

土の微視的および巨視的な間隙構造に着目した水分保持特性に関する実験的研究

九州大学大学院 学 ○三根達也

九州大学大学院 正 安福規之 学 ルーキー・ハンドコ 学 岩崎正隆

1.はじめに

砂漠化問題は地球環境保全上無視できない問題の一つであり、特に乾燥地においては土地劣化による砂漠化が急激に進行していると言われている。砂漠化の進行を抑制し植生を回復させる為には適度な地盤内水分の確保が必要である。筆者らは、自身の吸水性能により地下水を利用して地盤内の水分量を調整する性能を持つ「サクシヨンドレーン材」の開発を目指している¹⁾。サクシヨンドレーン材の素材として、吸水・保水性に富んだ珪藻土やゼオライトなどの粒子内部に空隙を有する粒子材料に注目している。これらの粒子材料の間隙構造は粒子内間隙から構成される微視的間隙構造および粒子間間隙から構成される巨視的間隙構造から成り、これらの間隙構造が水分保持特性に深く関わっている²⁾³⁾。しかし、それらの間隙構造がそれぞれどのように水分保持特性に影響しているのかは十分に明らかにされていない。したがって、粒子内部に空隙を有する粒状材料などの複数の間隙システムを持つ土の水分保持特性を定量的に評価するための基礎的な取り組みとして、本文では、保水性試験、水銀圧入型ポロシメーター試験(MIP)および走査電子顕微鏡試験(SEM)を行い、水分保持特性と間隙構造を把握し、それらの関連性に関する考察を行った。

2.実験概要

2.1 実験に用いた試料

本研究では、粒子内部に空隙を有する粒子材料として、市販の珪藻土(CD)、大分県由布市庄内町産の珪藻土(NBD)、大分県玖珠郡九重町産の珪藻土(NGD)、ゼオライトの4つを用いた。写真-1に、全ての試料を示す。また、表-1と図-1に、各試料の物理特性と粒度分布を示す。

2.2 間隙構造の評価に関する実験

MIP試験では、間隙径と各間隙径に対する間隙体積の関係を表した間隙径分布を測定できる。この間隙径分布により間隙構造を定量的に評価できる。また、SEM試験では、得られた電子顕微鏡写真から粒子の間隙構造を定性的にとらえることができる。本論文では、全ての試料で粉体状のまま試験を行った。

2.3 水分保持特性に関する実験

本研究では、遠心分離法(0kpa~1500kpa)を用いて、排水過程での体積含水率とサクシヨンの関係を測定した。供試体は直径51(mm)、高さ50(mm)の円筒形で最大密度になるように締め固めた。その後、供試体を飽和させ、保水性試験を行った。

3.実験結果

3.1 間隙構造

写真-2に、SEM試験から得られた各試料の電子顕微鏡写真を示す。写真-2より、珪藻土はおおよそ1 μ m程度の粒子内間隙を有していることがわかる。図-2に、MIP試験から得られた各試料での間隙径と各間隙径に対する間隙体積の関係を表した間隙径分布を示す。市販の珪藻土(CD)は1



写真-1 CD (左上), NBD (右上)
NGD (左下), ゼオライト (右下)

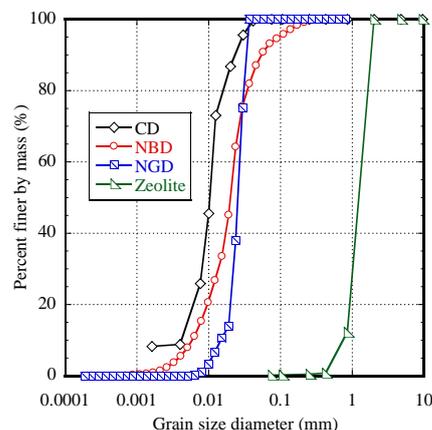


図-1 各試料の粒度分布

表-1 各試料の物理特性

Property	Type of Dual-porosity soils			
	CD	NGD	NBD	Zeolite
Specific gravity G_s	2.37	2.23	2.3	2.33
Maximum dry density $\rho_{d,max}$ (g/cm ³)	0.47	0.39	0.43	0.76
Minimum dry density $\rho_{d,min}$ (g/cm ³)	0.28	0.24	0.27	0.64

モード型（ピークを1つ持つ）の曲線形状を持つ間隙分布となった。これに対し、庄内町産の珪藻土(NBD)、九重町産の珪藻土(NGD)およびゼオライトは2モード型（ピークを2つ持つ）の曲線形状を持つ間隙分布となった。また、庄内町産の珪藻土(NBD)、九重町産の珪藻土(NGD)の間隙径分布は1 μm 付近に第1ピークを持つことが確認できる。SEM試験の結果とこれらの事から、庄内町産の珪藻土(NBD)、九重町産の珪藻土(NGD)の間隙径分布の第1ピークは粒子内間隙を表しており、第2ピークは粒子間間隙を表しているものだと考えられる。市販の珪藻土(CD)が1モード型の曲線形状を持つ間隙分布になったのは、粒子内間隙の間隙径と粒子間間隙の間隙径の大きさがどちらも1~10 μm 程度になり、それらのピークが重なって1つのピークになったと考えられる。

3.2 水分保持特性

保水性試験から得られた各試料の排水過程での体積含水率とサクションの関係を表した水分特性曲線を図-3に示す。市販の珪藻土(CD)、庄内町産の珪藻土(NBD)は1モード型（変曲点を1つ持つ）の曲線形状を持つ水分特性曲線となった。これに対し、九重町産の珪藻土(NGD)は2モード型（変曲点を2つ持つ）の曲線形状を持つ水分特性曲線となった。ゼオライトは、低サクションのデータが取れていないので、水分特性曲線の形状はわからず、今後データの採取が必要である。また、市販の珪藻土(CD)および九重町産の珪藻土(NGD)は、間隙径分布のピークの数と水分特性曲線の変曲点の数に相関性が見られたが、庄内町産の珪藻土(NBD)は、それらに相関性が見られなかった。

4.まとめ

本文では複数の間隙システムを持つ土の水分保持特性の定量的評価方法を確立するための基礎的な取り組みとして、保水性試験、MIP試験およびSEM試験を行い、得られた結果から水分保持特性と間隙構造の関連性に関する考察を行った。

- 1) 本研究で用いた粒子内部に空隙を有する粒子状材料は1モード型もしくは2モード型の曲線形状を持つ間隙分布となった。2モード型の場合は、第1ピークは粒子内間隙、第2ピークは粒子間間隙を表しており、1モード型の場合は、粒子内間隙と粒子間間隙のピークが重なり、1つのピークとなったと考えられる。
- 2) 市販の珪藻土(CD)および庄内町産の珪藻土(NBD)は1モード型の曲線形状、九重町産の珪藻土(NGD)は2モード型の曲線形状を持つ水分特性曲線となった。
- 3) 市販の珪藻土(CD)および九重町産の珪藻土(NGD)は、間隙径分布のピークの数と水分特性曲線の変曲点の数に相関性が見られたが、庄内町産の珪藻土(NBD)は、それらに相関性が見られなかった。

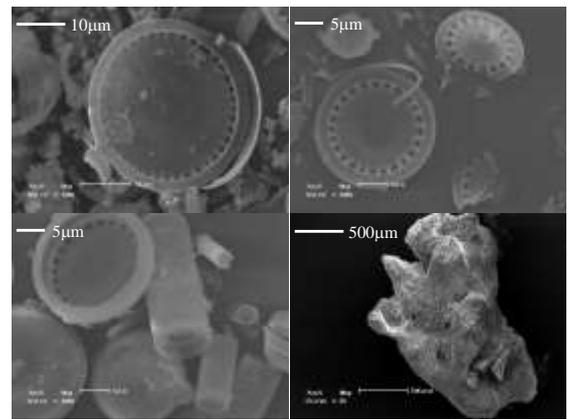


写真-2 各試料の電子顕微鏡写真
CD (左上), NBD (右上)
NGD (左下), ゼオライト (右下)

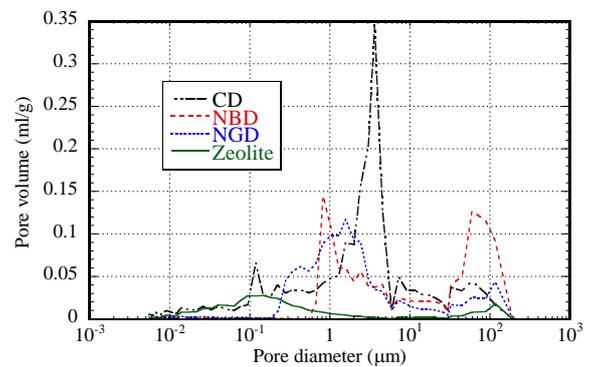


図-2 各試料の間隙径分布

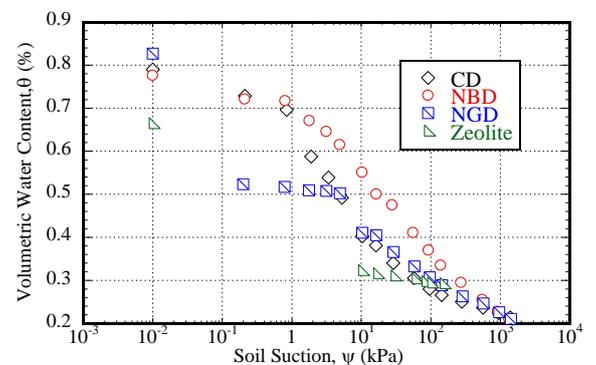


図-3 各試料の水分特性曲線

【謝辞】 本研究の一部は科研・基礎研究 A (No. 22246064 代表者：安福規之)の支援を得て行われたものである。

【参考文献】 1) Yasufuku, N., Liu, Q. and Furukawa, Z.: A geotechnical challenge for combating desertification, proceedings of JS-Seoul 2012, 7-23, 2012. 2) Waltz F.C. Jr, Quisenberry V.L and McCarty L.B 2003 Physical and hydraulic properties of root zone mixes amended with inorganics for golf putting green. Agronomy Journal, 95(2), 395-404. 3) Liu, S. Y., Yasufuku N., Liu, Q., Omine, K. & Hemanta, H. 2013 Bimodal and multimodal descriptions of soil water characteristic curves for structural soils.