

気流による砂の掃流移動と風速分布

（株）ニュージェック 正会員 ○ 三島 豊秋
山口県庁 寒川 章
名城大学都市情報学部 正会員 土屋 義人
徳島大学工学部 正会員 中野 晋
徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに これまでの海岸浸食を対象とした砂の輸送機構に関する研究の多くは、波による浸食の制御方法の確立を目的としている。しかし、近年における海岸の多様な機能の確保を考慮すると、風による砂の輸送現象である飛砂も海浜変形の1要因として無視することは出来ない。本研究では飛砂における kink を実験的に確認し、そのときの風速分布の特性について検討する。

2. 実験方法 本実験においては図-1に示すような断面寸法が高さ×幅:16cm×19cmである吐き出し型風洞装置を用いて実験を行っている。まず、風洞入口から630cmの測定位置においてピトー管を用いて移動床上での風速分布を測定し、その特性について検討した。また、跳躍移動状態にある砂の情報を得るためにビデオ解析を行っている。具体的方法は、測定位置付近において各高さごとに映写機およびスリットを用いて光を当て、そこを通過する砂粒が発する反射光を風洞上面に固定したビデオカメラで撮影し、これを解析することにより砂粒の水平移動速度および体積濃度の鉛直分布を求めている。

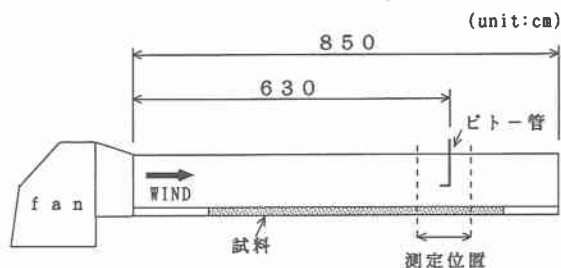


図-1 風洞実験装置

3. 実験結果および考察 図-2に砂表面から10cmの高さでの風速が6.4m/sの場合の移動床および固定床上での風速分布を示す。跳躍移動により移動する砂の濃度が高いと考えられる砂表面から高さ2cm付近までにおいて、風速分布に大きな歪みが生じているのが分かる。高さ2cm以下においては、風速分布は図中に示してある直線のように2段階に変化しており、砂表面から高さ5mm程度以下が saltation layer と考えられる。また、saltation layer 外縁における風速分布としては対数分布則が成立するようである。

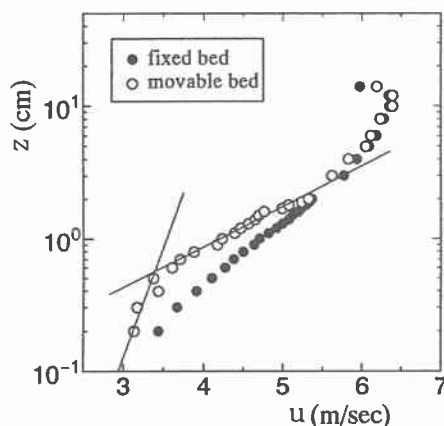


図-2 移動床および固定床上での風速分布

砂の移動を伴う流れにおける風速分布の歪みは、砂表面から飛び出した砂粒が空中で気流の持つ運動量を奪い、砂と流体間で運動量の交換を行った結果として生じる。ビデオ解析から得られた砂の水平移動速度 u_s 、体積濃度 C_s 、抗力 F_D

および移動量 q の鉛直分布を図-3に示す。このとき、抗力の分布は、 u_s および C_s より算出している。砂の体積濃度および移動量の鉛直分布は指数型の分布を示しており、砂表面付近と上方では数10から数100倍の差がでている。砂全体として気流から奪う運動量は砂の濃度の効果により砂表面付近で大きくなるため、図中に示されているように砂表面近傍で急激に大きくなる。逆に、この抗力に相当する運動量を気流が失うために、移動する砂の濃度が大きい砂表面付近において図-2のような風速分布の歪みが生じたと考えられる。

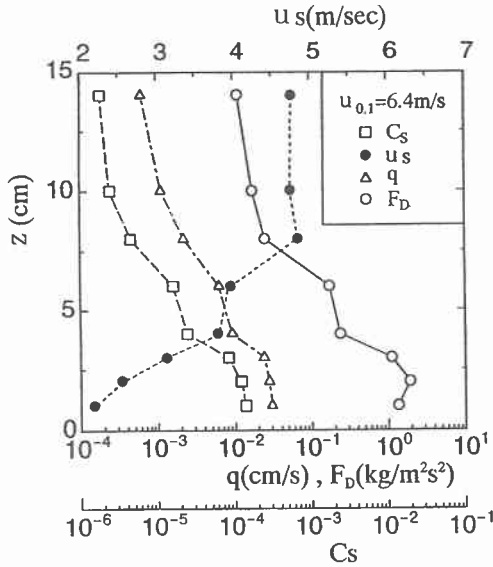


図-3 濃度，移動速度，移動量および抗力の鉛直分布

砂の移動を伴う流れにおいては，砂に作用する抗力分だけ風速分布に歪みが生じ，同時に気流中の乱れの内部構造にも変化が生じる．今回の実験では気流と砂の運動の両者を合わせた固気二相流としての全せん断応力の測定はできなかったため，ここではそれを風洞内で風速が最大となる10cmの高さで0となるような三角形分布をしていると仮定する．この仮定の基に求められた，風洞断面中心における気流のせん断応力を図-4に示す．図中には Raupach の理論¹⁾による気流のせん断応力分布も同時に示されている．実験により得られた気流のせん断応力には，移動する砂の濃度が大きい高さ4cm以下において徐々に砂の運動による影響が現れているのが分かる．実験的には高さ1cm以上での分布しか求められなかったが，砂表面の極近傍では移動する濃度が著しく高くなり気流のせん断応力は急激に減少すると考えられる．Raupach の理論による気流のせん断応力の分布に見られるようなそのような特性は今回の実験結果には現れていない．

図-5には，図-4に示されている気流のせん断応力の分布に基づいて導かれた混合距離の分布が示されている．図中には固定床実験から得られた混合距離の分布も同時に示されている．固定床上での混合距離の分布には高さ2cm以下では10cm風速の変化による混合距離の変化は見られず，増加の割合も図中に示してある $l = \kappa z$ の曲線をほぼ満足している．一方，移動床上での混合距離の分布は，高さ2cm以下で $l = \kappa z$ の曲線に載っており，固定床上の場合と同様に10cm風速の変化による相異は見られない．砂の移動を伴う流れにおいては移動する砂の濃度が著しく高くなる砂表面の極近傍での分布が重要であると考えられるが，今回の実験では測定できなかった．

4. おわりに 今回の実験で移動床上での風速分布より kink を確認できた．また，ビデオを用いた解析により実験的に風速場の内部機構について調べることができた．

参考文献 1) Raupach, M.R.: Saltation layer, vegetation canopies and roughness lengths, Acta Mechanica, Suppl.1, pp.83--96, 1991.

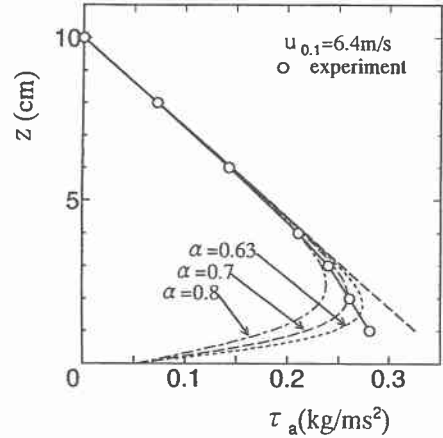


図-4 気流のせん断応力分布

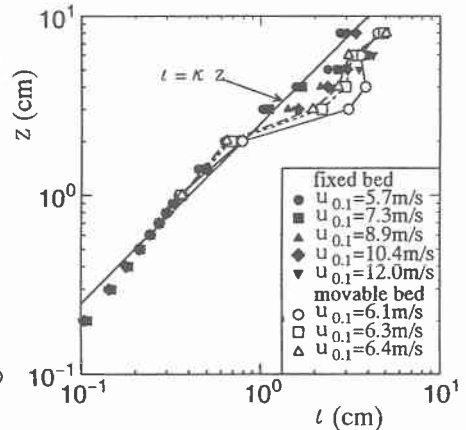


図-5 混合距離の分布