

高撥水性砂の基本的性質の検討

武蔵工業大学 学 〇小森剛史 学 伊藤直幸
 武蔵工業大学 正 片田敏行 正 末政晃

1.はじめに

砂質土で構成された地盤内には土粒子と間隙が存在し、間隙は空気か水、または両方で構成されている。一般的な不飽和砂地盤では間隙の構成に応じ、サクションが働き接地水を吸水し水面を形成する¹⁾²⁾。本研究では一般砂に撥水処理を施した water-repellent-sand (以下 WRS) を新しい地盤改良材として検討している。WRS は土粒子が空気と一体化しており、サクションの発生を抑えることが出来ると考えている。そのため改良材として、地盤における様々な工法に利用できると考えられる。例えば液状化対策として埋設管周辺の埋め戻し土に使用することで、地震時の間隙水圧上昇を抑制できると思われる。また、キャピラリーバリアを期待した遮水層としての利用可能だと考えられる。本報告では、WRS の保水性と一軸強度について実験により検討する。

2. WRS の物理特性

撥水加工された砂である WRS は特殊砂であるため、その特性値は不明確である。そこで、最大最小密度試験・土粒子の密度試験・粒度試験といった要素試験を行い WRS の特性値を算出した。その結果を表 1 および図 1 に示す。本研究では、特性値が近似している豊浦砂を用い、実験を行い比較した。

3. 加圧実験

3-1 実験概要

撥水性のある WRS は、保水挙動が一般的な砂と異なると考えられる。そこで試料に WRS と豊浦砂を使用し、水を繰り返し供試体に注入する加圧実験を行い、土の撥水性を比較した。実験条件を表 2 に示す。実験は WRS に対して相対密度と間隙比を合わせた豊浦砂の圧力に対する体積含水比の比較を行った。実験容器には内径 7.68cm、高さ 10cm の塩ビ管を使用した。容器の内側にゴムメンブレンを取り付け、試料を空中落下法により投入し、密封した。試料とゴムメンブレンの隙間からの浸透を軽減するために、側面から容器とゴムメンブレンの隙間に脱気を行い、150kPa の圧力で水を注入することで、試料とゴムメンブレンを密着させた。また供試体下面を塞ぐ事で水の流出を防いだ。

実験方法は、供試体上部と貯水タンクの水面との圧力差をゼロにして、0~100kPa までを 5kPa 間隔で 30 分おきに加圧した。なお本実験では加圧後、圧力を 0kPa まで除荷する段階的な加圧を行っている。注入量および残留量は加圧前と減圧する直前の貯水タンクを目盛りを読み取り測定値とした。

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	0.200
均等係数 U_c	3.040	1.600

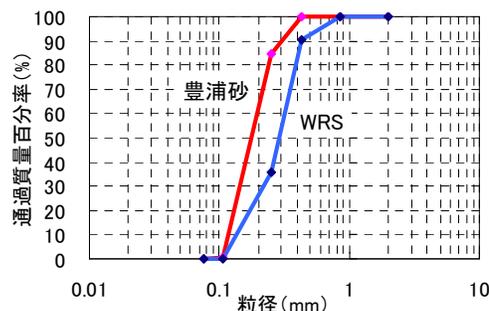


図 1 粒径加積曲線

表 2 加圧実験の実験条件

	重量(g)	体積(cm ³)	間隙比	相対密度(%)	側圧(kPa)
WRS	617.1	408.9	0.76	33	150
	770.7	458.5	0.58	86	
豊浦砂	628.4	440.5	0.85	36	
	615.1	425.6	0.82	42	
	704.8	457.6	0.71	74	

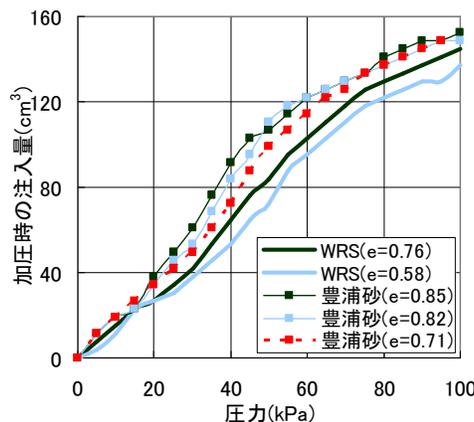


図 2 圧力と注入量の関係

キーワード：特殊土、液状化、地盤改良

連絡先：武蔵工業大学 地盤環境工学研究室 Tel：03-5707-2202

4-3 実験結果

圧力とその注入量の関係を図2に、圧力と供試体内残量の関係を図3に示す。圧入量および残量に着目すると、豊浦砂よりWRSの方が浸透量は少なく、図3でWRSは30kPaを境に傾きが変化しており、30kPaまでは撥水効果が持続しているものと考えられる。除荷時塩ビ管上部を通り貯水タンクに空気の流出が見られ、実験後の観察ではWRSから水の排出が見られた。このことから今回は除荷を1分間しか設けなかったため、急激な負圧によって地盤中の空気が排出され地盤内に水が浸透したと推測される。また試料内部に水だまとして残っていたことから、30kPaを超える圧力を加えると試料に割裂が生まれ、そこが水みちとなり、試料内部に水が浸入していく。そのため減圧時に排水された空気と入れ替わり水が試料内に水だまと残り残るものと推測される。一方、豊浦砂は保水力を持っているため、加圧後に圧力をゼロに戻しても、体積含水比の減少は無いと考えていたが、減少していた。この理由としては、実験後の観察で、豊浦砂が一部乾燥しているところが見られたことから、負圧による排出が考えられる。

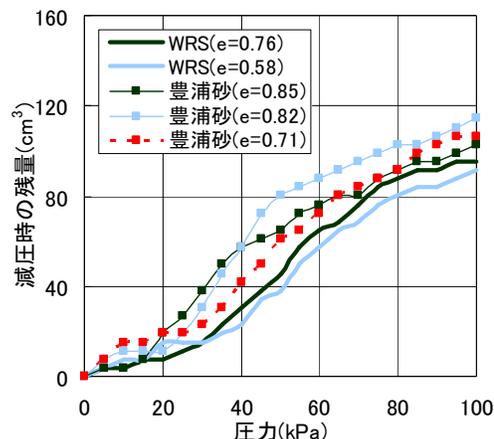


図3 圧力と減圧時の残量の関係

4. 強度実験

4-1 実験概要

WRSを地盤に改良材として混入した場合、地盤の強度変化が発生すると考えられる。そのため豊浦砂とWRSを混合し、配合割合による強度変化を圧縮試験により比較した。実験試料には豊浦砂及びWRSとの混合砂を使用した。実験条件を表3に示す。供試体は直径5cmの円筒状のモールドに含水比 $w=5\%$ に調整した試料を5回に分けて投入し、投入ごとに100gの重りで12cmの高さから3回落下させて、締固めた。実験方法は、供試体の上に同様の直径の容器を載せて、その中に水を破壊するまで注入する簡易一軸試験である。これをWRSの割合毎に3case、計12case行った。

表3 強度実験の実験条件

WRSの割合	質量(g)	体積(cm ³)	密度(g/cm ³)
0%	288.7	225.5	1.28
	282.1	222.7	1.27
	287.5	225.8	1.27
10%	299.2	225.7	1.33
	305.0	225.7	1.35
	306.8	222.5	1.38
20%	303.4	219.8	1.38
	297.3	213.9	1.39
	301.2	215.9	1.40
30%	308.2	218.8	1.41
	309.7	219.8	1.41
	291.5	200.2	1.46

4-2 実験結果

強度試験から得られた破壊時応力と、供試体内におけるWRSの配合量の関係を図4に示す。WRSの配合量が増えても、20%までは供試体強度に低下は見られず、増加が見られた。また、0%の時以外でのケースでは、同じ配合条件でも配合量を増やすたびに、載荷荷重のばらつきが増加した。WRSの混合量が30%時には、2caseが自立せず、強度の判定ができなかった。これは豊浦砂にWRSを混合し、水を加えるとWRSの撥水性により相対的に豊浦砂の含水比が上昇し最適含水比に近いのために強度が増加したものと考えられる。またWRSの割合が一定値より多くなるとWRSの締め固め強度は0に近い場合共試体全体の強度は低下すると思われる。

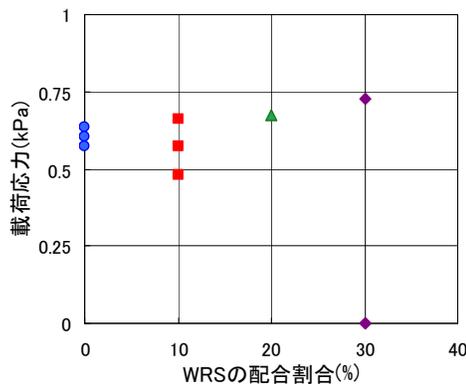


図4 強度実験の実験結果

謝辞：本研究を進めるにあたり、株式会社成玄の田中成正様に材料提供していただきました。また佐藤工業の永尾浩一様に多大な御意見と、御協力を頂きここ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 I 土と水の物理学 第6章 pp151～208 平成17年 農林統計協会
- 2) 小野周：表面張力 2 毛管現象と表面張力 pp5～10 昭和60年 共立出版