。ここに， q_{se} ：平衡飛砂量， Λ ：定数である。

このとき捕砂器に堆積する飛砂量 $Q_D(g/s)$ は，

$$Q_D = \int_0^{\frac{nl}{\cos\theta}} \int_{\sin\theta \cos\theta \xi}^{-\sin\theta \cos\theta \xi + l(m \cos\theta + n \sin\theta)} Q_d(\xi) d\xi d\eta$$

で与えられ，この式を整理すると，

$$Q_D = q_{se} \left[2nl \sin\theta + \left\{ l(m \cos\theta - n \sin\theta) - 2\Lambda \sin\theta \cos\theta \right\} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{nl}{\Lambda \cos\theta}\right) \right\} \right] \\ = q_{se} f(\theta) \quad (2)$$

となる。

以上より堆積量は，平衡飛砂量 q_{se} と角度 θ の関数 $f(\theta)$ により算定される。

また，捕砂器の各箱の堆積量も(2)式と同様に，角度 θ の関数 $g(\theta)$ を用いた次式で示すことができる。

$$Q_{Dij} = q_{se} g(\theta) \quad (3)$$

このとき $g(\theta)$ は，各箱ごとに固有の値を持つ。

全体の堆積量に対する各箱の堆積量の分布率を p_c とすると，

$$p_c = \frac{Q_{Dij}}{Q_D} = \frac{g(\theta)}{f(\theta)} \quad (4)$$

のように角度 θ の関数になる。このように分布率 p_c が捕砂器の堆積分布より求められると，風向が算定される。さらに，角度 θ が確定したとき，捕砂器の堆積量 Q_D が計測されると，(2)式より平衡飛砂量 q_{se} が推定される。

4. 風洞実験

上記の手法が実際現象をどの程度再現できるかを確認するため，金沢大学工学部に設置されたゲッチンゲン型風洞（実験区間4.0m，断面80cm×80cm）において，飛砂量を計測した。図2のように固定床として粗度付けしたビニー

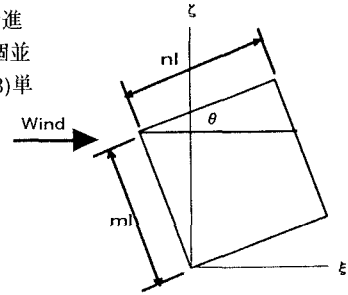


図1 捕砂器

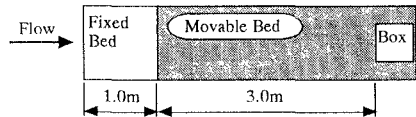


図2 実験概略図

ル板を敷き、その下流に十分乾燥した砂（石川県松任海岸で採取，中央粒径約0.3mm）を厚さ4.0cm，長さ3mに亘って敷き詰めた。固定床厚と移動床厚は同一とした。移動床上流端より3mの位置に1辺10cmの箱を4×4に並べた捕砂器を設置した。

まず，定数 Λ を定式化するため，捕砂器を風向と平行に設置し9種類の風速より図3のような単位面積・単位時間当たりの流下方向堆積分布を求めた。この結果を先に述べた(1)式のように指数関数近似し，定数 Λ を算定した。これより定数 Λ は，粒径のおよ600倍であると推定できる。

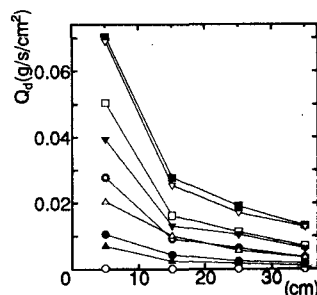


図3 流下方向堆積飛砂分布

次に，計算値の分布率と比較するため，捕砂器を風向に対し0°，

30°，45°の3通りの角度に設置し，4通りの風速で実験を行った。先に述べた計算方法により各箱の分布率が算定される。これを用いた計算により決定した分布形と，実験での分布形を図4，図5に示す。これらと比較すると，各角度とも類似した形をとっている。さらに，捕砂器の堆積分布より分布率 p_e が測定されると，角度を算定することが可能となる。このとき，分布率の予想値を大きくはずれるときは，上限または下限値を用いている。こうして各箱より求めた分布率 p_e を，平均して算定した角度と実際の角度を比較した結果，図6のようになる。0°では10°ほど大きく，45°では10°ほど小さい角度が算定される。図7に実験での分布率 p_e と，実験の角度で計算した分布率 p_c の関係を示す。実験結果が実際の角度と一致すれば理論直線のようなになる。実験結果より求めた近似直線は近い値を示している。

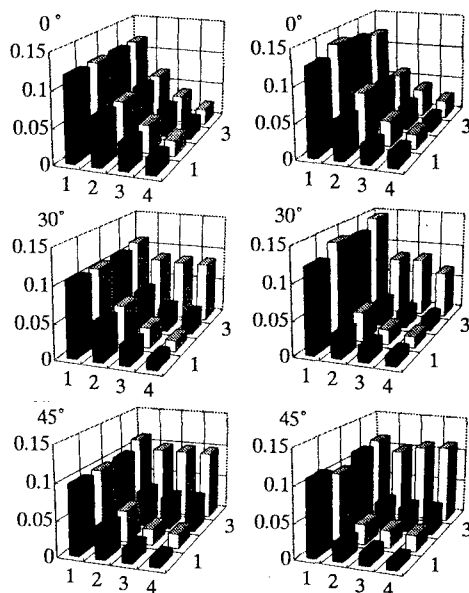


図4 計算分布形

図5 実験分布形

さらに，実験の分布率 p_e より決定した角度を用いて飛砂量の算定を試みる。このとき，捕砂器を風向と平行に設置した実験より得られた流下方向堆積分布の，指数関数近似により決定した飛砂量と比較した結果を図8に示す。

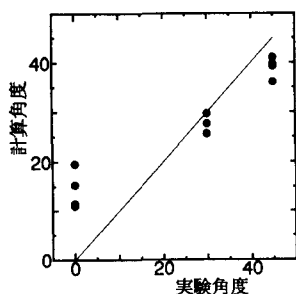


図6 角度

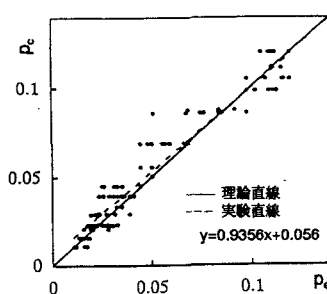


図7 実験値と計算値の関係

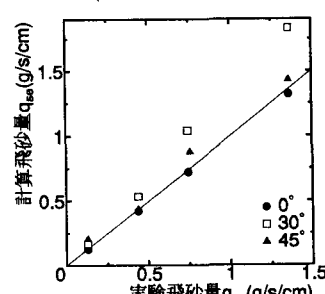


図8 飛砂量

5. あとがき

格子状に区切った捕砂器により風向と飛砂量を推定することを提案した。今回の結果では角度の推定誤差があり，捕砂器ごとの特性を考慮した補正を組み込んだ推定方法を考える必要がある。また，平衡状態を仮定して議論を進めたが，風洞では実験区間が短く，平衡状態まで到達しなかったための誤差が生じたとも考えられる。今後，非平衡状態の飛砂状況の定量的把握に，この斜め配置格子型捕砂器の応用を考えていきたい。