

宇都宮大学大学院工学研究科 学生員○三ヶ田 能 住友建設(株)正会員 土居 洋一
宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 今泉 繁良 日本道路公団 正会員 長内 圭太

1 はじめに

わが国の廃棄物最終処分場の表面遮水工構造の一つとして、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おり、近年では遮水シートと締固められた難透水性粘土を使用した複合遮水構造が適用されている。しかし、この粘性土の配合設計、透水特性の計測法などについては確立されていない。ところで、米国ではを計測する装置として、たわみ性の壁をもつ試験装置が用いられており、B 値による飽和度のチェックや背圧の付加が可能であるなどの様々な長所を有する。本研究では、透水係数が 10^{-7}cm/s 以下のベントナイト混合土を作ることを目標に、たわみ性の壁をもつ変水位透水試験装置を用いて ASTM D5084 に基いて試験を行い、ベントナイト添加率、含水比などの大きさが透水係数の大きさに与える影響について明らかにした。また、供試体における真の間隙比を求め、ベントナイトの限界添加率についても検討した。

2 使用した試料

試験に用いた山砂の基本物性を表-1 に示す。また、試験には USA 産 Na 型ベントナイトを用いた。図-1 は山砂に乾燥重量比でベントナイトを 0, 3, 5, 10, 15% [添加率 $\alpha = W_b / (W_s + W_b) \times 100$] 添加した混合土の締固め特性を示したものである。試験は 2.5kg ランマーおよび $\phi 100 \text{mm} \times h 127 \text{mm}$ のモールドを用い、土質試験基準に準拠し最適含水比で締固め、供試体を作成した。

3 試験装置および試験方法

試験に用いたたわみ性壁をもつ試験装置は図-2 のようなものである。供試体上下から二重管ピュレットに通じる流系は脱気水で満たされ、側圧、流入、流出の 3 つの圧力を独立して加えることができる。試験では、まずセル内のペダスタル上に最適含水比で締固めた供試体をセットし、厚さ 0.5mm のゴムスリーブで覆った。供試体を設置後、供試体内の空気をより水に溶け易い二酸化炭素に置換し、通水しつつ 19kPa 程度の負圧をかけた。その後供試体に側圧 σ_c 、流入圧 σ_{in} 、流出圧 σ_{out} をかけて飽和させた。そして、単位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 $i=20$ の場合、側圧 $\sigma_c=407 \text{kPa}$ 、流入圧 $\sigma_{in}=392 \text{kPa}$ 、流出圧 $\sigma_{out}=368 \text{kPa}$ を与え、かつ二重管ピュレット内に水位 h_{in} 、 h_{out} を与えた後、時間 t の経過に伴う h_{in} 、 h_{out} の変化を測定した。動水勾配を変化させる場合には、 $i=20$ の計測終了後、流出圧 σ_{in} を減少させて動水勾配を $i=80, 140, 200$ と増加させ、それぞれの i について計測を行った。

4 結果と考察

4.1 添加率と透水係数

表-2 に試験の結果、図-3 にベントナイト添加率と透水係数の関係を示した。尚、図は文献 1,2,3) によるデータも併せて記した。これより透水係数は添加率 5% 付近まで急激に減少し、5% 以上ではその変化は小さくなる

透水係数、ベントナイト混合土、間隙比

表-1. 山砂の基本物性

			山砂
土粒子密度	ρ_s	g/cm^3	2.67
最大粒径		mm	9.5
透水係数	k	cm/s	1.46×10^{-4}
最適含水比	W_{opt}	%	10.4
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm^3	2.03

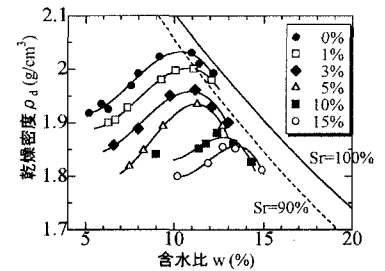


図-1 混合土の締固め曲線

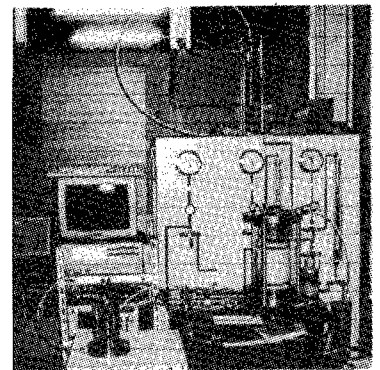


図-2 たわみ性壁透水試験装置

ことが分かる。

4.2 間隙比と透水係数に関する考察

図-3 に示すように、山砂にベントナイトを添加すると透水係数は減少している。しかし表-2 を見ると添加率増加に伴い乾燥密度は減少し、間隙比((土粒子 V_s + ベントナイト粒子 V_b)の体積を 1 としたときの間隙比)は増加している。図-4 は山砂の体積 $V_s=1$ とし、それ以外の間隙を V_v と考えたとき、ベントナイトの膨潤率 β (ここでは $\beta=6.57$ と仮定)を考慮した真の間隙比 $e_0=(V_v - \beta V_b)/V_s$ (式 1)と透水係数および添加率との関係を示したものである。 e_0 は次式で計算した。

$$e_0 = \frac{\rho_s}{1-\alpha} \left\{ \frac{1}{\rho_{da}} - \frac{\alpha\beta}{\rho_b} \right\} - 1 \quad \cdots(1)$$

ρ_{da} : 添加率 α 時の ρ_d

図より、本試験での真の間隙比は添加率 7%付近で 0 となりベントナイトが間隙をほぼ満たすことになる。すなわち、図-3 において添加率が 5%付近まで急激に減少している

のは、水の流れる間隙を透水係数の小さいベントナイトが膨潤して満たしているためであると考ええる。図-5 に、上式で求めた限界添加率 α_{cr} が図-3 から読み取った限界添加率 α'_{cr} と一致するかどうかを示した。この図よりほぼ妥当であると思われるが、若干の差があるのは膨潤率や ρ_b が各々異なるためであると考ええる。

4.3 含水比と透水係数

前章までは最適含水比で作成した供試体を用いたが、突固めにより締固められた供試体の含水比や乾燥密度が透水係数にどう影響を与えるかを検討するため、含水比を変化させて試験を行った。図-6 は添加率 $\alpha=5\%$ および 10%の結果を示したものである。 $\alpha=10\%$ において含水比が増加すると、透水係数は最適含水比より大きい w で最小値をとった。

5 まとめ

- 1) 透水係数は砂粒子間隙中における膨潤したベントナイトの影響を受ける。また、各添加率における乾燥密度から真の間隙比を求めることにより限界添加率の予測が可能となった。
- 2) 添加率 10%において、最適含水比における k よりも幾分大きい含水比において k は最小値をとった。

参考文献

- 1) 水野克己ほか：最終処分場における土質しゃ水材料の特性把握を目的とした試験結果，第 11 回廃棄物学会論文集，2000
- 2) 佐藤 泰ほか：ベントナイト混合土遮水層に関する室内実験，土木学会第 55 回年次学術講演会，2000
- 3) 日笠山徹己ほか：礫を混入したベントナイト混合土の透水および強度特性について，土木学会第 55 回年次学術講演会，1999

表-2. 透水試験結果

添加率 α	1%	3%	5%	10%	15%
w %	10.5	10.8	10.7	12.2	13.0
ρ_d g/cm ³	2.010	1.931	1.911	1.837	1.823
e	0.325	0.388	0.391	0.442	0.449
B	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98
k cm/s	9.7E-6	1.3E-7	1.8E-8	9.1E-9	5.3E-9

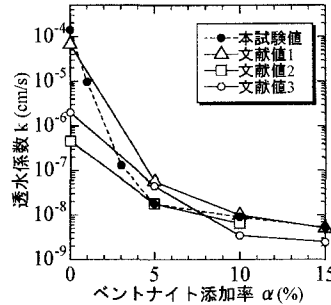


図-3 添加率と透水係数の関係

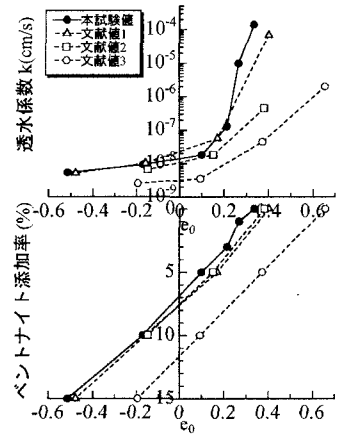


図-4 e_0 と k , α の関係

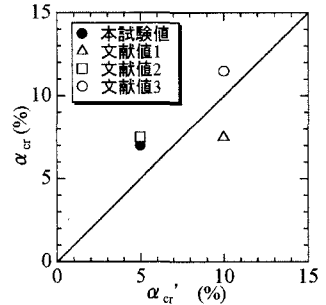


図-5 限界添加率の評価

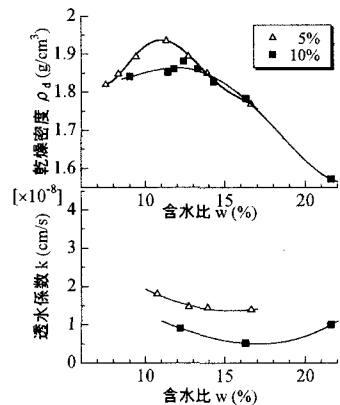


図-6 w と ρ_d , k の関係