

スメクタイト系粘土鉱物含有地盤を模擬した Ca 型および Ca・Mg 型 ベントナイトを含む混合供試体の膨張率と経過時間との関係

早稲田大学 学生会員 ○藤縄凱

早稲田大学 正会員 小峯秀雄, 伊藤大知, 王海龍

電源開発 正会員 工藤寛史, 中村洋一

1. はじめに

構造物の建設において、地盤中にスメクタイトという粘土鉱物が含まれている場合、地盤隆起等の地盤災害が生じ、建設に支障をきたしている事例が多く報告されている¹⁾。ベントナイトという弱アルカリ性粘土の主成分であるスメクタイトは、水を吸収すると体積膨張する特性を持っており、その特性による地盤膨張が原因の一つであると考えられている。本研究では、スメクタイトを含む地盤を模擬した珪砂・ベントナイト混合供試体の体積膨張特性について調べ、膨張性地盤における各種構造物の立地計画に資するデータの取得を目指す。本論文では、Ca 型ベントナイトを含む混合供試体および Ca・Mg 型ベントナイトを含む混合供試体をそれぞれ作製し、膨潤変形試験を行いながら各混合供試体の膨張率と経過時間との関係について調査した。

表 1 自然試料の状態量および試験結果²⁾

2. 研究対象となっている地盤の概要

研究対象である地盤には風化の度合いが異なる火山礫凝灰岩が含まれており、その分布深度が浅くなるに従い、風化程度が

名称	試料状態	乾燥密度 (g/cm ³)	交換性陽イオン (cmol(+)/kg)			MB 吸着量 (mmol/100g)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	総量	
自然試料① (風化進行度：大)	不攪乱	0.871	11.4	25.6	40.1	36
	攪乱	0.900				
自然試料② (風化進行度：小)	不攪乱	1.243	25.4	12.6	41.1	22
	攪乱	1.200				
自然試料③ (未風化)	不攪乱	1.381	21.8	7.9	31.8	24
	攪乱	1.300				

進んでいる。既往の研究²⁾で明らかとなった自然試料の状態量および試験結果を表 1 に示す。各風化区分では乾燥密度の違いが見られ、未風化の地盤で最も高い値を示していた。また、すべての風化区分に粘土鉱物であるスメクタイトが含まれていたことが分かり、交換性陽イオンは主に Ca²⁺、Mg²⁺の割合が大きいことが分かった。本研究では、各風化区分の乾燥密度および交換性陽イオン、MB 吸着量のデータを参考に、「未風化」および「風化進行度：小」の地盤を模擬した Ca 型ベントナイトを含む混合供試体、そして「風化進行度：大」の地盤を模擬した Ca・Mg 型ベントナイトを含む混合供試体を作製し、各混合供試体を用いた膨潤変形試験を行った。

3. 混合供試体を用いた膨潤変形試験の概要

図 1 に、膨潤変形試験で用いた装置の概要図を示す。側面方向の変形をリングにより抑制した条件下で供試体の鉛直方向の変形量を測定する装置である。試料は、岩盤中のケイ酸鉱物を模擬した三河珪砂 V7 号 (以下、珪砂と記述する)、Ca 型ベントナイトのクニボンド (以下、KB と記述する) および Ca・Mg 型ベントナイトの三河原鉱 (以下、MG と記述する) を

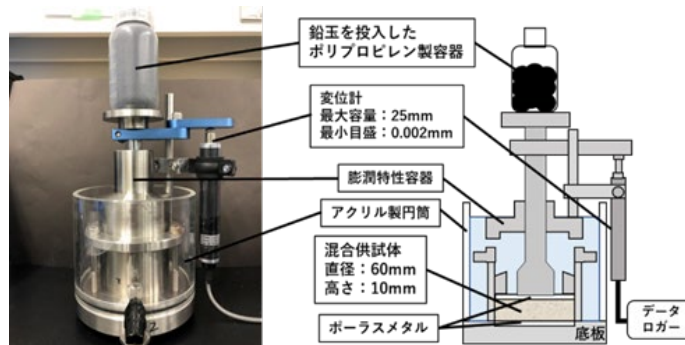


図 1 膨潤変形試験装置

キーワード スメクタイト, 混合供試体, 体積膨張

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 TEL 03-5286-2940

使用した。表 2, 3 にそれぞれのベントナイトの基本的性質を示す。珪砂・ベントナイト混合供試体は、動的荷重による締め固めで作製した。その後、一定の鉛直圧下での上端面吸水による膨潤変形試験を行い、鉛直方向の変形量を測定した。小峯・緒方らの研究³⁾を参考に、鉛直方向の変形量と試験開始時の供試体高さの比を用いて混合供試体の膨張率を算出した。

表2 KBの基本的性質

土粒子密度 (g/cm ³)	2.61
液性限界 (%)	117.9
塑性限界 (%)	50.8
スメクタイト含有率 (%)	70.4

表3 MGの基本的性質

土粒子密度 (g/cm ³)	2.53
液性限界 (%)	99.0
塑性限界 (%)	35.3
スメクタイト含有率 (%)	48.7

4. 混合供試体の膨張率と時間との関係

図 2, 図 3, 図 4 にそれぞれ鉛直圧 5, 10, 15 kPa 時の珪砂・KB 混合供試体の膨張率 ϵ_s と時間 t との関係を示す。また、図 5 に珪砂・MG 混合供試体の膨張率 ϵ_s と時間 t との関係を示す。珪砂・KB 混合供試体では、乾燥密度が高いほど膨張率が高くなる傾向が見られた。乾燥密度が高くなるにつれて、混合供試体中の体積当たりを占める体積膨張に寄与するスメクタイトの含有量が多くなり、膨張率が高くなったと考えられる。ほぼ同等の乾燥密度で作製した珪砂・MG 混合供試体では、鉛直圧が低いほど膨張率が高くなる傾向が見られた。鉛直圧 15 kPa 時では、時間が経過すると僅かに沈下が生じ、体積膨張はほとんど見られなかった。すべての混合供試体の膨張率は、時間が経過するとほぼ一定の値に収束したが、鉛直圧 5 kPa 時の珪砂・MG 混合供試体が最も遅く収束する様子が見られた。Mg²⁺が入ると膨張率が大きく、混合供試体中の間隙を充填しやすくなり、浸潤速度の低下により最大膨張率への到達が遅くなったと考えられる。

5. まとめ

珪砂・KB 混合供試体では、乾燥密度が高いほど膨張率は高くなり、珪砂・KB 混合供試体および珪砂・MG 混合供試体のいずれも鉛直圧が低いほど膨張率は高くなる傾向が見られた。また、各混合供試体の膨張率は、試験開始後 1 日以内に一定の値に収束した。今後は、交換性陽イオンの観点から混合供試体の体積膨張特性について調査する予定である。

【参考文献】 1) 小西純一, 鈴木素之, 三須尊洋, 藤井公博: 不攪乱粘土試料の一次元膨潤圧特性とその異方性, 土木学会論文集 C, Vol.66, No.2, pp.264-279, 2010. 2) 工藤寛史, 中村洋一, 藤縄凱, 伊藤大知, 王海龍, 小峯秀雄, 亀谷裕志, 若林徹: 風化の影響を受けた自然地盤材料を対象とした膨潤特性の評価, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, III-321, 2021.9. 3) 小峯秀雄, 緒方信英: 砂・ベントナイト混合材料および各種ベントナイトの膨潤特性, 土木学会論文集, No. 701 /III-58, pp.373-385, 2002.

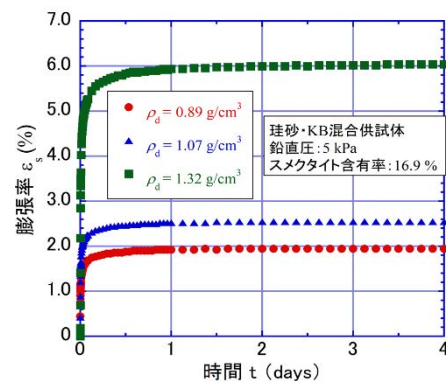


図 2 珪砂・KB 混合供試体の鉛直圧 5 kPa 時の膨張率および時間の関係

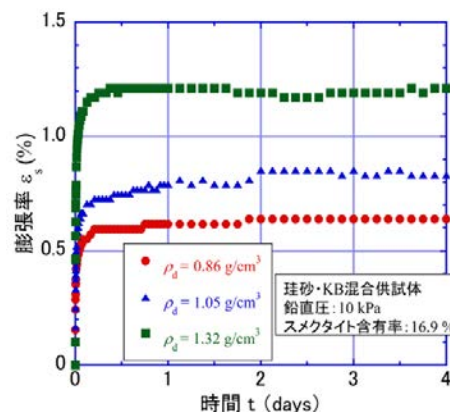


図 3 珪砂・KB 混合供試体の鉛直圧 10 kPa 時の膨張率および時間の関係

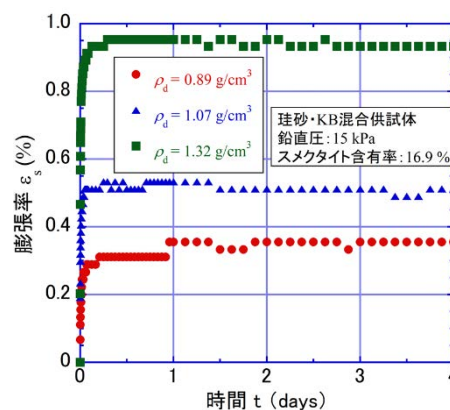


図 4 珪砂・KB 混合供試体の鉛直圧 15 kPa 時の膨張率および時間の関係

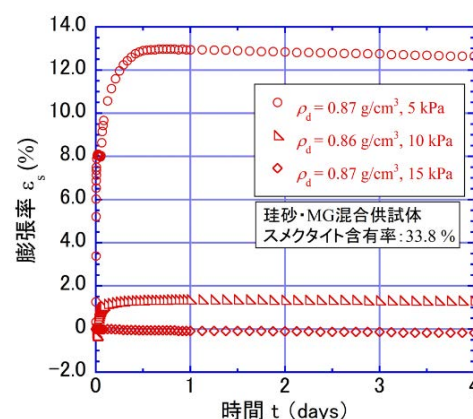


図 5 珪砂・MG 混合供試体の膨張率 および時間の関係