

ドーナツ型風洞を用いた風紋描画装置の開発

Wind ripples with colored sand in a doughnut type circular wind duct

*小玉 芳敬¹、小出 千晴*Yoshinori Kodama¹, Chiharu Koide

1.鳥取大学地域学部

1.Faculty of Regional Sciences, Tottori University

はじめに

風紋は鳥取砂丘の魅力的な観光資源のひとつである。風紋は風向きに直交する横列の微地形で、砂が移動して作られ形を時々刻々と変える。風紋の動態をメンテナンスフリーで展示できる装置があれば、鳥取の新たな観光素材となる。その際、砂の粒径に応じて着色された材料を用いることで、紋様が変化する描画装置となり、風紋をひと味違った形で楽しむことができる。本研究の目的は、循環することでメンテナンスフリーとなるドーナツ型風洞実験装置を開発し、風紋描画装置の実用化に向けた課題を明らかにすることである。

調査方法

透明アクリル製のドーナツ型風洞を設計し、6分割して業者に依頼した。ドーナツの内径は200 cm, 外径260 cm, 深さ50 cmで、耐久性を考慮して厚さ8 mmのアクリル板を用いた。円弧状湾曲を保持するために、内壁の天地・左右には幅10cmの帯をつけ、隣り合う内壁パーツをボルトで固定した。外壁はロープで縛り付けて歪みを調整した。天板もアクリル製で、円弧外側長で100cm, 40 cm, 20 cmの3種を組み合わせて発注した。風洞床には、高さ10 cmのドーナツ型木枠を別途発注した。カラーコンパネを用いて3.6 m四方の架台を作り、送風機のアジャスター（整流槽）を自作して、ドーナツ型風洞実験装置を組み立てた。

風速の制御には周波数変換器（Mitsubishi, FR-FS-0.8K）を用いて、送風機（マキタ製, MF302）の回転数を調整した。試運転で1台の送風機により風紋形成に適する風速5 m/sec~12 m/secを実現できたため、本研究では1台の送風機のみを使用した。また天板から空気を抜くためのネット（幅30 cm,長さ40cm）の設置箇所を、送風機から送り出された風の最下流端に固定した。実験中には、天板の一部を適宜外して風速を計測した。

220 リットルの細砂~中砂を用いた実験（厚さ10cmで風洞床に敷く）と、56 リットルのカラーサンド（赤φ0.67 mm:9.4 リットル, 白φ0.4 mm:18.7リットル, 青φ0.25 mm:28.1リットル）を用いた実験の2種類を実施した。前者では風紋の形成・消滅の確認と、砂床面の安定形状（断面形）を計測した。この結果を踏まえて後者では、安定形状の断面を径2 mmのポリプロピレン粒子で作成し、その表面を厚さ1mmのゴム板で覆いこれを風洞床として、そこにカラーサンドを厚さ3 cmで敷いた。送風機の周波数は35 Hz~60 Hzで調整した。実験中は砂床形の変化を観察して、必要に応じて断面形を計測し、平面写真に記録した。

実験結果

細砂~中砂を用いた50 分間の実験後に5か所で計測した。断面の位置は、送風機の接合部を起点として反時計回りに360度で表現した。30°・120°・240°では風洞の内側が外側と比べ10cmほど高くなった類似の断面形を示した。これらと比べ、風の導入口の0°付近では、初期の砂面より低下し、逆に330°では2~4 cm高くなった。

カラーサンドでは10分の実験（6.0 m/s）を3回行った。実験では峰部に粗い赤粒子が集まり風紋がドーナツ風洞全体に形成されたが、実験を繰り返すにつれて、平面的分級（粒度偏析）が進み、課題が顕在化した。この状況は60 Hz（12.5 m/s）の強風を流しても改善されなかった。0°~120°では赤色粗粒子が卓越し、120°~300°では赤色粒子は外壁沿いに集まり、白色と青色粒子が卓越し風紋を作った。300°~360°では青色細粒子が集積した。青色細粒子の集積（堆積）と砂面低下に伴う赤色粗粒子の残留集積は、風の流入口付近の乱れに起因する。

今後の課題

3つの課題が浮き彫りとなった。①風を抜く天井ネットの設置箇所を様々に変えて、風速分布をより均一にすることが、風洞の上下流における平面的な分級を防止することにつながる。②カラーサンドの混合割合を変えることが、赤色粗粒子の残留集積機会を減らすこととなる。③粗粒子が外壁側に、細粒子が内壁側に集積する対策は、今のところ見当たらない。

キーワード：ドーナツ型風洞、カラーサンド、砂漣・風紋、2次流、平面的分級、循環型風洞

Keywords: doughnut type circular wind duct, colored sand, wind ripple, secondary flow, spatial sorting, circular wind tunnel