

ベントナイト混合土の透水性評価手法に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠 ○小松 満  
 岡山大学大学院 学生会員 長井 いづみ  
 大林組 非会員 稲積 一訓

1. はじめに

本研究では、産業廃棄物処分場の遮水材として用いられる低透水性物質であるベントナイト混合土に注目し、原位置において施工直後の粘土シール材の透水係数を迅速に測定する方法の開発を目的とした。具体的には、既存の試験方法を改良し、ピンポイントで水分量の測定が可能であるFDR-Vシステムを用い、短時間で完了する試験方法を検討した。

2. 試料の物理特性

試料には実際に産業廃棄物処分場で用いられている混合土を使用した。この混合土の構成材質は、ベントナイトの中でも膨潤度の高いNa型ベントナイト（アメリカ産）と碎石で、混合比は、乾燥重量比ベントナイト：碎石=13：87である。

3. 原位置透水試験法の開発

1) 試験装置 既存の原位置透水試験法であるAir-Entry Permeameter<sup>1)</sup>を改良し、数時間で完了する試験方法を提案する。特徴としては、浸潤面の到達時間を知るためにFDR-V装置<sup>2)</sup>を用いること、浸透する流量が小さいことから、流速の測定に測定範囲が5～100g/hourである微流量計を用いることが挙げられる。試験装置を図-3に示す。混合土の地盤をφ150mmのサイズに掘削し、漏水防止のためにエポキシ系充填材を用いて鋼管を深さ5cmまで挿入する。そして、注水バルブ、センサー取り付け穴がついたアクリル製の蓋を設置し、センサー等を取り付けた後、鋼管内に注水して鋼管を飽和にする。試験開始は、マリOTTシステムからの給水と水分量センサー（FDR-V法）・流量の測定を同時に行い、水分量センサーが飽和状態を示した後に給水を停止し、即座にモールド内の圧力を計測する。また、透水係数の算出にはGreen-Amptモデルを用いた。

2) 試験結果 深さ0.55cmにプローブを設置して試験を行った結果を図-4に示す。徐々に体積含水率が増加していることから、浸潤面の到達時間は飽和体積含水率を示した時間とした。浸潤面位置は、 $Z_f=0.55\text{cm}$ 、

表-1 混合土の物理特性

比重 (g/cm <sup>3</sup> )	2.73	液性・塑性限界	WL (%)	65.7
粒度特性 (%)	歳分	100.0	Wp (%)	14.3
	砂分	0.0	Ip (%)	51.4
	シルト分	0.0	最大粒径 (mm)	4.750
	粘土分	0.0	溶出特性: 試料10gを水 100gに溶出	混合土 (μS)
ω	(%)	12	ベントナイト (μS)	1.37
ρ <sub>dmax</sub>	(g/cm <sup>3</sup> )	1.75		

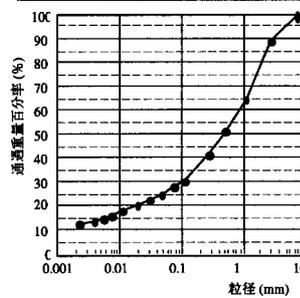


図-1 粒径加積曲線

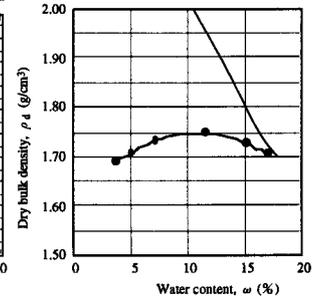


図-2 締固め曲線

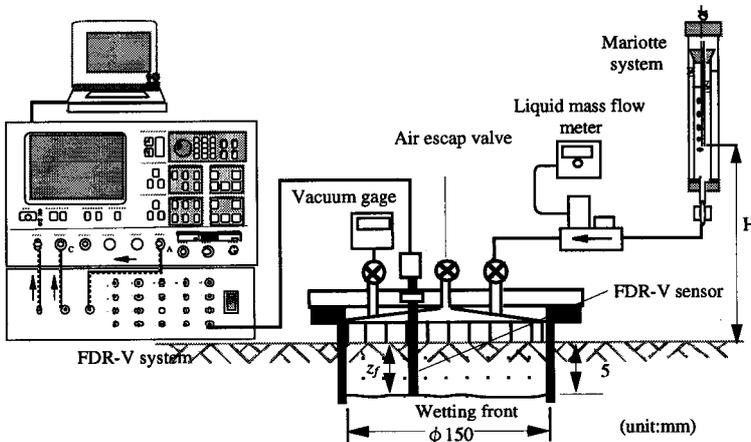


図-3 原位置透水試験法概略図

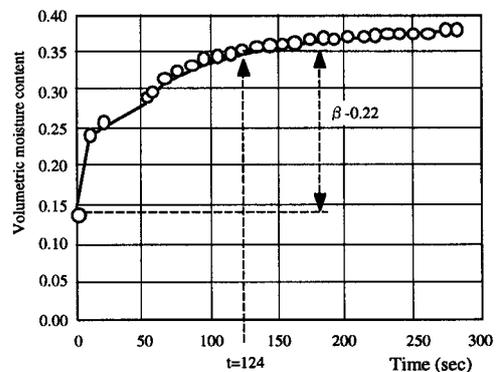


図-4 体積含水率の経時変化 (Zf=0.55cm)

キーワード：ベントナイト混合土，透水係数，体積含水率，塩水

連絡先：〒700-8530 岡山市津島中3-1-1 TEL/FAX.086-251-8164, E-mail:mkomatsu@cc.okayama-u.ac.jp

浸潤面位置でのサクシオンは、地盤のサクシオンが1311cmであることから  $H_c=655.5\text{cm}$ 、試験時間は  $t=124\text{s}$ 、有効間隙率は  $\beta=0.22$ 、注入水頭は  $H_0=500\text{cm}$ である。これらの値をGreen-Amptモデルに代入すると透水係数は次のようになる。

$$k = \frac{\beta}{t} \left\{ z_f + (H_0 + H_c) n \left( \frac{H_0 + H_c}{H_0 + H_c + z_f} \right) \right\} = 2.3 \times 10^{-7} \text{cm/sec} \quad \dots\dots (1)$$

**4. 浸潤面の時間的变化**

次に浸潤面の降下速度を検証するために、締固めた供試体を作成し、図-5に示す透水装置を用いて浸潤面の形成試験を行った。一定水頭で任意の時間通水した後解体し、2mmずつスライスにカットし、含水率を測定して体積含水率の分布を測定した。結果を図-6に示す。通水開始直後は急激に浸透するが、その後遮水性が発揮されるため、その降下速度は極端に低下することが判明した。

**5. 水以外での透水試験の実施<sup>3)</sup>**

前述のようにベントナイトの遮水効果が完全に発揮された時点での透水係数を求めるには、水分量センサーの設置深さが地盤の浸透特性に大きく依存するため、その設定が非常に困難である。そこで、今度はベントナイトが膨潤しないような液体を用いて、単に骨格の透水係数を求めることを試みた。液体にはエタノール（濃度60%）と塩水（濃度8%）を使用して、加圧型透水試験<sup>4)</sup>により実施した。試験結果を表-2に示す。水に比べて非常に高い値が得られている。さらに、始めに塩水を通水した後、水に置換した場合と、逆に水を通水し塩水に置換した場合の透水係数の経時変化を図-7に示す。塩水を通水した後でも約2オーダー近く低下し、逆に膨潤した後でも1オーダー近く上昇する結果が得られた。

**6. おわりに**

ベントナイト混合土に対する原位置透水試験法の開発を行い、得られた結果の妥当性について検討した。その結果、透水直後では透水性が良く、その後ベントナイトの遮水性が発揮されると、急激に透水係数が低下するため、水を用いた原位置透水試験の実施は非常に困難であることが判明した。今後の課題としては、塩水を用いて同様の試験を実施し、間隙率と透水係数の関係から、廃棄物処分場のシール材の施工管理指標を作成することが挙げられる。また、実際の処分場では、水だけでなく様々な物質の浸出が考えられることからこのような物質に対する透水試験の実施も必要である。

**【参考文献】**

- 1) Bouwer H. : Rapid Field Measurement of Air Entry Value and Hydraulic Conductivity of Soil as Significant Parameters in Flow System Analysis, Water Resources Research, Vol.2, No.4, pp.729-738, 1966.
- 2) 西垣誠, 小松満, 熊本創, 二宮功: 複素誘電率計測法を用いたベントナイト混合土のキャリブレーションに関する一考察, 第34回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.219-220, 1999.
- 3) C.H.Benson: Liners and Covers for Waste Containment, Creation of New Geo-Environment, KIGForum 2000, pp.1-40, 2000.
- 4) 河野伊一郎, 西垣誠: 室内試験法に関する2, 3の考察, 土質工学会論文報告集, Vol.22, No.4, pp.181-189, 1982.

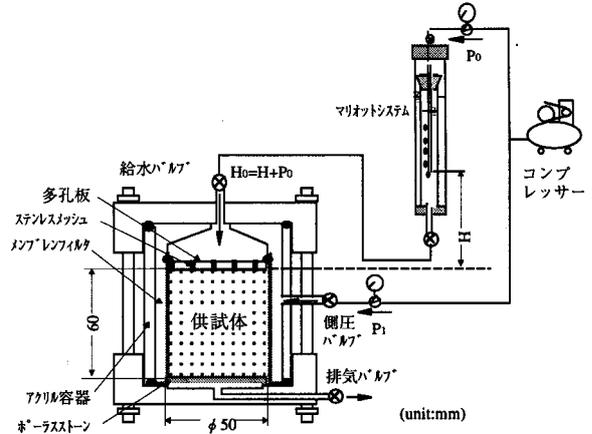


図-5 浸潤面形成試験装置

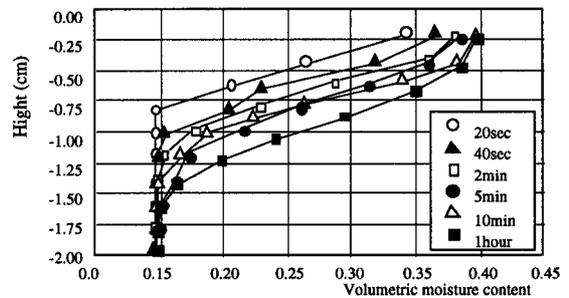


図-6 体積含水率分布の経時変化

表-2 加圧型透水試験結果

液体	水	エタノール	塩水
k (cm/sec)	$2.95 \times 10^{-8}$	$5.50 \times 10^{-6}$	$2.46 \times 10^{-5}$

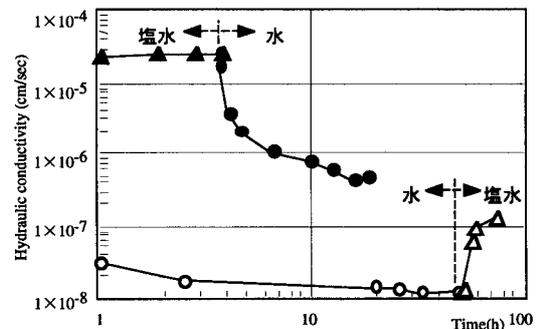


図-7 透水係数の経時変化