

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

宇都宮大学工学部

学生会員 ○永友大彰

宇都宮大学大学院工学研究科

正会員 今泉繁良

三井住友建設㈱

正会員 土居洋一

1. 研究目的

廃棄物量の増加、質の多様化に伴い、廃棄物最終処分場に高い遮水性が要求されている。わが国の廃棄物最終処分場の構造基準は、表面遮水構造の一つとして、透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下で、厚さ 50cm 以上の粘性土等の上に遮水シートを敷設する構造が示されている¹⁾。このような粘性土として近年、現場発生土に透水係数の低いベントナイトを混入したベントナイト混合土を遮水材料として用いた施工が増加している。

本研究では、現場より発生した数種類の母材とベントナイトを対象として、ベントナイトの膨潤特性を考慮したマクロ間隙比という概念に基づきベントナイトの限界添加率を算出し、たわみ性壁を持つ変水位透水試験装置を用いて、透水特性を比較・検討することを目的としている。

2. 使用した試料

母材に用いた土試料の特性を表-1 に、また粒径加積曲線を図-1 に示す。

表-1 各母材の特性

	笠間砂	宮崎産砂	しらす	まさ土
土粒子密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.63	2.682	2.443	2.688
液性限界 $\omega_L (\%)$	NP	26.09	NP	24.5
塑性限界 $\omega_P (\%)$	NP	17.65	NP	NP
有効径 $D_{10} (\text{mm})$	0.07	0.058	0.19	0.064
50%粒径 $D_{50} (\text{mm})$	0.89	0.13	1.51	1.1
均等係数 U_c	18.143	2.638	9.263	23.44
曲率係数 U_c'	1.712	0.634	2.99	2.204
最適含水比 $\omega_{opt} (\%)$	13.1	15.97		12.8
最大乾燥密度 $\rho_{dmax} (\text{g/cm}^3)$	1.89	1.704		1.911

締固め試験は、A-c 法（ランマー質量 2.5kg、モールド内径 10 cm、1 層当り突き固め回数 25 回）でおこなった。またベントナイトはアメリカ・ワイオミング産のものを使用した。ベントナイトの特性を表-2 に示す。

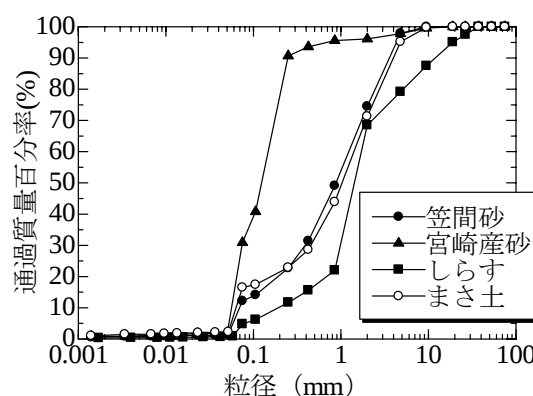


図-1 各試料の粒径加積曲線

表-2 ベントナイトの特性

	$\rho_b (\text{g/cm}^3)$	$\omega_L (\%)$	$\omega_P (\%)$	膨潤率 β
ベントナイト	2.86	581	38	5.84

3. 限界添加率の推定²⁾³⁾

膨潤率を考慮したマクロ間隙比 e_m は、式(1)で計算される。

$$e_m = \rho_s \left(\frac{1 + \alpha}{\rho_{da}} - \frac{\alpha \beta}{\rho_b} \right) - 1 \quad (1)$$

ρ_{da} : 各添加率での最大乾燥密度 (g/cm^3)

α : 添加率 (%)

ρ_b : ベントナイト密度 (g/cm^3)

β : ベントナイト膨潤率

表-3、図-2 に示すのは、各ベントナイト混合土のマクロ間隙比とベントナイト添加率の関係を示したものである。

キーワード ベントナイト 透水係数 マクロ間隙比

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学建設学科地域施設学研究室 Tel/Fax.028-689-6218

表-3 ベントナイト添加率と最大乾燥密度、マクロ間隙比の関係

山砂	添加率 α (%)	0	5	10	15
	最大乾燥密度 $\rho_{d\alpha}$ (g/cm ³)	1.88	1.825	1.76	1.72
	マクロ間隙比 e_m	0.399	0.245	0.107	-0.057
宮崎産砂	添加率 α (%)	0	5	10	15
	最大乾燥密度 $\rho_{d\alpha}$ (g/cm ³)	1.704	1.687	1.660	1.630
	マクロ間隙比 e_m	0.574	0.396	0.230	0.071
しらす	添加率 α (%)	0	5	15	30
	最大乾燥密度 $\rho_{d\alpha}$ (g/cm ³)		1.274	1.240	1.235
	マクロ間隙比 e_m		0.764	0.518	0.074
まさ土	添加率 α (%)	0	5	10	15
	最大乾燥密度 $\rho_{d\alpha}$ (g/cm ³)	1.911	1.842	1.767	1.714
	マクロ間隙比 e_m	0.429	0.258	0.124	-0.028

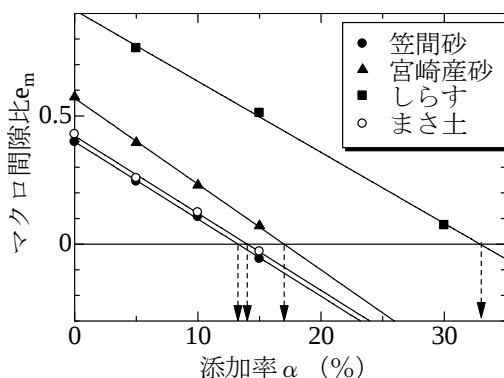


図-2 マクロ間隙比・添加率の関係

図-2 から各試料とも α を増加させるに従い、 e_m が減少していることがわかる。 $e_m=0$ となる添加率を限界添加率と定義し、各ベントナイト混合土の限界添加率をまとめると表-4 のようになる。この限界添加率にて透水試験を行い、目標とする $1 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ のオーダーの透水係数を満足できるか確認を行った。

表-4 各ベントナイト混合土の限界添加率

	笠間砂	宮崎産砂	しらす	まさ土
限界添加率 α_{cr} (%)	13.3	17	33	14

4. たわみ性壁を持つ変水位透水試験

試験に用いたたわみ性壁の試験装置を図-3 に示す。試験では、限界添加率にて混合した試料を最適含水比で締固めセットし、供試体に側圧 σ_c 、流入圧 σ_{in} 、流出圧 σ_{out} をかけて飽和させた。そして2時間当たりの流入量と流出量がほぼ一定で、B値が 0.95 以上となったときを飽和状態と見なし透水試験を開始した。透水係数の測定では、動水勾配が $i=20$ となるように σ

$c=402\text{kPa}$ 、 $\sigma_{in}=392\text{kPa}$ 、 $\sigma_{out}=372\text{kPa}$ を与え、かつ二重管ビューレット内に水位 h_{in} 、 h_{out} を与えた後、時間 t の経過に伴う h_{in} 、 h_{out} の変化を測定し透水係数を算出した。



図-3 たわみ性壁透水試験機

5. 試験結果と考察

図-4 に笠間砂とまさ土の透水試験結果を示す。

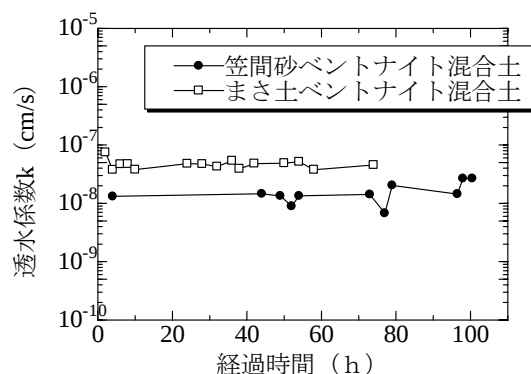


図-4 透水係数の経時変化

二つの供試体は共に目標とする 10^{-8}cm/s のオーダーを満足できた。宮崎産砂としらすについても今後透水試験を実施していく予定である。また母材の違いにより、限界添加率 α_{cr} にかかなりの差を生じた。これは各母材の粒度分布、特に平均粒径が大きく影響しているのではないかと考えられる。粒度分布の良い砂は締固め時にかみ合わせが良く、乾燥密度も高いので現場発生土を用いる場合は、この点に留意した母材選択が重要であると考ええる。

参考文献

- 1) 国際ジオシンセティック学会日本支部・ジオメンブレン技術委員会：ごみ埋立て地の設計施工ハンドブック, 2000
- 2) 三ヶ田能：ベントナイト混合土を用いた遮水工に関する研究, 平成 12 年度宇都宮大学修士論文
- 3) 飯塚正樹：遮水工としてのベントナイト混合土配合設計手法に関する研究, 平成 15 年度宇都宮大学修士論文