

スメクタイト系粘土鉱物含有地盤を模擬した
珪砂・ベントナイト混合供試体の膨張変形に伴う乾燥密度変化

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
電源開発 正会員 工藤寛史, 中村洋一

1. はじめに

我が国で鉄道や道路などといった構造物が整備されている中、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトを含む地盤の盤膨れや地盤隆起など地盤災害や工事トラブルが報告されている¹⁾。地盤中のスメクタイトの吸水に伴う膨張変形が原因の一つであると考えられている。スメクタイトは主にベントナイトという粘土の主成分として含まれている。本研究では、実際にスメクタイトが含まれている地盤を模擬した珪砂・ベントナイト混合供試体の膨張変形特性を定量的に評価することを目的とする。室内試験として、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用いた膨張変形試験を行い、各混合供試体の膨張変形に伴う乾燥密度変化および研究対象地盤の状態量の比較を行った。

2. 研究対象地盤の概要

研究対象地盤には、風化の度合いが異なる火山礫凝灰岩が含まれており、深度が浅くなるに従って風化が進行していることが分かった。既往の研究²⁾で明らかとなった各風化区分（岩石コア）の乾燥密度、自然地盤材料を対象とした化学試験結果をそれぞれ表 1、表 2 に示す。

表 1 各風化区分の乾燥密度²⁾

風化区分	試料状態	乾燥密度 (g/cm ³)
風化進行度：大	不攪乱	0.871
	攪乱	0.900
風化進行度：小	不攪乱	1.243
	攪乱	1.200
未風化	不攪乱	1.381
	攪乱	1.300

すべての風化区分にスメクタイトが含まれており、交換性陽イオンは主にCa²⁺、Mg²⁺の割合が大きいこ

表 2 自然地盤材料を対象とした主な化学試験結果²⁾

風化区分	CEC (cmol(+)/kg)	交換性陽イオン(cmol(+)/kg)			MB 吸着量 (mmol / 100 g)	スメクタイト含有率 (%)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	総量		
自然試料① (風化進行度：大)	42.9	11.4	25.6	40.1	36	25.4
自然試料② (風化進行度：小)	38.3	25.4	12.6	41.1	22	15.5
自然試料③ (未風化)	29.8	21.8	7.9	31.8	24	16.9

とが分かった。各風化区分のスメクタイト含有率は表 2 のメチレンブルー（MB）吸着量の結果を基に純モンモリロナイト試料の MB 吸着量を 142 mmol/100 g として算出した。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、スメクタイト含有率を参考に、「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、「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張変形試験を行った。

3. 珪砂・ベントナイト混合供試体を用いた膨張変形試験の概要

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）、Ca・Mg 型ベントナイトの三川原鉱（以下、MG と記述する）を使用した。表 3 に、各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、主に動的荷重による締め固めの作製を行い、混合供試体の質量および高さを測定し、試験前乾燥密度を算出した。混合供試体作製後、室

キーワード スメクタイト 膨張変形 混合供試体 乾燥密度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 号室 早稲田大学 地盤工学研究室 TEL 03-5286-2940

内試験として、一定の鉛直圧下での上端面吸水による膨張変形試験を4日間行い、各混合供試体の鉛直方向の変形量を測定した。膨張変形試験で使用した装置の概

表 3 各ベントナイトの基本的性質

試料名	KB	MG
土粒子密度 (g/cm ³)	2.61	2.53
液性限界 (%)	117.9	99.0
塑性限界 (%)	50.8	35.3
スメクタイト含有率 (%)	70.4	63.7
陽イオン交換容量 (cmol(+)/kg)	Na ⁺	8.3
	K ⁺	0.2
	Ca ²⁺	61.8
	Mg ²⁺	15.3
	Total	85.6

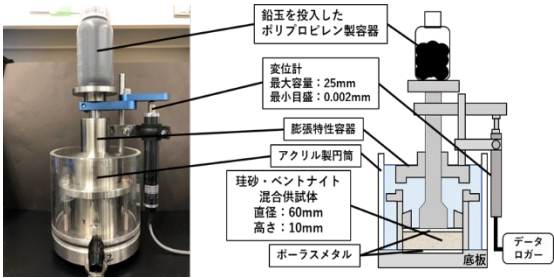


図 1 膨張変形試験装置

要図を図 1 に示す。試験終了後、各混合供試体の試験後の質量および高さを測定し、試験後乾燥密度を算出した。

4. 各珪砂・ベントナイト混合供試体の乾燥密度変化

珪砂・KB24.0 %混合供試体の試験前乾燥密度および試験後乾燥密度の関係を図 2 に示す。また、珪砂・MG69.4 %混合供試体および珪砂・KB48.0 %混合供試体の試験前乾燥密度および試験後乾燥密度の関係を図 3 に示す。珪砂・KB24.0 %混合供試体では、供試体中の珪砂および随伴鉱物の割合が高い影響により、乾燥密度の減少は見られなかった。珪砂・MG69.4 %混合供試体および珪砂・KB48.0 %混合供試体では、ほとんどの混合供試体で試験前から試験後の乾燥密度の減少が見られた。また、試験前乾燥密度約 1.30 g/cm³ の混合供試体では、試験後乾燥密度が 1.20 g/cm³ 以下となった。これは表 1 で示している乾燥密度約 1.30 g/cm³ の未風化から、乾燥密度約 1.20 g/cm³ 以下の風化進行度:小への風化およびスメクタイトの膨張変形による乾燥密度変化の再現が短期の室内試験で確認出来たと言える。本研究で得られた試験結果について、実際の研究対象地盤での乾燥密度変化の予測に資する可能性があると考えられる。

5. 結論

研究対象地盤を模擬した珪砂・ベントナイト混合供試体の試験前および試験後乾燥密度の関係を調査した結果、未風化から風化進行度:小への乾燥密度変化の再現が確認された。この結果より、短期の室内試験でも、長期の年月を経て膨張変形してきた地盤挙動の再現、そして研究対象地盤での乾燥密度変化の予測が可能であることが推察された。

【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模擬したベントナイト混合材料の膨潤特性の評価，土木学会第 77 回年次講演会, III-87, 2022.

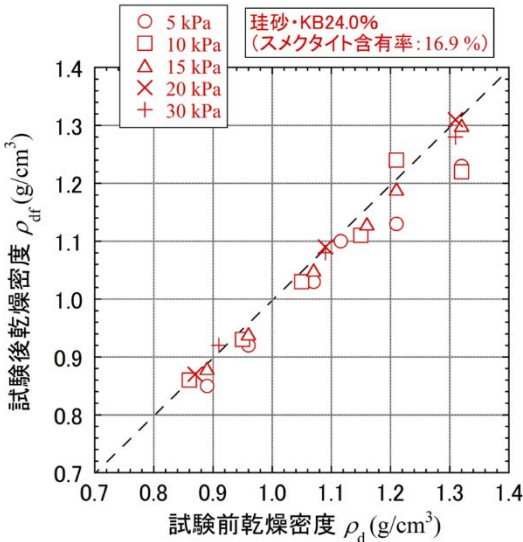


図 2 珪砂・KB24.0 %混合供試体の試験前乾燥密度および試験後乾燥密度の関係

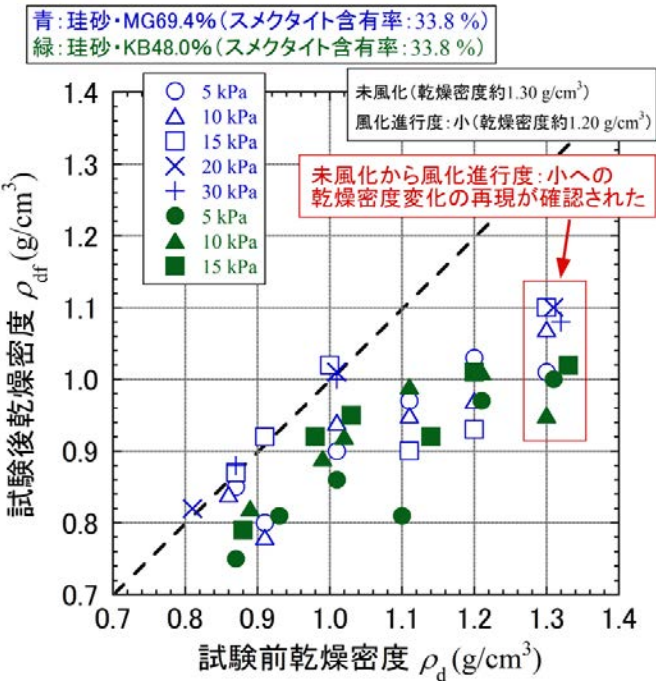


図 3 珪砂・MG69.4 %混合供試体、珪砂・KB48.0 %混合供試体の試験前乾燥密度および試験後乾燥密度の関係