

乾燥地を想定した不飽和砂地盤の風食抵抗性に関する検討

九州大学大学院 学 ○荒瀬 幸太

九州大学大学院 正 安福規之 学 古川全太郎

1. 目的

世界規模で砂漠化が進行しており、アジアでは特に顕著である。気候変動や過放牧・過伐採等の人間活動等により植生が乏しくなり、風食や水食などの土壌侵食が起こることで土地の劣化が進む。「風食」は、風によって土粒子が吹き飛んだり、地表が削られ侵食されたりすることであり、砂漠化の主要因の1つである。特に、降水量の減少に伴い乾燥化した地域では風食による被害が大きくなる。そこで、砂漠化防止の観点から、乾燥地の砂地盤における風食抵抗性を定量的に把握することは重要なことである。本研究では、風洞を用いて、地盤工学的な観点からモンゴルの乾燥地盤に着目して、風食抵抗性に関する基礎的な研究を行った。

2. 内容

2.1 風洞実験

図1は製作した風洞である。断面が $100\text{cm} \times 100\text{cm}$ で全長が 300cm あり、直径 1m の送風機から出る風をメッシュ(目: 1.4cm)および円筒(直径 10cm)で整流化している。図の位置に土槽と風速計を設置して実験を行った。

本研究では、風食の評価量として土壌損失量を用いた。実験の前後で土槽内の砂の質量がどれだけ減少したかを測定し、その値を土壌損失量とした。幅・長さが $20\text{cm} \times 40\text{cm}$ の土槽に砂を敷き詰め、地表面上 20cm の位置に風速計を設置し、一定時間送風して土壌損失量を測定した。これをいくつか実験条件を変えて行った。また、得られた結果より、種々の要因(風速、含水比)が風食にどのような影響を与えるのかを考察した。

2.2 風速-土壌損失量

図2は、モンゴルの乾燥地盤と硅砂7号の粒径を比較したものである。風の影響を受ける地表付近の粒径は、硅砂7号の粒径と類似していることが分かる。そこで本実験では硅砂7号を用いた。

風食は、風のエネルギーにより土粒子が動く現象である。風のエネルギーは風速に依存するため、風速は風食に影響を与える重要な要因である。図3は、乾燥状態で密度を一定にして砂を敷き詰めた土槽に、5分間一定の風速で風を吹かせたときの単位面積当たりの土壌損失量を各風速で表したものである。風速が高いほど風のエネルギーも強く、土壌損失量が大きくなっており、それは風速 $10(\text{m/s})$ 以上で顕著に表れている。図3で風速 $10(\text{m/s})$ 以下では土壌損失がほとんどない。しかし、砂は風速 $4 \sim 5(\text{m/s})$ で動き出すことが知られており、風速が低い範囲においては送風時間を長くして、長期的な観察をする必要がある。



写真1 実験用風洞

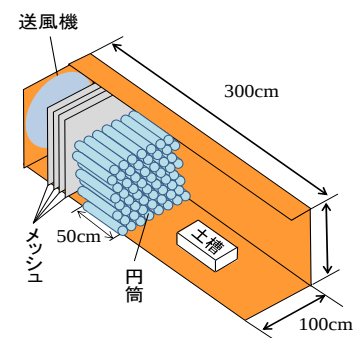


図1 実験用風洞

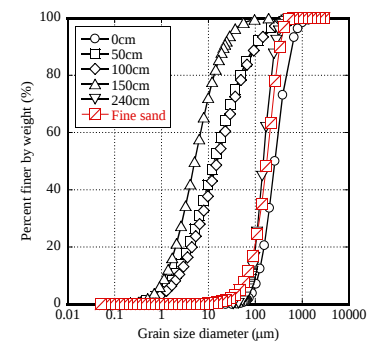


図2 粒径加積曲線

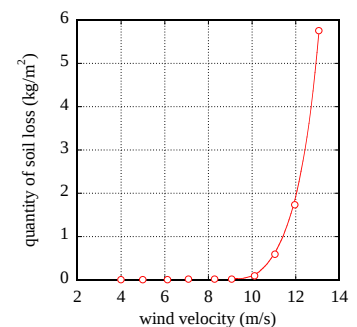


図3 風速-土壌損失量

キーワード：砂漠化、風食、風洞実験

福岡県福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1108-2

摩擦速度は、せん断応力を空気の密度で割ったものであり、地表の抵抗の程度を示すものであるため、風食抵抗性を検討する上で重要な指標である。この摩擦速度は、任意高さの風速を表す Prandtl の式(1)によって求めることができる。

$$U = 5.756U_* \log\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \cdots \cdots (1)$$

U: 地上 Z での風速 U_* : 摩擦速度 Z: 地表面からの高さ Z_0 : 砂表面の粗度長(0.0007m)

ところで、摩擦速度と土壌損失量との関係では Bagnold(1941)の式(2)が一般的に知られている。この式は、単位幅単位時間当たりの土壌損失量を摩擦速度で表したものである。

$$q = \frac{1.8\left(\frac{d}{D}\right)^{0.5} U_* \rho}{g} \cdots \cdots (2)$$

q: 単位幅単位時間当たりの土壌損失量 d: 粒径 D: 標準粒径(0.25mm) ρ : 空気の密度

そこで、風速データから Prandtl の式より摩擦速度を算出した。また、実験で得られた土壌損失量より単位幅単位時間当たりの土壌損失量を計算した。図 4 で、算出した摩擦速度と対応する単位幅単位時間当たりの土壌損失量の点をプロットし、Bagnold の式と比較した。その結果、実験値と Bagnold 式には違いが見られた。このことは、土壌損失量がほとんどなかった風速域の影響である。

2.3 含水比-土壌損失量

湿潤土壌は乾燥土壌より土粒子の粘着力によって安定している。したがって、土壌の含水量は風食に影響を与える重要な要因である。図 5 は、一定風速下 (12m/s) で 5 分間風を吹かせたときの単位面積当たりの土壌損失量を各含水比で表したものである。1%の水を加えるだけで土壌損失量は大きく減り、2~3%ではほとんど実験の前後で質量の変化が見られなかった。この結果より、少量の水分で風食に対する抵抗性が増すことが分かった。しかし、含水比が 4~5%以上では土壌損失量の変化が全く見られなかったため、送風時間を長くしたり、風速を変えたりするなどしてより長期的な観察が必要である。土壌損失量と含水比を関連付けた研究はなかった。これは、砂表面の含水比が温度・湿度・風速などによる蒸発能の影響を強く受けることにより、砂表面含水比の定義が難しいためと思われる。そこで、土壌損失量の代わり用いられる指標が砂の移動限界風速である。蒸発能の影響をより抑えることができるが、どのように砂の動き始めを観察するかなど問題点はある。今後は、含水比-移動限界風速に着目して研究を進める。

3. 結論

本研究は砂漠化の要因である風食に対して、風洞を用いて、地盤工学的な観点からモンゴルの乾燥地盤に着目して、風食抵抗性に関する基礎的な研究を行なった。その結果、以下の結論が得られた。

風速が高いほど土壌損失量が大きく、10(m/s)以上で急激に増加していた。風速が 10(m/s)以下では、土壌損失がほとんどなかったため、より長期の観察が必要である。

また、少量の水分があるだけで土壌損失量を大きく低減することができることが分かった。今後、土壌損失量に代わる指標として、移動限界風速を用い、含水比-移動限界風速に着目した研究を進めていく。

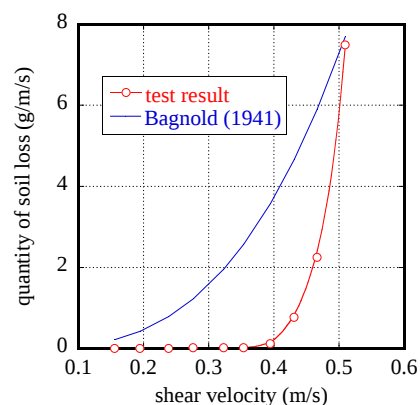


図 4 摩擦速度-土壌損失量

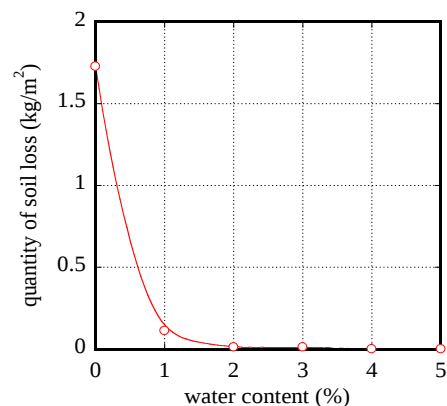


図 5 含水比-土壌損失量