

## ベントナイト混合土の原位置透水係数の簡易確認手法

(株) ホーjun 正会員 水野 克己 ○岡田 朋子  
 (財) 地域地盤環境研究所 正会員 本郷 隆夫 藤原 照幸  
 岡山大学 正会員 西垣 誠 小松 満

1. はじめに 筆者らは、現場において簡便に透水係数の測定を目的として、原位置透水係数と室内透水係数の整合性を検証した。本件では、ベントナイト混合土施工後に現地にて切り出した、ブロックサンプルを用いた模擬原位置透水試験と、同じブロックサンプルを用いて三軸セル透水試験を行ったので報告する。

2. 原位置透水試験の課題と解決手法 JGS 1316（締固めた地盤の透水試験方法）の透水試験を実施する際の実務的な課題は、①マリオットサイホン<sup>1)</sup>などの装置が必要であり、また同時に数多く透水係数を評価する場合、試験孔と同じ数のマリオットサイホンを用意することは実用上困難である。②直径 30cm× 深さ 30cm 程度の試験孔を必要とし、掘削窄孔と試験後の補修に相当の時間を要することである。そのため、以下に示す様な原位置透水試験を考案し実施した。

(a)手掘りで試験孔を掘削窄孔するのではなく、図-1に示すように電動ドリルを用いて直径 20mm の掘削窄孔を行った。(b)水位の計測は、水の蒸発を防止することを目的として、水面に浮かべた円柱状の発泡スチロール天端部の変位（水位の低下）をデジタルノギスにより計測した。また、発泡スチロールは地盤表面にアクリルパイプを埋込んで保護した。なお、アクリルパイプ周囲には予めコーキング剤（シリコン）を塗りベントナイト混合土との密着性を高めた。(c)原位置透水試験方法には、試験孔内の水位を一定に保ちながら測定する定水位法と、試験孔内に水を満たし経過時間と水位低下の関係より透水係数を求める変水位法がある<sup>2)3)</sup>。透水係数  $k \leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$  のベントナイト混合土では、水位の変化は無視できるものと仮定し、JGS 1316 に準拠して透水係数を算出することとした。

3. 試験試料 試験に用いたベントナイト混合土は、静岡産まさ土の乾燥質量に対して USA 産 Na 型ベントナイト 13% 配合とし、移動式混合攪拌機を用いて製造した。混合攪拌されたベントナイト混合土は、油圧シヨベルにて敷き均し、20t 級油圧シヨベルクローラーによる6回走行転圧<sup>4)</sup>した。約 40cm 四方×厚さ 28cm のブロックサンプルを採取した。

### 4. 模擬原位置透水試験

(1)試験方法 (a)底部に孔をあけたプラスチック容器に不織布を敷設し、採取したブロックサンプルを設置する。ベントナイト混合土の周囲にはケイ砂を充填する。(b)電動ドリルを用いて直径 2cm× 深さ 10cm の試験孔を掘削窄孔する。(c)試験孔に約 8cm 注水し、発泡スチロールを浮かべる。

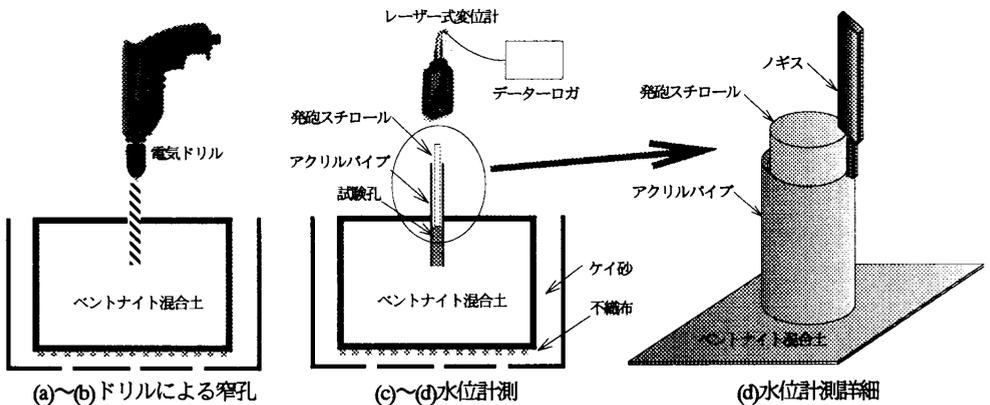


図-1 模擬原位置透水試験方法詳細図

(d)レーザー式変位計を用いて水位の変化を計測する。

(2)透水係数の算出 JGS 1316 より、透水係数を次のように算出した。なお、試験孔内の水面から地下水面までの深さ ( $T_u$ )は、図-2 に示すようにベントナイト混合土の底面を仮定地下水面として計算した。

$$Q = \frac{\pi \cdot r_0^2 (H_1 - H_2)}{(t_2 - t_1)} \dots \dots \dots (1)$$

A : 試験孔の断面積( $\text{cm}^2$ )  $t_1, t_2$  : 試験孔内の水位の測定時間(sec)  $H_1, H_2$  : 時間  $t_1, t_2$  における試験孔内の水位(cm)

キーワード 透水係数, ベントナイト, 現場計測

連絡先 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-9-1 (株) ホーjun TEL066-441-5141 <http://www.hojun.co.jp/>

透水係数は、点源注入と考え、次式(2)を採用し算出した。  
ただし、 $T_u > 3h$

$$k = \frac{Q}{2\pi h^2} \left[ 2.3 \log \left[ \frac{h}{r_0} + \left\{ \left( \frac{h}{r_0} \right)^2 + 1 \right\}^{1/2} \right] - \left\{ \left( \frac{r_0}{h} \right)^2 + 1 \right\}^{1/2} + \left( \frac{r_0}{h} \right) \right] \quad (2)$$

Q : 流量(cm<sup>3</sup>/sec)

h : 試験孔内の水深(cm)

r<sub>0</sub> : 試験孔内の半径(cm)

T<sub>u</sub> : 試験孔内の水面から地下水面までの深さ(cm)

(3)試験結果 レーザー式変位計と電子ノギスによる計測結果を図-3に示す。経過時間 3,000 ~ 9,000min のデータから Q=0.74(cm<sup>3</sup>/day), A=2.27(cm<sup>2</sup>), 水位変化 Δh=Q/A=0.33(cm/day)より求めた透水係数は、 $k=3.89 \times 10^{-8}$ (cm/sec)であった。

5.三軸セル透水試験装置による透水試験

(1)試験方法 図-2に示すように、試験終了後に原位置不飽和透水係数を求めた部分を切り出して、直径 10cm×高さ 4cm の供試体を作成した。フレキシブルウォール型透水試験装置を用いて拘束圧 20kPa, 初期動水勾配 30 で変水位法により透水試験を行った。

(2)透水係数の算出 透水係数は、次式(3)から算出した。

$$k = 2.303 \frac{a \cdot L}{A(t_2 - t_1)} \log \frac{h_1}{h_2} \dots \dots \dots (3)$$

a : スタンドパイプの断面積(cm<sup>2</sup>)

L : 供試体の長さ(cm)

A : 供試体の断面積(cm<sup>2</sup>)

t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub> : 測定時間(sec)

h<sub>1</sub>,h<sub>2</sub> : 時間 t<sub>1</sub>,t<sub>2</sub> における水位差(cm)

(3)試験結果 表-1に供試体諸条件と経過時間約 5,000min での透水係数を示す。また図-4に各供試体の経過時間～透水係数関係を示す。今回実施した条件(動水勾配 30, 供試体厚さ 4cm)では、ベントナイトの膨潤過程を反映して経過時間 5,000min 付近まで急速に透水係数は低下し、およそ 15,000min で透水係数がほぼ定常状態になることが判る。

6. まとめ ベントナイト混合土施工時において簡便に透水係数

の測定を目的として、検証のための擬似原位置透水試験と室内透水試験から得られる透水係数の比較を行った。両者の透水係数は、ほぼ同じ値を示した。計測結果より水位変位は 1.32(cm/4day)であり、透水係数  $k=1 \times 10^{-7}$ cm/sec では式(2)より、3.82(cm/4day)となる。このためノギスなどの計測で、およそ 3(cm/4day)以内であれば  $10^{-8}$ cm/sec オーダーであり、オーダーチェックとして簡便法の現場での適用が十分可能である。今後、初期条件などを変えた室内試験や現位置透水試験を実施し、データの蓄積を図る予定である。

参考文献 1)地盤工学会：地盤調査法、締固めた地盤の透水試験方法(JIS1316).2)西垣 誠，竹下祐二，織田敦史：原位置における不飽和土の透水係数の測定法，第26回土質工学研究発表会講演集,pp.1681-1682,1991.3)U,S,Bureau of Reclamation：Earth Manual,p.253,1958. 4)水野克己，水野正之，稲元裕二，衛藤英三，岩佐晶昭，押方利郎：油圧シヨベル走行によるベントナイト混合土の平面部現場密度特性，第11回廃棄物学会研究発表会講演集，pp.864～866，2001。

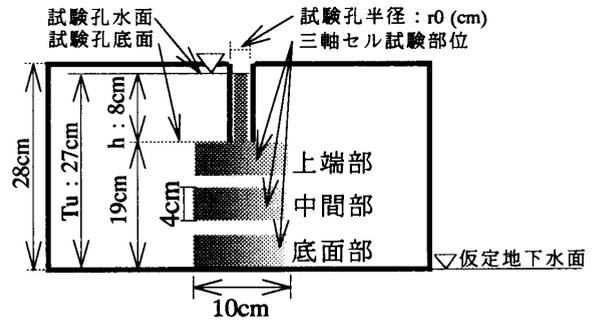


図-2 ブロックサンプル詳細図

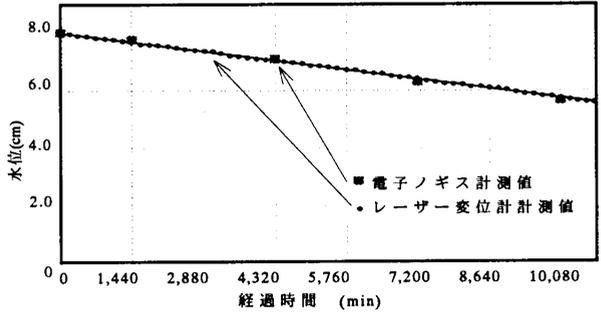


図-3 模擬原位置透水試験による水位～経過時間関係

表-1 ブロックサンプル三軸セル透水試験結果

項目	試験条件			試験結果	
	間隙比	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	飽和度 (%)	透水係数 (cm/s)
上端部	0.848	16.3	1.435	100	$4.2 \times 10^{-8}$
中間部	0.698	19.5	1.562	100	$5.2 \times 10^{-8}$
底面部	0.722	20.2	1.540	100	$5.8 \times 10^{-8}$
平均値	0.756	18.6	1.512	100	$5.0 \times 10^{-8}$

※経過時間約 5,000min

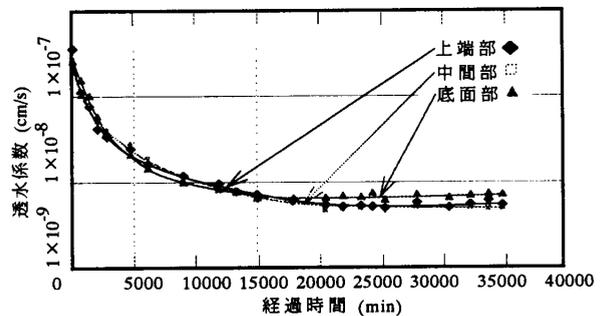


図-4 三軸セル透水試験による経過時間～透水係数関係