

しらすや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

宇都宮大学工学部

宇都宮大学大学院工学研究科

宇都宮大学工学部技術部

宇都宮大学工学部

非会員

正会員

正会員

非会員

○大塚 昂

今泉 繁良

吉直 卓也

渡部 和也

1. 研究目的

本研究では、しらすを用いたベントナイト混合土において、ベントナイト添加率を変化させた試料で透水試験を行い、ベントナイト添加率と透水係数の関係を表すことで、土粒子密度の小さい火山灰質土を母材としたときの、マクロ間隙比の概念から求めた限界添加率の適用が妥当であることを検証することを目的とした。また、凝灰質砂岩破碎砂に対して締固め試験を行い、限界添加率を求め、透水試験を行うことにより透水性を評価した。

2. 使用材料の土質特性

ベントナイトは米国ワイオミング産のNa型ベントナイトを使用した。その特性を表-1に示す。

表-1 ベントナイト土質特性

産地	米国
密度 ρ_b (g/cm ³)	2.86
膨潤率	5.84
液性限界 w_p (%)	581
塑性限界 w_l (%)	38
塑性指数 I_p (%)	543

母材として用いた試料の粒径加積曲線を図-1に、土質特性を表-2に示す。しらすは $Uc' = 2.990$ と Uc' が1~3であるので粒径幅が広いといえ、凝灰質砂岩破碎砂では粒度分布は悪いといえる。

また、しらす、凝灰質砂岩破碎砂共に土粒子密度、最大乾燥密度が一般的な土と比べ低い。

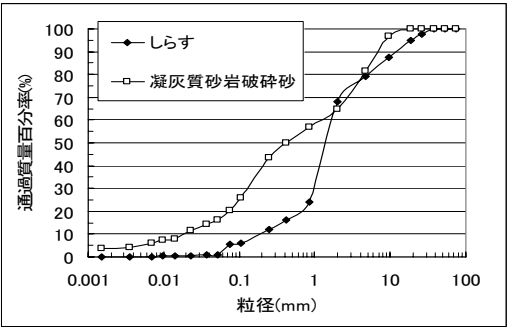


図-1 母材の粒径加積曲線

表-2 母材の土質特性

	しらす	凝灰質砂岩破碎砂
礫分 (%)	31.5	35.2
砂分 (%)	63.7	44.5
細粒分 (%)	5.1	20.3
均等係数 U_c	9.263	59.091
曲率係数 U_c	2.990	0.591
土粒子密度 ρ (g/cm ³)	2.443	2.331
液性限界 w_p (%)	NP	NP
塑性限界 w_l (%)	NP	NP
最適含水比 w_{opt} (%)	30.9	67.8
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.275	0.864
透水係数 k (g/cm ³)	1.1E-05	1.0E-04

3. ベントナイト混合土の限界添加率

ベントナイトの膨潤を考慮したマクロ間隙比 e_m は、式-1で計算される¹⁾。

$$e_m = \rho_s \left(\frac{1 + \frac{\alpha}{100}}{\rho_{dmax\alpha}} - \frac{\frac{\alpha}{100} \cdot \beta}{\rho_b} \right) - 1 \cdots \text{式-1}$$

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/cm³)、 ρ_b はベントナイトの密度 (g/cm³)、 $\rho_{dmax\alpha}$ は α (%) におけるベントナイト混合土の最大乾燥密度 (g/cm³) である。

しらすと凝灰質砂岩破碎砂のベントナイト混合土に対し、添加率を変化させA-c法で締固め試験を行った。各添加率における締固め曲線を図-2(しらす)、図-3(凝灰質砂岩破碎砂)に示す。またこれらの図から得られた最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm³) を表-3に示す。

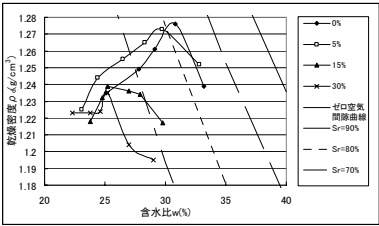


図-2 しらす混合土の締固め曲線

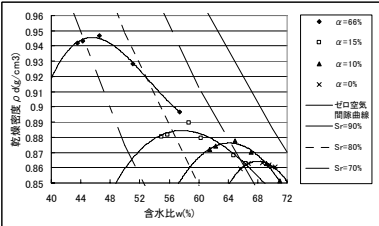


図-3 凝灰質砂岩破碎砂混合土の締固め曲線

キーワード しらす, 凝灰質砂岩破碎砂, ベントナイト, 透水係数

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究室 TEL/FAX:028-689-6218

表-3 各ベントナイト混合土の最大乾燥密度

しらす	添加率(%)	0	5	15	30
	最大乾燥密度(g/cm ³)	1.275	1.274	1.240	1.235
凝灰質砂岩破砕砂	添加率(%)	0	10	15	66
	最大乾燥密度(g/cm ³)	0.864	0.877	0.886	0.946

式-1 から計算された各ベントナイト混合土のベントナイト添加率とマクロ間隙比の関係を図-4 に示す。

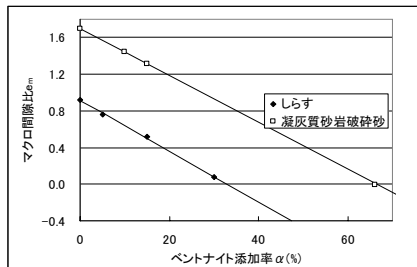


図-4 ベントナイト添加率とマクロ間隙比の関係

図-4 において、 $e_m=0$ となるときのベントナイト添加率を限界添加率 α_{cr} (%) と定義すると、しらすでは $\alpha_{cr}=33$ (%)、凝灰質砂岩破砕砂では $\alpha_{cr}=66$ (%) となる。

4. ベントナイト混合土の透水試験

透水試験はたわみ性壁透水試験装置¹⁾を用い、ASTM D5084 に準拠して透水係数の計測をした。試験では各ベントナイト添加率における最適含水比にて締固めた供試体を用い、側圧 $\sigma_c=0.402$ (MPa)、流入圧 $\sigma_{in}=0.392$ (MPa)、流出圧 $\sigma_{out}=0.372$ (MPa) をかけて飽和させ、流入量と流出量がほぼ一定で、B値が 0.95 以上になったときに飽和状態とみなし透水係数の計測を開始した。このとき、動水勾配は $i=20$ となる。

(1) しらすベントナイト混合土

各添加率が 0、5、10、15、33 (%) における経過時間と透水係数の関係を図-5 に示す。

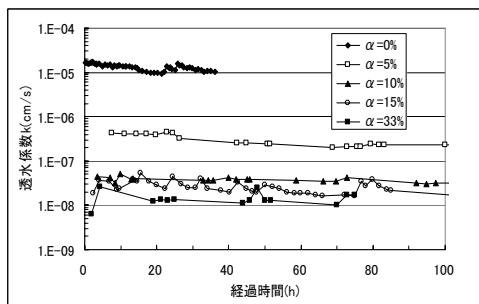


図-5 経過時間と透水係数の関係

図-5 では、経過時間とともに透水係数は幾分変化するが、それはわずかである。またベントナイト添加率と透水係数の関係を図-6 に示す。

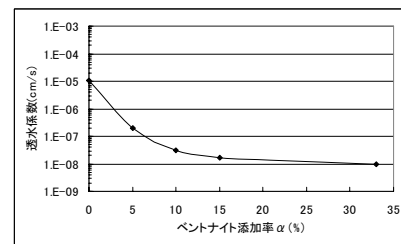


図-6 ベントナイト添加率と透水係数の関係

図-6 よりしらすベントナイト混合土では添加率 15% 付近からそれ以上添加率を増しても透水性は大きく変化しない。三ヶ田²⁾の行った山砂ベントナイト混合土の透水試験では、ほぼ限界添加率付近からそれ以上で透水性が変化しなくなった。本来このようなときの添加率を限界添加率としていたため、山砂で適用できたこの定義は、土粒子密度の小さいしらすのような土で適用することは妥当ではないと考える。この理由は、多孔質であるしらすの粒子内にはベントナイトの膨潤では埋めることのできない間隙が存在すると考え、その間隙分だけ本来の限界添加率より少ない添加率で間隙が満たされているためであると考え。

(2) 凝灰質砂岩破砕砂ベントナイト混合土

ベントナイト添加率を、限界添加率 $\alpha_{cr}=66$ (%)、 $\alpha=0$ (%) として透水試験を行った。経過時間と透水係数の関係を図-7 に示す。

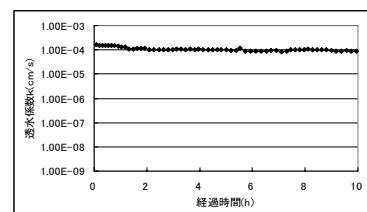


図-7 経過時間と透水係数の関係

限界添加率では、ベントナイトを多量に添加したため通水を 300 時間行っても B 値が 0.95 に達せず飽和が困難で、透水係数を評価できていない。

参考文献

- 1) 永友大彰「各種の現場発生土を用いたベントナイト混合土の透水特性」第 32 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 2005
- 2) 三ヶ田能「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」平成 12 年度土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 vol. 28 2001 pp. 904-905