

凝灰質砂岩破碎砂を用いたベントナイト混合土の透水特性に関する研究

三井住友建設株式会社 正会員 ○高橋 直樹
宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 今泉 繁良
宇都宮大学工学部技術部 正会員 吉直 卓也
三井住友建設株式会社 正会員 土居 洋一
三井住友建設株式会社 正会員 黒川 幸彦

1. はじめに

栃木県那珂川流域に分布する凝灰質砂岩は、容易に破碎することができ、地元では破碎したものを「山砂」として用いている．この凝灰質砂岩破碎砂は、多孔質であり、最適含水比が高く最大乾燥密度が低いなど、特異な特性が認められる．そして、現場発生土をベントナイト混合土の母材として使用する場合、採取方法によっては岩塊となるため、砕いて碎石としたものを使用する必要があると考えられる．しかしながら、破碎状況によって粒度分布が異なることも想定され、ベントナイト混合土として十分な遮水性能を確保するためには、粒度調整用の材料を別途添加するなどの方法が必要になる可能性がある．本文では、このように特異な特性を有する凝灰質砂岩のベントナイト混合土への適用性について検討し、さらに、凝灰質砂岩のような多孔質材料へのマクロ間隙比の適用性についても検証する．

2. ベントナイト混合土の締固め特性および透水特性

写真-1 および写真-2 は、風化現場で採取した凝灰質砂岩の破碎前の状況を示している．これらの試料の土質特性を表-1 に、粒径加積曲線を図-1 に示す．実験に使用した試料は、写真に示す状態のものを手で解して使用した．また、ベントナイトには、土粒子密度 $\rho_b=2.86\text{g/cm}^3$ ，膨潤率 $\beta=5.84$ ，米国ワイオミング産の Na

表-1 試料の物理特性

分類	項目	単位	試料	
			A	B
一般	土粒子の密度	(g/cm ³)	2.672	2.437
	自然含水比	(%)	22.7	47.7
粒度	礫分 (2～75mm)	(%)	2	0
	砂分 (0.075～2mm)	(%)	69	62
	シルト分 (0.005～0.075mm)	(%)	18	23
	粘土分 (0.005mm未満)	(%)	11	15
	最大粒径	(mm)	9.5	4.75
	均等係数		169	-
	曲率係数		4.03	-
	50%粒径	(mm)	0.391	0.124
	10%粒径	(mm)	0.0247	0.0143
	液性限界	(%)	43.1	76.3
コンシステンシー特性	塑性限界	(%)	23.4	43.3
	塑性指数		19.7	33
	コンシステンシー指数		1.034	0.867

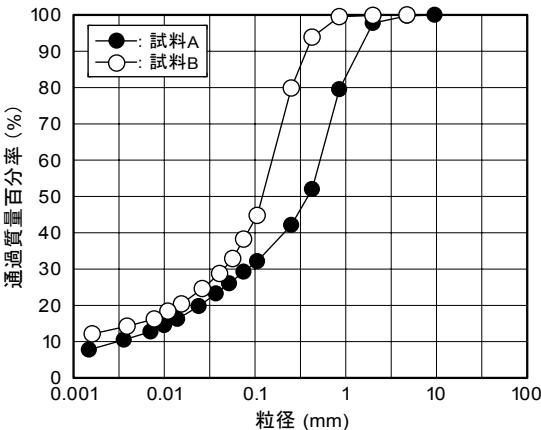


図-1 粒径加積曲線



写真-1 試料 A



写真-2 試料 B

キーワード 凝灰質砂岩，ベントナイト，透水係数

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株) 技術研究所 土木研究開発部 T E L 04-7140-5201

型のものを用いた。

締固め試験を A-c 法により実施した。表-2 および表-3 に、ベントナイト添加率ごとの最適含水比および最大乾燥密度を示す。試料 A に関して、ベントナイト添加率の増大に伴い最適含水比が大きくなるのに対して、最大乾燥密度は小さくなることがわかる。一方、試料 B については、最適含水比は添加率によらずほぼ一定であるのに対して、最大乾燥密度が添加率の増大に伴い若干ではあるが小さくなっている。

透水特性は、写真-3 に示す剛壁型のモールドを使用して変水位透水試験を実施して評価した。供試体の寸法は、直径 150mm、高さ 100mm である。また、供試体密度は、表-2 および表-3 に示した最大乾燥密度の 90% の値とした。

図-2 に、透水係数とベントナイト添加率との関係を示す。試料 A および試料 B のいずれにおいても、透水係数はベントナイト添加率の増大に伴い減少することがわかる。また、試料の違いによらずベントナイト添加率 15% 以上の範囲においては、透水係数がほとんど変化しないことも明らかである。このときの透水係数は、おおよそ $3.5 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ 程度である。

式-1 は、著者らが限界添加率の概念に基づき示したマクロ間隙比の評価式である¹⁾。この式は、本研究において対象とした凝灰質砂岩のような多孔質材料にも適用可能である。

$$e_m' = \rho_s \left(\frac{1 + \frac{\alpha}{100}}{\rho_{d \max \alpha}} - \frac{\frac{\alpha}{100} \cdot \beta}{\rho_b} \right) - (1 + \gamma) \quad \text{式-1}$$

ここに、 α はベントナイト添加率(%), β はベントナイト膨潤率, ρ_s は土粒子密度(g/cm^3), ρ_b はベントナイトの密度(g/cm^3), $\rho_{d \max \alpha}$ は α (%) でのベントナイト混合土の最大乾燥密度(g/cm^3) である。また、 $\gamma = 0.496$ であることを実験的に求めている。

図-3 は、式-1 により算出したマクロ間隙比とベントナイト添加率との関係を示したものである。著者らは、マクロ間隙比=0 となる添加率を限界添加率と定義し、これ以上の添加率では透水係数が変化しなくなることを示している²⁾。図より、試料 A の限界添加率は約 15%，試料 B のそれは約 19% であることがわかる。これらの値は、図-2 で示した結果と整合する。

4. おわりに

凝灰質砂岩を母材に用いたベントナイト混合土の締固めおよび透水特性を検討し、ベントナイト添加率 15% で 10^{-8} cm/sec オーダーの透水係数が得られることを示した。さらに、限界添加率の概念が適用可能であることを示した。

参考文献

- 1) 土居洋一，今泉繁良，吉直卓也，高橋直樹：しらすを用いたベントナイト混合土の透水特性に関する研究，平成 18 年度全国大会第 61 回年次学術講演会講演集（投稿中）
- 2) 横山能史，土居洋一他：たわみ性壁透水試験装置を用いたベントナイト混合土の評価，第 4 回環境地盤工学シンポジウム論文集，pp.303-306，2001。

表-2 締固め試験結果（試料 A）

添加率 (%)	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm^3)
0	26.7	1.372
10	30.0	1.352
15	32.7	1.355
20	34.0	1.310

表-3 締固め試験結果（試料 B）

添加率 (%)	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm^3)
0	39.4	1.132
10	38.3	1.153
15	39.7	1.157
20	38.8	1.189



写真-3 透水試験状況

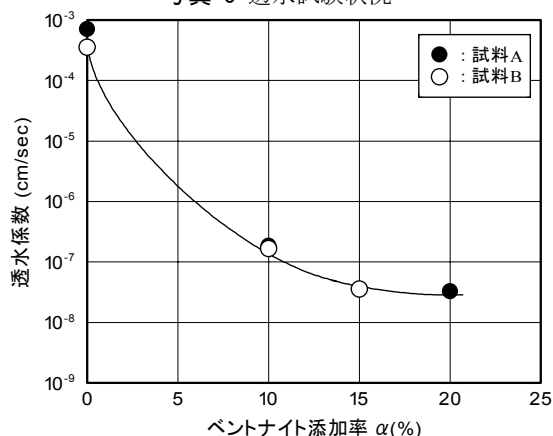


図-2 透水係数とベントナイト添加率との関係

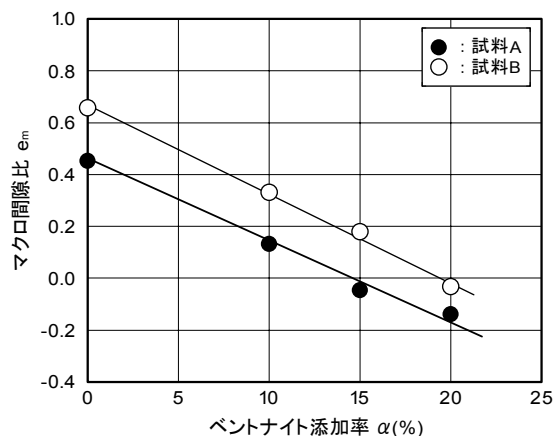


図-3 マクロ間隙比とベントナイト添加率との関係