

高撥水性砂の油の吸着性の検討

東京都市大学 学 〇小林森雄 正 末政直晃
佐藤工業株式会社 正 永尾浩一

1. はじめに¹⁾

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ものである。WRS は一般の砂が持つ水に対する吸水などのサクシオン効果を持たない特徴がある一方で、油を吸着するという性質をもつ。WRS の物理特性値と粒径加積曲線をそれぞれ表-1、図-1 に示す。これらは比較対象として豊浦砂と共に示している。

これまで WRS を工学的に利用する事例として、マンホールなどの埋め戻し土として利用し、地盤の液状化対策を行う工法や地表面に敷き詰めることにより、地盤内の水の蒸発を抑制し、保水性を向上させる工法などのほか、油の吸着性能を活かした水と油を分離するフィルター効果への適用を提案している。

本報告は WRS の工法適用の検討を進めるうえで WRS の材料特性の把握を目的とし、上記の適用に必要な材料特性を把握するために吸引実験、油の透水実験を実施した結果を示す。

2. 吸引実験

2-1. 実験概要

WRS は撥水作用を持つが、油に対しては吸着する性質がある。吸引実験は、WRS の撥水性及び油を吸着する性質よりフィルター効果をにらんだもので、その妥当性を検討するために行った。

実験装置概要図を図-2 に示す。実験に使用した容器はアクリル製で高さ 30cm、長さ 50cm、奥行き 9cm、層厚 1cm である。また容器の中心部から左右 5cm の位置に多孔板 (孔径 2mm) が接着されている。実験方法は容器内の多孔板で挟まれている②に試料を空中落下して、その後に試料の中心部に吸引のためのチューブを差込んで埋め、アクリル容器の①と③に油と水の割合を 1:1 とした混合液を 1000cm³ 入れた。混合液で試料が充満されたことを確認した後に、負圧により供試体内の液体を吸い上げ排出量及び供試体の様子を観察した。実験条件を表-2 に示す。実験は WRS を用いた 3 ケースと豊浦砂を用いた 1 ケースを比較対象として行い、負圧を -5、-10、-15kPa と変化させた。

2-2. 実験結果

図-3 に Case1 から Case4 の経過時間と排水量との関係を示す。Case1 と Case2 は初期の経過時間から油の排水を確認した。Case1 は 30 分経過するまでわずかではあるが油の排水量が増加する傾向がみられたが、その後変動は見られず安定した値となった。一方、Case2 では初期の排水時から 90 分経過後も油の排水量が増加する傾向がみられた。この要因として、Case1 は Case2 より負圧が低いので Case1 は供試体内の油を吸引し、Case2 の場合は②の供試体内の油だけではなく WRS の撥水性より、①、③部分の混合液の水を遮断し油のみを吸引したと考えられる。Case3 においては初期に水と油の排出が確認され、排出量は増加する傾向となった。この原因として Case3 は本実験で最も負圧が強いため、WRS の撥水機能よりも負圧が上回ってしまったと考えられる。また油の粘性が水の 32 倍であることも要因の 1 つである。Case4 の豊浦砂では水と油の両方に対して透水性を有することから、Case3 同様に油

表-1 WRS の物理特性

	WRS	豊浦砂
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.653	2.633
最大間隙密度 e_{max}	0.872	0.975
最小間隙密度 e_{min}	0.532	0.614
平均粒径 D_{50} (mm)	0.411	0.192
均等係数 U_c	3.040	1.696

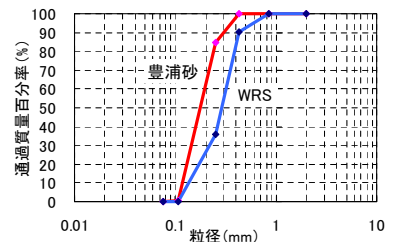


図-1 粒径加積曲線

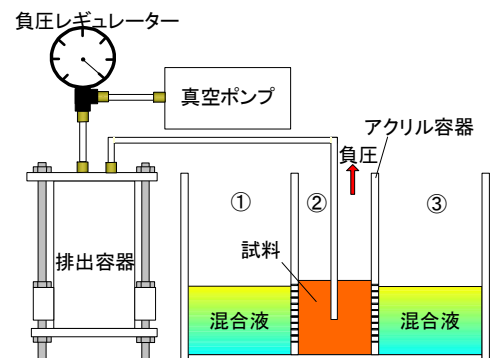


図-2 実験装置概要図

表-2 実験条件

	試料	質量(g)	負圧(kPa)
Case1	WRS	1209.1	5
Case2			10
Case3			15
Case4	豊浦砂	1197.1	5

キーワード：撥水性、浸透、ろ過、地盤改良

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 地盤環境工学研究室 連絡先：03-5703-2202

の粘性が水より高いため油が排水せず水のみが排水したと考えられる。

実験の結果、Case2の負圧の値とWRSの撥水性能がうまくバランスがとれ、水を排水せず油のみを排水していることから、本実験で使用したWRSのフィルター性能としての効果は10kPa程度での適用が望ましいと考えられる。

3. 油の透水実験

3-1. 実験概要

吸引実験ではWRSのフィルター性能を確認したが効果の持続性などの検討を行うため、吸引実験で使用後の油が吸着した試料を用いて透水実験を行いWRSの保油性について検討を行った。

実験装置概要図を図-4に示す。実験には図に示す内径7.67cm、高さ10.0cmの塩化ビニル製円筒容器を用いた。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、試料を敷き詰めた。次に容器を密封し、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。油の透水実験は、供試体底部から圧力一定で油を注入し、供試体上部より油を排出させる方法で行った。注入圧力は5, 10, 15, 20, 25, 30kPaとした。実験条件を表-3に示す。本実験はWRSを用いた1ケースと比較対象として豊浦砂を使用した1ケースについて行った。計測は供試体上部より排出された油の流量より透水係数 k を(1)式より算出した。

$$v = ki \Leftrightarrow k = \frac{v}{i} = \frac{QL}{Ah} \quad (1)$$

ここで、 v ：流速(cm/s)、 k ：透水係数(cm/s)、 i ：動水勾配、 Q ：流量(cm³/s)、 L ：供試体高さ(cm)、 A ：供試体断面積(cm²)、 h ：注入圧力を水頭差に換算した値(cm)である。

3-2. 実験結果

実験結果として図-5に注入圧力と流量の関係図、図-6に注入圧力と透水係数の関係図を示す。注入圧力と流量の近似曲線の勾配はCase1：0.0097、Case2：0.0218となった。また、両ケースの透水係数の平均は、Case1： 1.87×10^{-4} cm/sec、Case2： 5.36×10^{-4} cm/secであった。これらの結果よりWRSは豊浦砂に比べて2~3倍程度の保油性が高いことを確認した。また両ケースの流量と透水係数の変動を比較するとCase1はCase2に比べ安定していることからWRSの保油性は常に一定であると考えられる。

4. まとめ

WRSは油を吸着した状態でも撥水性を有し、またWRSは一般的なサクシオン効果を持つ砂より油の透水性が低いことより、保油性に優れていることがわかった。これらよりWRSは水と油のフィルター効果として有効性があると考えられる。今後はWRSの油の吸着量や耐久性に関して、更に検討を行う予定である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、材料を提供していただいた株式会社成玄の田中様に記して感謝の意を表します。

<参考文献>1) ダニエル・ヒレル：環境土壌物理学□土と水の物理学第8章農林統計協会 2001

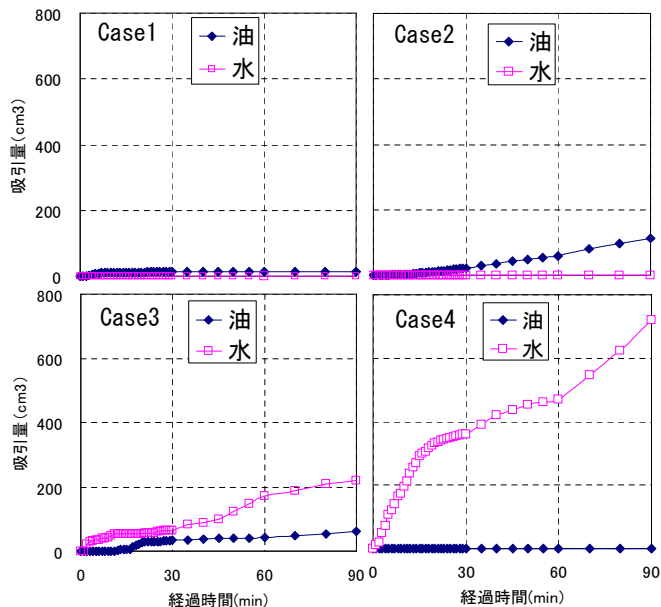


図-3 経過時間と排水量の関係

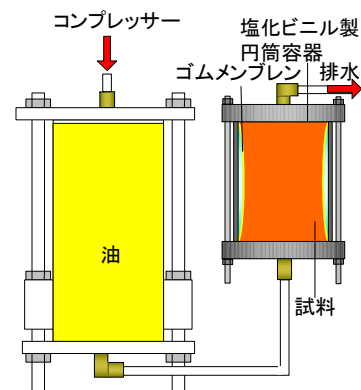


図-4 実験装置概要図

表-3 実験条件

	試料	重量(g)
Case1	WRS	1175.2
Case2	豊浦砂	1140.3

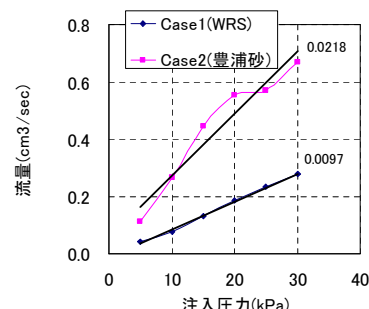


図-5 注入圧力と流量の関係

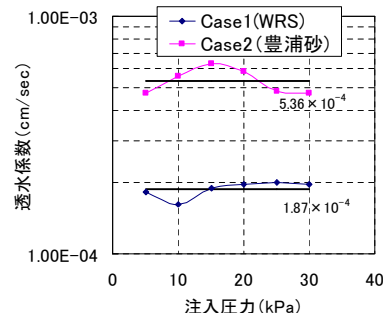


図-6 注入圧力と透水係数の関係