

土粒子の表面形状が土の締固め度およびせん断強度特性に及ぼす影響

前橋工科大学 学生会員 ○植松 慶
前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究の背景と目的

土構造物の管理指標として良く用いられるものに、土の締固め度や粒度分布がある。一方で、土粒子の形状が土の物理・力学特性に及ぼす影響については、土粒子の形状を定量化することが難しかったことも相まって、さほど注意が払われずにいる。そこで本研究では、土粒子の形状による土の物理・力学特性の違いを明らかにし、粒子形状という指標の意義を考える。

2. 研究の流れ

試料は 0.075mm～0.106mm, 0.106mm～0.250mm, 0.250mm～0.425mm, 0.425mm～0.850mm, 0.850mm～2.00mm, 2.00mm～ の異なる 6 種類の粒径をさらに未研磨試料, 研磨試料に分けた計 12 種類の珪砂を使用する。試料の物理特性は表 1 に示す通りである。

本研究で用いる未研磨試料と研磨試料を顕微鏡で観察した時の外形の違いを図 1, 2 に示す。続いて締固め試験を行い各粒径における最大乾燥密度, 最適含水比を求め、その後、一面せん断試験を行う。一般に密度が大きくなるにつれ強度は上がるとされているが、実際にはどうなのか。また土粒子の外形の差異による強度の変化は見られるのかを検証する。

3. 実験・計算手法

本研究では振動式バレル研磨機を用いて試料の研磨を行った。5～10mm のセラミックメディア, 珪砂そして若干の水をバレルに投入して、振動を加えることで珪砂表面を 3 日間研磨した。その後土粒子密度試験を行い、各粒径における土粒子密度を求めた(表 1 参照)。また、未研磨試料と研磨試料の外形の違いを定量的に求めるため、宇野らの研究¹⁾の間隙径分布装置を用いて、空気透過法によりそれぞれの試料の比表面積を求めた。本研究では土粒子の外形の変化(角張りの変化)に着目するため、土粒子内部の細孔まで測定してしまう気体吸着法ではなく、大ま

表 1 試料の土粒子密度

粒径(mm)	0.075	0.106	0.250	0.425	0.850	2.00~	
	~0.106	~0.250	~0.425	~0.850	~2.00		
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	未研磨	2.634	2.646	2.640	2.634	2.649	2.644
	研磨	2.654	2.650	2.654	2.643	2.641	2.644

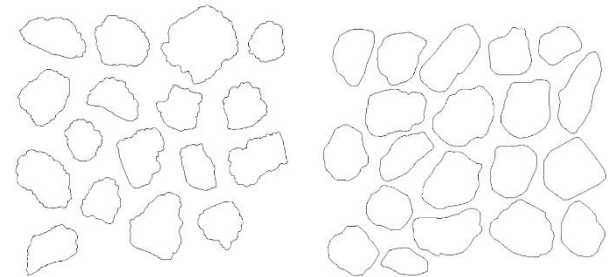


図 1 未研磨試料 (粒径 2.00mm～) 図 2 研磨試料 (粒径 2.00mm～)

表 2 試料の比表面積

粒 径(mm)		0.075	0.106	0.250	0.425	0.850	2.00～
		～0.106	～0.250	～0.425	～0.850	～2.00	
比表面積(cm ² /g)	未研磨	421	330	140	77	26	—
	研 磨	360	253	108	58	24	—
	球の理論値	305	216	92	54	27	11

かな土粒子表面の面積を測ることができる空気透過法を選択した。

その後は、土の締固め試験と一面せん断試験を単粒径の試料を用いて行い、最大乾燥密度と最大せん断応力を求め、粒径や外形の違いによる密度や強度の変化を検証した。

4. 実験結果、考察

(1) 研磨試料, 未研磨試料の比表面積測定

研磨試料と未研磨試料の比表面積を表 2 に示す。この値は 1g あたりの表面積を表す。研磨試料の比表面積が小さくなっており、未研磨試料と研磨試料で外形の違いが表れていることが確認された。なお粒径 2.00mm～は試料が足りず、測定不能であった。

(2) 締固め試験(JIS A 1210 A-a 法)

締固め試験結果は表 3 および図 3 に示す通り。締固め曲線は粒径の大きいものほど図の左上に位置する傾向が見られた。また最大乾燥密度は 3 つの粒径

表 3 試料の最大乾燥密度と最適含水比

粒径(mm)		0.075	0.106	0.250	0.425	0.850	2.00～
		～0.106	～0.250	～0.425	～0.850	～2.00	
未研磨	ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.355	1.476	1.505	1.602	1.619	—
	w_{opt} (%)	19.9	18.6	16.7	15.7	14.3	—
研磨	ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.394	1.519	1.493	1.577	1.609	—
	w_{opt} (%)	19.8	13.4	16.5	15.0	14.6	—

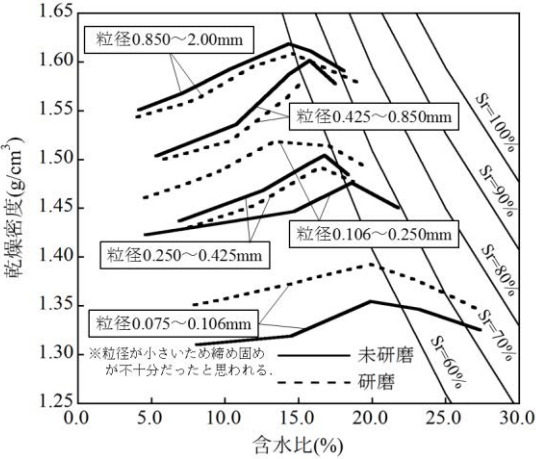


図 3 試料の締固め試験結果

において研磨試料より未研磨試料の方が大きくなることがわかった。この値の差は、未研磨試料にある角張りが研磨により削られ、質量がわずかに減少したことによるものだと考えられ、若干ではあるが未研磨試料と研磨試料で締固め性能に違いがあることが確認できた。粒径0.075mm～0.106mmと粒径0.106mm～0.250mm において研磨試料の最大乾燥密度が大きく出ているのは、研磨時に使用したセラミックメディアの微細な研磨粉が試料に混入し、締固め性能が向上したためだと考えられる。

(3) 一面せん断試験

一面せん断試験結果を表 4、図 4、図 5 に示す。供試体は最適含水比で作成し、同粒径の供試体の研磨・未研磨供試体では乾燥密度を同一とした。試験はせん断速度 0.5mm/分、上載圧 100kN/m²で行った。表 4 より最大せん断応力は粒径の大きさに比例し、全ての粒径において未研磨試料の値が研磨試料の値を 1～5%上回る結果となった。また、研磨・未研磨によるせん断応力の過渡特性は、せん断変位が小さい時にはほぼ同じで、せん断変位が 2mm を超えたあたりから違いが生じた。これは研磨試料の粒子形状が丸みを帯びているのに対し、未研磨試料は角張っており、その角張り同士が引っかかりあうことで強度が大きくなったからだと考えられる。しかし粒径 0.075mm～0.106mm における最大せん断応力には大きな違いが見られなかった。これは粒径が小さくな

表 4 試料の最大せん断応力

粒径(mm)		0.075	0.106	0.250	0.425	0.850	2.00～
		～0.106	～0.250	～0.425	～0.850	～2.00	
最大せん断応力(kN/m ²)	未研磨	87.1	91.3	95.8	100.7	113.9	123.1
	研磨	86.6	87.4	90.5	95.6	108.0	117.7
初期乾燥密度(g/cm ³)		1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45

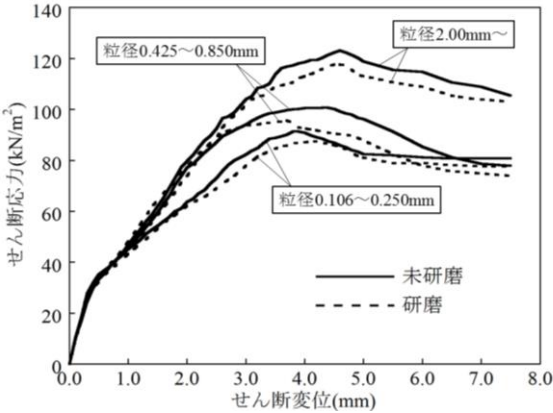


図 4 試料の一面せん断試験結果 (その 1)

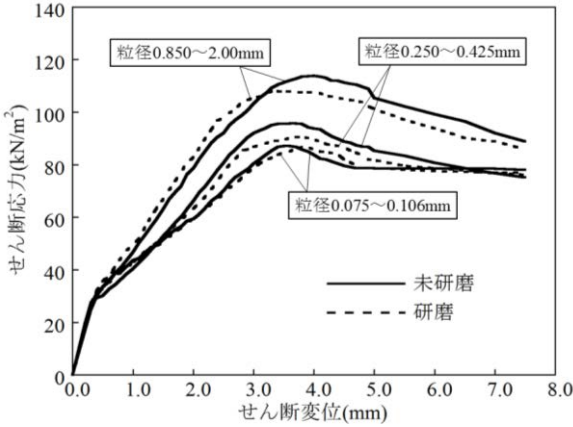


図 5 試料の一面せん断試験結果 (その 2)

ったことで前述した角張りの影響が小さくなったからだと考えられる。また、未研磨試料と研磨試料で残留強度は同じような値をとることが確認できた。これは、せん断変位が大きくなり供試体体積が膨張したことで、土粒子の外形の違い（角張っているか、滑らかか）の影響が小さくなったためと考えられる。

5. まとめ

粒子の外側に角張りのある未研磨試料と、角張りが無く丸みを帯びている研磨試料では、締固め特性やせん断強度特性に差が出ることがわかり、粒子形状による物理・力学的特性の違いが明らかになった。

参考文献

1) 宇野尚雄, 杉井俊夫, 神谷浩二: 比表面積測定に基づく土粒子物性と透気性・透水性の考察, 土木学会論文集 第 469 号, pp.25-34, 1993.