C109

異なる砂丘形状周りの流れの可視化

阿部 真憲[○] (山形大学・院), 李鹿 輝(山形大学), 中野 政身(山形大学)

Flow Visualization around different Dunes Masanori ABE, Akira RINOSHIKA and Masami NAKANO

ABSTRACT

The study of the formation and migration of sand dunes has a long history, but a sound understanding of the turbulent mechanisms behind dune has proved elusive. In this paper, in order to reveal the detailed vortical structures of different dunes, PIV measurements were performed in a circulating water channel at a constant Reynolds number of 2809. Instantaneous and time-averaged velocity distribution in the side and top planes were obtained and the complex reverse flows and eddies behind different dunes were examined.

Keywords: Dune, Wake, Flow visualization, Vortex

1. 結 論

乱流は、様々な大きさや強さの渦により構成され、混合や拡散などの輸送現象などといったものを促進させる一方で、流体抵抗や流体騒音も増大させる。そのため飛行機・自動車・新幹線などに対して、抵抗や騒音の低減について多くの研究がなされている。

一方、これまで砂漠化の問題を解決するため、地球物理などの研究者により砂丘形成原理に対して様々な研究が行われてきた。砂丘が自然界に形成される重要な理由の1つはその流体抵抗の小ささである。そこで、砂丘を模倣することにより物体そのものの流体抵抗の低減、もしくは流体抵抗低減の装置を開発できることと考えられる。しかし、砂丘形状を模倣した流体抵抗低減の技術は研究されていない。

本研究の目的は、砂丘周りの流れをPIVを用いて可視化し、乱流構造と支配する渦構造を解析することによって流体抵抗低減の原理を調べることである。前報⁽¹⁾の続きとして、異なる形状の砂丘を用いて砂丘後方の流れの可視化計測を行う。

2. 実験装置および計測方法

2.1 実験モデル

砂丘の形状は様々なあるが、中でもバルハン型は砂丘の1つ1つが孤立していて認識し易く、形状が単純であるという特徴を持っていることから、本研究で用いることにする。モデル寸法は、Parsons⁽²⁾の研究において使用されたモデルを参考にし、異なる高さの砂丘を2つ製作した。砂丘の高さは16mmと24mmであり、幅と長さは同じである。Fig.1に高さ16mmの砂丘モデルの寸法を示す。

Fig.1 Dune model

2.2 実験装置

本研究では、回流水槽を使用し可視化実験を行う。この回流水槽の最大流速は約 0.3m/s となっている。回流水槽の概略をFig.2に示す。

水槽の実験部に底部より約 6cm の高さに、長さ約 49cm、幅約 38cm、厚さ 5mm のアクリル板を設置し、その上にモデルを置く。水槽の水位はアクリル板より高さ 11cm とする。

Fig.2 Circulating water channel

2.3 計測方法

本研究では、レイノルズ数 2809 で PIV を用いて砂丘後方の流れの解析する。代表値は砂丘の高さとする。

トレーサ粒子には、三菱化学製ダイアイオン HP20SS・粒子径 $63\sim 150\mu\text{m}$ ・比重約 1.02 を用いる。トレーサ粒子はあらかじめ水槽に注入しておく。さらに、照明を可視化の領域にスリットおよび半月状レンズを用いてシート状に照射し、これを面の垂直方向から高速ビデオカメラで撮影する。モデル側面から撮影するときはスリット光源をモデルの中央に照射する。なお、本研究では幅 3mm のスリットを使用する。高速ビデオカメラはフォトン製 RGB-Rabbit を使用し、光源にはフォトン製 HVC-SL を用いる。撮影はシャッタースピード：1/250sec、撮影速度：250frame/sec、画像解像度： $640\times 480\text{pixel}^2$ で行う。

撮影された画像(BMP ファイル)約 600 枚を PIV 解析ソフト Pro Vision を用いて砂丘の後方の流れの速度・渦度・レイノルズ応力を解析する。

3. 実験結果及び考察

砂丘の高さ 16mm の瞬時の流線と渦度分布を Fig. 3 に、平均の流線とレイノルズ応力を Fig. 4 に、砂丘の高さ 24 mm の瞬時の流線と渦度分布を Fig. 5 に、平均の流線とレイノルズ応力を Fig. 6 に示す。

Fig. 3 と Fig. 5 を比較すると、どちらも砂丘頂上後方より渦が発生している。Fig. 3 より Fig. 5 の方が少しながら、渦の発生位置が後方へ移動していることがわかる。これは、砂丘の高さの変化に伴っての砂丘前方傾斜角の変化によるものである。さらに、渦が発生する高さは、砂丘の高さの変化に応じて高くなっていることもわかる。Fig. 4 と Fig. 6 を比べると、砂丘後方のはく離領域が Fig. 6 の方が大きいことがわかる。しかし、はく離領域においてレイノルズ応力の最大値(マイナス)は Fig. 4 が大きく、値の高いところの範囲は Fig. 6 の方が広がっている。

4. 結 言

本研究では、同じレイノルズ数において、砂丘高さの変化による砂丘後方の流れへの影響は、はく離領域、速度、渦度およびレイノルズ応力の変化をもたらす。

5. 謝 辞

研究を進めるにあたり協力していただいた皆様、および研究を手伝ってくれた 4 年生の工藤豊君と杉下孝太郎君に心より感謝し終わりとさせていただきます。

参 考 文 献

- 1) 阿部 真憲, 李鹿 輝, 中野 政身: 砂丘周りの流れの可視化, 可視化情報学会誌, Vol. 25, No. 1, (2005) pp. 81-82.

- 2) Daniel R.Parsons et al., Numerical modeling of flow structures over idealized transverse aeolian dunes of varying geometry, Geomorphology, 59 (2004), 149-164.

vorticity: -0.030 -0.020 -0.010 0.000 0.010 0.020

Fig.3 Instantaneous streamline and vorticity of the side view for a dune with a height of 16mm.

$\overline{u'v'}$: -0.00012 -0.00008 -0.00004 0.00000 0.00004

Fig.4 Time-averaged streamline and Reynolds stress of the side view for a dune with a height of 16mm.

vorticity: -0.024 -0.020 -0.016 -0.012 -0.008 -0.004 0.000 0.004 0.008

Fig.5 Instantaneous streamline and vorticity of the side view for a dune with a height of 24mm.

$\overline{u'v'}$: -0.00004 -0.00002 0.00000 0.00002 0.00004 0.00006 0.00008

Fig.6 Time-averaged streamline and Reynolds stress of the side view for a dune with a height of 24mm.