

難透水性地盤材料を対象とした汚染流体透過試験装置の開発とその性能評価に関する研究

熊本大学大学院 学生会員 ○木山 和彦

熊本大学大学院 正会員
熊本大学大学院 非会員

桜木 俊文
吉永 徹

1.はじめに

近年処分場では地域に受け入れられ易い安全性の高い処分場構造や管理体制が要求されている。その安全性を得るための処分場構造の一つとして、有害物質を含んだ処分場からの浸出水の漏水を防ぐために遮水ライナーが敷設されている¹⁾。この遮水ライナーのひとつに、現地発生土にベントナイトを混合したベントナイト混合土が用いられている²⁾。しかし、このベントナイト混合土は難透水特性の材料であることから、その透水係数を評価するにはとても膨大な時間が必要であり、さらには現在処分場を建設する際に目安とする透水係数は、透水溶液が水の場合でしか求めておらず、浸出水が漏水してきたときの影響については考慮されていないというのが現状である³⁾。そこで本研究では試験期間を大幅に短縮することが可能である定流量透過試験機の提案を行った(図1,2参照)。本報では、従来の変水位透水試験機と定流量透過試験機から得られた結果から定流量透過試験機の性能評価を行い、さらにベントナイト混合土に塩化カルシウムを流入させたときの透水係数の評価を行ったので報告する。

2.透水試験の概要

本実験で使用したベントナイトは交換性陽イオンが主に Na^+ イオンのNa型ベントナイトであり、止水性及び膨潤性に富み、混合する母材には土粒子密度が 2.64g/cm^3 、粒径が $0.004\sim 0.250\text{mm}$ の珪砂8号を使用した。実験では、上記のベントナイトと母材を用いて、ベントナイト配合率が5%、10%の2種類の供試体を用いて実験を行った。なおベントナイト配合率とは、供試体全体の乾燥質量に対するベントナイトの乾燥質量の百分率であり、実際に現場で行われているのと同じ方法である。なお実験で用いた供試体は乾燥密度を 1.5g/cm^3 、与える拘束圧を 60kPa にそろえて実験を行った。

また、本研究で提案する定流量透水試験機とは、装置の下部に装着されたステッピングモーターにより、上部に存在する板が上昇し、シリンダー内の溶液が供試体へと一定時間に一定量流入されていき、そのときに供試体の上部に設置した圧力計から圧力と、供試体からの排水量を測定することで以下の式(1),(2)から透水係数を算出する仕組みになっている。このとき対象とする供試体に流入させる溶液の量は、表1に示す速度で調整することが可能である。

$$k = \frac{q_{out}}{i \times A \times \Delta t} \quad (1) \quad i = \frac{P}{g \times h} \quad (2)$$

ここで k ：透水係数、 q_{out} ：排水量、 i ：動水勾配、 A ：

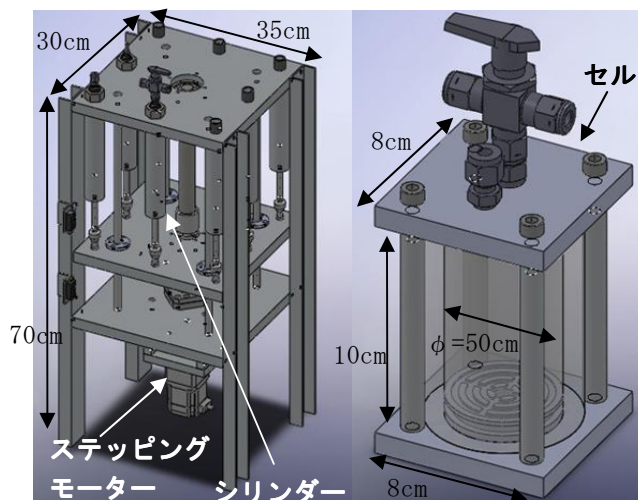


図1 定流量透過試験機概要

表1 定流量透過試験機の運転速度

速度倍率	送液量 (ml/day)	送液量 (ml/h)
1	3.18	0.13
10	31.79	1.32
20	63.59	2.64
30	95.38	3.97
40	127.18	5.29
50	158.98	6.62
60	190.77	7.94
70	222.57	9.27
80	254.37	10.59
90	286.16	11.92
100	317.96	13.24

図2 定流量透過試験機

(a:全体、b:セル)

供試体の断面積、 Δt ：1つ前の測定からの時間、 P ：セル内の圧力、 g ：重力加速度、 h ：供試体の高さである。

さらに今回提案する定流量透過試験機の特徴についていくつかを以下に示す。

- (1)ベントナイト混合土のような難透水性の材料を対象とした透水試験は膨大な時間を必要としたが、この装置では試験時間を大幅に短縮することが可能である。
- (2)シリンダーやフランジ、ポーラスメタルなどはアルミニウムを使用しており、化学溶液による試験機への影響を考慮した材料でできていることから、化学溶液に対応した装置である。
- (3)シリンダー内と供試体上部の透水溶液を入れ替えることで、同じ供試体で異なる透水溶液を用いた透水試験を行うことが可能である。
- (4)この装置には、シリンダーを最大で8個まで設置することが可能で、最大8ケースの実験を同時に行うことが可能である。

この装置は供試体に溶液を一定時間に一定量の透水

溶液を流入させるという仕組みのため、変水位透水試験機と比較して非常に高い動水勾配を供試体に与えることになってしまう。その結果、供試体が今回使用したベントナイト混合土のような難透水性の材料の場合供試体の間隙構造が崩れてしまい、実際の透水係数とは違う値が出てきてしまう事が考えられる。そこで今回の実験ではまず変水位透水試験機で水を流入させて得られた透水係数と定流量透過試験機で水を流入させたときの透水係数を比較し、定流量透過試験機の性能評価を行った。評価後、定流量透過試験機で塩化カルシウムを流入させる透水試験を行った。

3.実験結果と考察

3.1 変水位透水試験機による考察

硅砂 8 号にベントナイトを混合させたベントナイト混合土を使用した時の透水試験の結果を図 3 に示す。ベントナイトの混合率が 10% の場合は透水係数が 10^{-10} m/s と一般に処分場で要求される値よりも低い値が得られた。ベントナイトの混合率が 10%, 5%, 0% の透水係数を比較すると、混合率が低くなるにつれ、透水係数が増加する結果が得られた。このことはベントナイトの混合量が増えることにより、ベントナイトが膨潤して間隙を埋める量が増加したためであり、妥当な結果であるといえる。

3.2 定流量透過試験機による考察

一定時間に一定量の透水溶液を流入させることが可能な定流量透過試験機で、硅砂 8 号とベントナイト 10% の混合土に水を流入させ、その後塩化カルシウムを流入させたときの時の結果を図 4 に示す。そして図 5 には硅砂 8 号とベントナイト 10% の混合土に変水位透水試験機水と定流量透過試験機を用いた結果を比較したものを示すが、このときの透水係数に着目すると、混合率が 10% の場合では、透水係数がそれぞれ 5.07×10^{-10} m/s(変水位)と 6.4×10^{-10} m/s(定流量)であり、その差は僅か 1.3-1.4 倍程度であることから、透水係数の結果に差異はないと評価できる。また、変水位透水試験機を使用し、PV が 2 に達するまで流入させた場合にはおよそ 2 週間かかったが、今回提案した定流量透過試験機では PV が 2 に達するまでにわずか 1 日で達しており、試験期間を大幅に短縮することが可能となっている。

3.3 塩化カルシウムによる影響

図 3 に示した硅砂 8 号とベントナイト 10% の混合土に塩化カルシウムを流入させた実験の結果を見ると、水を流入させていたときは透水係数が 10^{-10} m/s あったが、塩化カルシウムを流入させると透水係数が 10^{-9} m/s と 1 オーダーも大きい値に急激に上昇するという結果が得られている。このことから、塩化カルシウムが流入されたことにより、混合土中に存在するベントナイトと塩化カルシウムとの間ですぐに反応が生じ、ベントナイトの膨潤が阻害され、水を流入させたときより

も遮水性能が低下していることがわかる。

4.おわりに

本研究では、従来の変水位透水試験機では膨大な時間のかかるベントナイトなどの難透水材料を対象にした場合膨大な時間がかかるが、定流量透水試験機を用いることで、試験期間を大幅に短縮させることが可能となり、さらにその結果も変水位透水試験機と比較しても大きな差は出なかった。ベントナイト混合土にカルシウム溶液を流入すると膨潤が阻害され透水係数が上昇することが分かった。

5.参考文献

- 1)田中 信壽：環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理，技報堂出版，pp.15-17，2000.
- 2)勝見 武，Craig H.Benson，嘉門 雅史：ベントナイトを用いた遮水ライナーの耐化学性について，土と基礎，Vol.49，No.2，pp21-24.2001.
- 3)石森 洋行：土と化学物質の相互作用に着目した地盤環境汚染対策，立命館大学院理工学研究科総合理工工学専攻博士論文，pp22-23，2005.

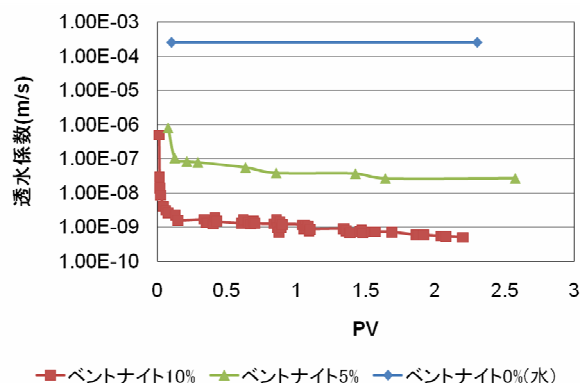


図 3 硅砂 8 号変水位透水試験

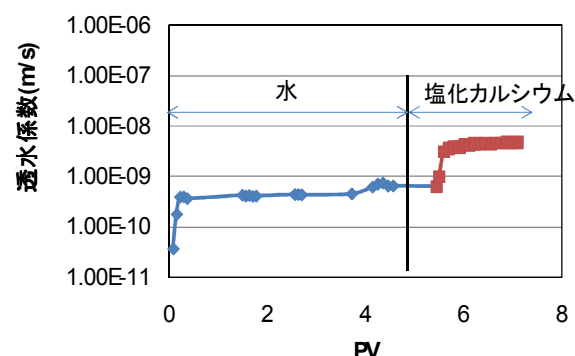


図 4 定流量透過試験結果

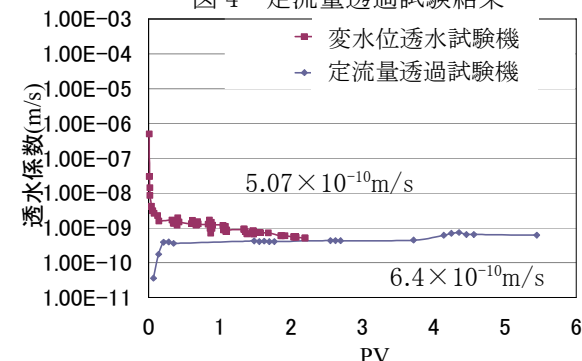


図 5 定流量透過試験機と変水位透水試験機の結果