

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

1. はじめに

わが国の廃棄物最終処分場の構造基準は厚生省と総理府環境庁との共同命令で定められており、平成 10 年 6 月に改正がされた。この中で、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いる¹⁾。ところで、米国では²⁾ 10^{-7}cm/s 以下の透水係数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 D5084³⁾ に基いて試験を行い、特に動水勾配の大きさが透水係数の大きさに与える影響について検討した。

2. ベントナイト混合土の締め固め特性

用いた山砂の土質特性を表-1 に示す。図-1 は山砂に乾燥重量比で 0, 3, 5, 10, 15% 添加した材料の締め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 10cm モールドを用い、土質試験基準に基いて行った。これより、ベントナイト添加に伴って最適含水比 w_{opt} は若干増加し、それに伴い最大乾燥密度 ρ_{dmax} は減少する傾向を示している。

3. たわみ性の壁をもつ変水位透水試験

3.1 試験装置および試験方法

試験装置の系統図を図-2 に示す。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、まずセル内のペデスタル上に、最適含水比で締め固めた直径 100mm、高さ 127mm の供試体をセットし、厚さ 0.5mm のゴムスリーブで覆った。キャップおよびペデスタルと供試体の間には、ポーラスストーンと濾紙をはさみベントナイトの流出を防いだ。供試体を設置後、供試体内の空気をより水に溶解易い二酸化炭素に置換し、通水しつつ P_a 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 $\sigma_{\text{in}}=392 \text{kPa}$ 、流出圧 $\sigma_{\text{out}}=368 \text{kPa}$ を与え、かつ二重管ビュレット内に水位 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。 $i=20$ の計測終了後、流出圧 σ_{out} を減少させて動水勾配を $i=80, 140, 200$ と増加させ、それ

表-1. 山砂の土質特性

	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

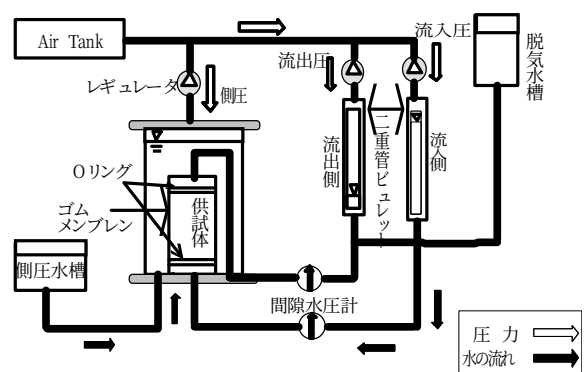
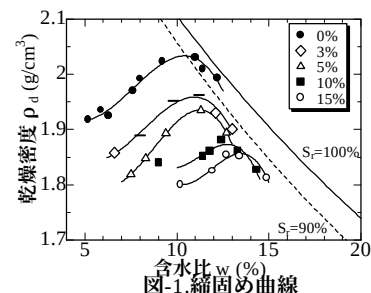


図-2. たわみ性の壁をもつ透水試験装置

キーワード：透水試験、ベントナイト混合土、動水勾配

連絡先：〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL028-689-6218 FAX028-689-6230

ぞれの i について計測を行った。そして透水係数を式(1)で算出した。

$$k = \frac{aL}{2At} \ln \left(\frac{\{(h_{in} - h_{out}) + (s_{in} - s_{out}) \times 1000\}_{t=0}}{\{(h_{in} - h_{out}) + (s_{in} - s_{out}) \times 1000\}_{t=t}} \right) \quad (1)$$

a: 流入, 流出ビュレットの断面積,
 L: 供試体の長さ, A: 試料の断面積

なお、たわみ性透水試験装置による透水係数と比較するために、JIS A 1218 および JSF T 311 に定められた剛性モールドを用いた変水位透水試験も実施した。このときの水頭差は h=150~160cm とした。

3.2 試験結果

表-2 にベントナイト添加率を変えたときの供試体の状況と計測された透水係数の値を一覧表として示した。また、図-3 に、ベントナイト添加率と透水係数の関係を示した。表より、B 値は 0.98 以上にあり、試料は十分に飽和した状態にあった。また、w と ρ_d はたわみ性装置の値の方が剛なモールドを用いたときよりも僅かに小さいにもかかわらず、k の値も小さいことから、たわみ性壁の場合側壁の流れが多少抑止されたものと考えられる。図-4 は動水勾配と透水係数の関係を示したものである。これより、動水勾配を増加させると透水係数が減少するのが分かる。この原因として、動水勾配 i が大きくなると供試体の流出側への供試体中の細粒分の移動が顕

著になることが考えられる。確認のために添加率 10%の供試体の i=200 の試験終了後、供試体上部 6cm と下部 6cm について粒度試験を行い、8 μm 以下の粒子の割合を求めた結果が表-3 である。この表より、若干ながら移動が確認できた。しかし、透水係数に影響する程の移動があったとは考えにくい。ところで、図-4 におけるベントナイト添加率 5%の結果を見ると、動水勾配の変化に伴う透水係数減少の度合いは他のものと比べ小さい。これは、添加率 5%の供試体では間隙を充分には満たしておらず、動水勾配の変化により細粒分やベントナイト粒子の移動の度合いが小さいためと考える。表-4 は、添加率 10%、i=200 での透水測定終了後の供試体の大きさを示したものであるが、この結果より供試体上部と下部の有効拘束圧の差により上部に圧密が生じ、上部での間隙が減少したことなども透水性低下の原因として考えられる。これは i=200 の試験終了後の供試体寸法(表-4)から確認された。

4. まとめ

- 1)たわみ性の壁をもつ透水試験装置によって B 値の計測が可能となり、側壁に沿う流れは多少改善されたと考えられ、添加率 5%で 1.8×10⁻⁸cm/s の低透水性土質材料を作成できた。
- 2)動水勾配が大きな場合は透水係数を過小評価する傾向にある。

<参考文献>

- 1)厚生省・総理府環境庁:一般廃棄物処分場及び産業廃棄物処分場の最終処分に係る技術上の基準を定める命令の一部改正,号外 121 号,1998
- 2)David E.Daniel : Laboratory Hydraulic Conductivity Test for Saturated Soils,1994
- 3)ASTM D5084-90 : Standard Test Method for Measurement of Hydraulaic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter

表-2.二つの装置の試験での供試体の状態の比較

添加率	5%		10%		15%	
装置の型	Rigid	Flex	Rigid	Flex	Rigid	Flex
w %	10.4	10.7	12.3	12.2	13.0	13.0
ρ _d g/cm ³	1.902	1.911	1.842	1.837	1.831	1.823
Sr %	99.5	-	97.2	-	99.6	-
B	-	0.98	-	0.99	-	0.98
k cm/s	2.7E-8	1.8E-8	2.3E-8	9.1E-9	1.2E-8	5.3E-9

Rigid...(剛) Flex...(たわみ性)

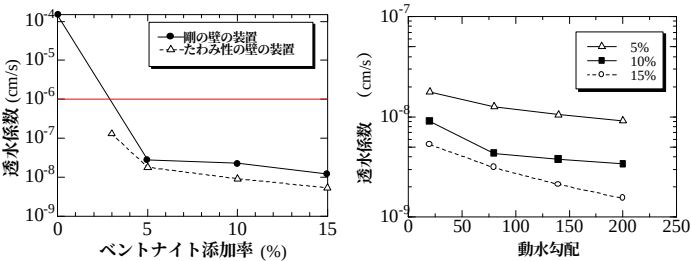


図-3.ベントナイト添加率と透水係数の関係

図-4.動水勾配と透水係数の関係

表-3.細粒分中のベントナイト粒子の割合
(添加率 10%, i=200 供試体試験後)

	ベントナイト粒子 (%)
流出部	52.57
流入部	36.70

表-4.試験後の供試体の寸法(10%)

	試験後の供試体端部直径 (mm)		高さ(mm)	
動水勾配	20	200	20	200
流出部	104	102	131	132
流入部	106	107		