

高撥水性砂を用いた浸透・蒸発実験

武蔵工業大学 学 〇小林森雄 正 末政直晃 片田敏行
佐藤工業（株） 正 永尾浩一

1. はじめに

高撥水性砂（Water-Repellent-Sand：以下 WRS）とは表面にフッ素加工を施した砂であり、それ自身が撥水作用を有する。従って、WRS は一般の砂が持つ水に対してのサクションを持たない（写真-1）。本研究では、WRS の材料特性を把握し、新しい地盤改良の材料としての利用法を検討することを目的とする。本報告では WRS の材料特性を把握するために浸透実験、蒸発実験を実施した結果を示す。

2. 浸透実験

2-1. 実験概要

WRS は地盤内の水圧に対して、どの程度の撥水力を維持できるか明らかにされていない。本実験では WRS の撥水性強度を調べるために浸透実験を行った。実験条件を表-1 に示す。浸透実験は WRS の相対密度を 30%, 50%, 90% に変化させた条件で行った。実験に用いた容器は塩化ビニル製で、内径 7.67cm、高さ 10.0cm である。供試体作製方法は、まず容器の内側にゴムメンブレンを取り付け、容器の内側とゴムメンブレンに、密着させるために真空脱気し、試料を空中落下させた。次に容器を密封し、試料とゴムメンブレンの境界が水道になるのを防ぐために、容器とゴムメンブレンの間に 150kPa の圧力で水を注入し、試料とゴムメンブレンを密着させ、供試体を作製した¹⁾。実験装置概要図を図-1 に示す。浸透実験は、供試体底部から定水圧面より供試体位置高さを 1cm 間隔で下げ、水頭差による圧力を利用して水を注入し、供試体上部より水を排水させる方法で行った。計測は供試体の重量変化により飽和度 S_r を(1)式より算出し、供試体上部より排水された流量より透水係数 k を(2)式より算出した。また水頭差による圧力を測定するため、供試体底部に差圧計を設置した。

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \cdot \cdot \cdot (1) \quad k = \frac{v}{i} = \frac{QL}{Ah} \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで(1)式では S_r ：飽和度(%), w ：含水比(%), ρ_s ：土粒子の密度(g/cm^3), e ：間隙比, ρ_w ：水の密度(g/cm^3)であり、(2)式では k ：透水係数(cm/s), v ：流速(cm/s), i ：動水勾配, Q ：流量(cm^3/s), L ：供試体高さ(cm), A ：供試体断面積(cm^2), h ：水頭差(cm)である。

2-2. 実験結果

図-2 に水頭差と飽和度の関係を示す。供試体上部より水が排水された水頭差は Case1 では 29cm, Case2 では 33cm, Case3 では 39cm であった。また水頭差 30 cm 付近まで相対密度が高い順に、飽和度が小さい。これは、WRS の撥水性より相対密度が高いほど土粒子の間隙が狭く、撥水力が強くなると考えられる。これらの結果より、WRS の撥水性は相対密度に依存すると考えられる。図-3 に水頭差と流量の関係を示す。図-4 に水頭差と透水係数の関係をそれぞれ示す。供試体上部より水が排水した時点の飽和度は、相対密度と

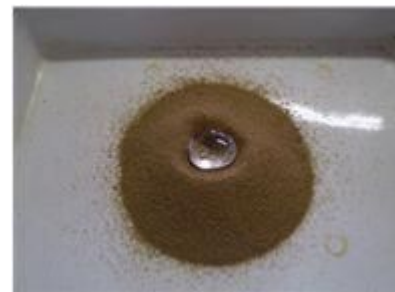


写真-1 WRS

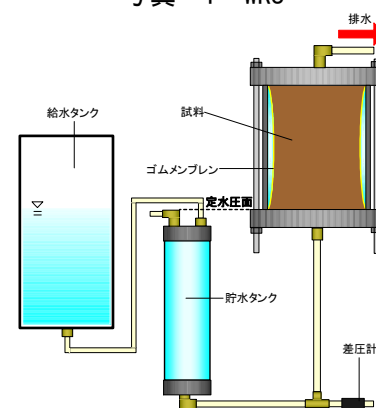


図-1 実験装置概要図

表-1 実験条件

	Case1	Case2	Case3
質量(g)	652	692	789
体積(cm^3)	432	446	458
相対密度(%)	約30	約50	約90

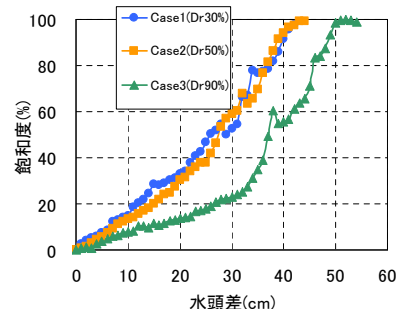


図-2 水頭差と飽和度の関係

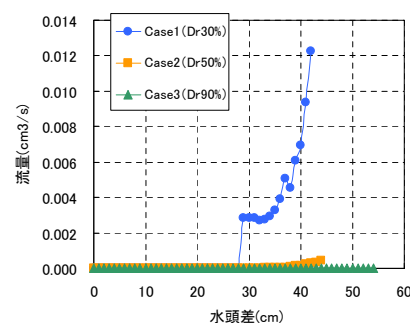


図-3 水頭差と流量の関係

キーワード：特殊土、撥水性、地盤改良

武蔵工業大学 地盤環境工学研究室 連絡先：03-5703-2202

関係なく、全てのケースにおいて飽和度が 60%程度であった。これは WRS に水が透水する際、撥水性により水が間隙を縫いながら透水すると考えられ、Case3 に比べ Case1 と Case2 は間隙が大きいのと同じ水頭差であっても飽和度の上昇と共に水道が拡張されて流量や透水係数が増加したと想定される。

3. 蒸発実験

3-1. 実験概要

地盤の表面では、太陽光により常に水の蒸発が生じている。このような地盤の乾燥化は、まず地表面が乾燥してその乾燥した部分の地盤がサクシオンを持ち、深部の水を吸水するメカニズムとなっている²⁾。WRS はサクシオンを持たないことから、通常の砂に比べ蒸発量が減少すると予想される。実験条件を表-2 に示す。本実験では、表面積 258.8cm²、高さ 13.0cm の発泡スチロール容器に含水比 10%の湿潤豊浦砂を 5cm 敷き詰めた Case1 と湿潤豊浦砂の上部に絶乾状態の豊浦砂を 2cm 敷き詰めた Case2、湿潤豊浦砂の上に絶乾状態の WRS の相対密度を変えて行った Case3 (Dr50%)、Case4 (Dr90%) の 4Case について実験を行った。実験装置概要図を図-7 に示す。実験方法は、供試体に太陽光を模擬した白熱灯を当てることで、水を蒸発させた。実験は 5 時間連続で行い、蒸発量は電子天秤を用い供試体の重量変化から算定した。また熱電対を供試体底面から 2.5cm、5cm、6cm の位置に設置し、供試体内の温度変化を測定した。

3-2. 実験結果

図-6 に経過時間と蒸発量の関係、経過時間と蒸発比 (mw/mw0) の関係を示す。蒸発比 mw/mw0 は蒸発重量 m_w を実験前の含水量 m_{w0} で除したものである。Case1 の 5 時間経過後の蒸発量は 67.5g であり、Case2 は 11.4g であった。また WRS の相対密度を変えて敷いた Case3 では、蒸発量が 7.0g となり、Case4 では、4.9g となり Case4 が全 Case で蒸発量が、最も低い値となった。また蒸発比は Case1 では 0.49、Case2 では 0.09、Case3 では 0.05、Case4 では 0.03 となり Case1 が最も大きくなった。これらの結果から、WRS を湿潤豊浦砂の上に敷くことにより蒸発を抑制でき、Case3 と Case4 の実験結果から WRS の蒸発抑制効果は相対密度で変化することがわかった。また Case1、Case2 の蒸発過程において水は豊浦砂のサクシオンによって供試体下部から地表面まで吸水されて蒸発しているが、WRS を用いた Case3、Case4 の場合では WRS は撥水性によりサクシオンが発生しないため水分蒸発しにくくなったと考えられる。図-7 に熱伝対より得られた供試体内における経過時間と温度の関係を示す。どの深度においても WRS を敷いた Case3、Case4 の方が温度が高くなり、どのケースにおいても深度が深くなるに連れて温度が低くなる傾向を示した。Case1、Case2 は水が蒸発する際の気化熱によって Case3、Case4 より温度が低くなったと考えられる。

4. まとめ

WRS の撥水性強度はおおよそ 2.9~3.9kPa であり、WRS を地表面に敷くことにより地盤内の水の蒸発を抑制する。これらのことより WRS は埋戻し土として地盤の不飽和化効果の期待や砂漠化の抑制に利用できることが示唆される。また撥水力及び蒸発抑制力は相対密度に依存する。

<参考文献>

1)小森剛史：撥水性砂の材料特性と利用法の検討 pp17-21、武蔵工業大学卒業論文、2008 2)ダニエルヒレル：環境土壌物理学 I 土と水の物理学第 8 章、農林統計協会、2001

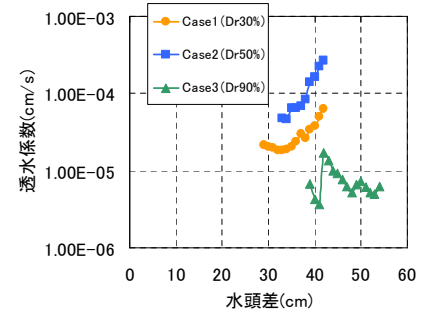


図-4 水頭差と透水係数の関係

表-2 実験条件

Case	試料	高さ(cm)	質量(g)	表面積(cm ²)
Case1	上部 湿潤豊浦砂	5.0	1358.8	258.8
	下部 豊浦砂	2.0	1062.9	
Case2	上部 湿潤豊浦砂	5.0	1378.5	
	下部 WRS	2.0	814.2	
Case3 (Dr50%)	上部 湿潤豊浦砂	5.0	1376.6	258.8
	下部 WRS	2.0	885.1	
Case4 (Dr90%)	上部 湿潤豊浦砂	5.0	1377.8	
	下部 湿潤豊浦砂	5.0	1377.8	

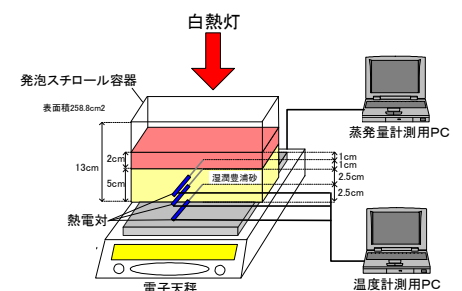


図-5 実験装置概要図

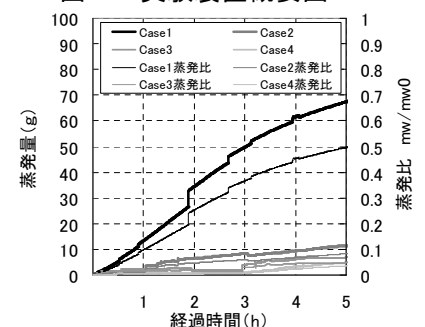


図-6 経過時間と蒸発量の関係
経過時間と蒸発比 mw/mw0

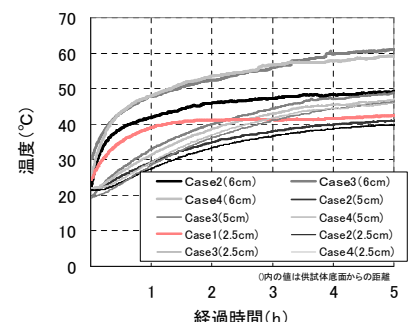


図-7 供試体内における
経過時間と温度の関係