

Ⅲ-A 294

砂・ベントナイト混合材料の長期透水特性

(財)電力中央研究所 正会員○小峯秀雄

(財)電力中央研究所 正会員 緒方信英

1. まえがき

原子力発電所から排出される放射性廃棄物の有力な処分方法は、地中に埋設・処分する方法である。ここで、放射性廃棄物と周辺地盤との間を埋め戻す土質材料の研究・開発が地盤工学の新しい課題の一つとなっている。この土質材料には、止水性、膨潤性およびそれによるシール性、核種吸着性などが求められ、砂・ベントナイト混合材料や高压で締固めたベントナイトの利用が有望視されている。特に重要な性質は放射性核種を人間の生活圏から長期間隔離するための止水性であり、砂・ベントナイト混合材料の透水特性について幾つかの実験的研究が行われてきた^{1)~4)}。しかし、比較的長い時間における透水特性の変化について、詳しい調査は行われていないようである。この土質材料には長期間にわたって止水機能を保有する必要がある、単に低い透水係数のみならず、それが長い期間維持されなければならない。本研究では、砂・ベントナイト混合材料の透水係数について最長で120日間にわたって計測し、その長期透水特性について調査・考察した。

2. 長期透水実験の概要

(1) 試料

使用した試料はNa型ベントナイトと三河珪砂6号を混合したものである。本研究で使用したベントナイトは、山形県月布産のベントナイト（クニミネ工業製、クニゲルV1）である。このベントナイトは、日本の放射性廃棄物処分施設において利用が有望視されており、頻繁に実験等に利用されている材料である。三河珪砂6号の粒径は、53～590 μm の範囲にあり、その土粒子密度は2.66 Mg/m^3 である。各試料の詳細は、参考文献5)を参照されたい。

実験にはベントナイト配合率、すなわち全試料の乾燥質量に対するベントナイトの乾燥質量の百分率が10%、20%、30%および50%の4種類の混合材料を用いた。ここで乾燥質量とは110℃の乾燥炉内に24時間投入した後の質量を言う。本実験では、いずれの試料も最適含水比状態に調整したものを締固めて供試体を作製した。表1に各試料の最適含水比を示す。

表1 各試料の最適含水比

ベントナイト配合率(%)	最適含水比(%)
10	17.6
20	17.0
30	14.6
50	17.5

(2) 装置および実験方法

図1に長期透水実験に用いた装置の概要を示す。(1)で述べた各試料を図1に示す実験装置のベダスタル部に締固め、ゴムメンブレンで覆って設置する。ゴムメンブレンの外側にはシリコングリスを塗布し、ゴムメンブレンの劣化およびセル水の供試体への浸水を防止することに努めた。供試体の乾燥密度は、1.58～1.62 Mg/m^3 の範囲と1.71～1.79 Mg/m^3 の範囲に設定した。なお、データの再現性を確認するため、ベントナイト配合率と乾燥密度がほぼ同じ供試体を2～3個作製し実験に用いた。供試体の直径は60mm、高さ10mmとした。キャップやベダスタルと供試体の間には、フィルターとしてポラスメタルと細孔径1 μm のテフロンシートを挿入しベントナイトの流出を防止している。なお、フィルター（ポラスメタル+テフロンシート）の透水係数を測定したところ、 10^{-6} cm/sec オーダーであった。供試体の設置後、鉛直方向の変位を拘束した状態で、試料下端から蒸留水を通水し、その際に供試体の体積変化が生じないように三軸セル内の圧力を制御し、膨潤圧の時間変化を測定する。膨潤圧がほぼ一定になった後に透水実験を実施する。

透水実験では、供試体下端部の圧力を245kPa(=2.5 kgf/cm^2)、上端部の圧力を49kPa(=0.5 kgf/cm^2)に設定し、図1に示

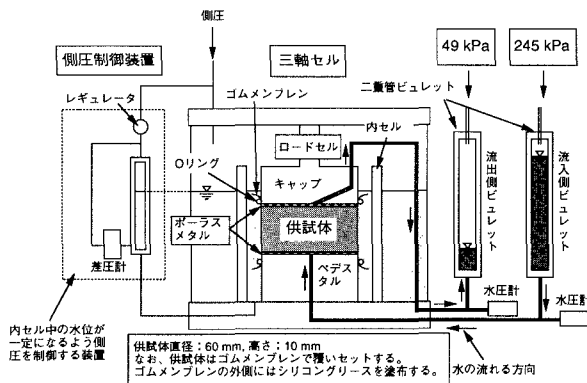


図1 長期透水実験装置の概要

ベントナイト、透水、放射性廃棄物、走査型電子顕微鏡、室内実験

〒270-11 千葉県我孫子市我孫子 1646、TEL 0471-82-1181、FAX 0471-84-2941

す2本の二重管ビュレットにより、単位時間当たりの流入量および流出量を測定した。両者の測定値がほぼ等しくなった後、単位時間当たりの流出量から透水係数を算出した。なお、実験期間は最長120日であるので、内セル中の水および二重管ビュレット中の水の蒸発を防止するため、各部位の水面にケロシンを薄く張った。

3. 砂・ベントナイト混合材料の長期透水特性

図2、3に、それぞれ $1.58 \sim 1.62 \text{ Mg/m}^3$ および $1.71 \sim 1.79 \text{ Mg/m}^3$ の範囲にある乾燥密度の砂・ベントナイト混合材料の透水係数と経過時間の関係を示す。これらの図から、ベントナイト配合率が10、20%の場合、透水係数は $7 \times 10^{-9} \sim 4 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$ の範囲に、30%と50%では $6 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$ の範囲にあることが分かる。また、同じベントナイト配合率であれば、乾燥密度の低い供試体の方が、その透水係数はやや低い値になっている。

各供試体の透水係数の経時変化については、ベントナイト配合率が50%の場合は約3000時間経過まで、30%の場合は約1200時間経過までの範囲で、その透水係数の変化はほとんどないことが、図2、3の結果から分かる。一方、ベントナイト配合率が10%と20%の場合は、先の30%や50%の配合率の場合と比較して、やや透水係数に変化が認められる。

著者らの実施した走査型電子顕微鏡の観察⁵⁾では、ベントナイト配合率が50%の場合、砂粒子間の空隙部分を、膨潤したベントナイトがほぼ完全に充填していたのに対し、配合率が10%の場合には、ベントナイトの膨潤は生じているものの、完全には空隙は充填されていなかった。このことから、ベントナイト配合率が比較的低い10%や20%の場合は、空隙の充填程度が不十分であり、時間の経過に伴いベントナイト粒子が砂粒子間を移動することが考えられる。これにより、時間経過に伴う透水係数の変化が生じたものと思われる。50%等のベントナイト配合率が比較的高い場合には、砂粒子間の空隙はベントナイトの膨潤によりほぼ完全に充填された状態であるため、透水係数は低く、時間が経過してもその変化は小さいと考えられる。

4. おわりに

今回の実験では、最長で約3ヶ月間の砂・ベントナイト混合材料の透水係数の変化について調査した。しかし、実際の放射性廃棄物の処分においては、より長い時間を経ても、その透水係数の変化がほとんどないことを示す必要がある。そのためには、このような材料の透水現象について、微視的な観点から実験・考察をしていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団：地層処分研究開発の現状－平成5年度－，PNC TN 1410 94-094，1994。
- 2) Kenney, T. C., van Veen, W. A., Swallow, M. A. and Sungaila, M. A.: Hydraulic conductivity of compacted bentonite - sand mixtures, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 29, pp. 364-374, 1992。
- 3) 緒方信英、小峯秀雄、堀江芳博、石井卓、三谷泰浩：ベントナイト混合土の透水性と骨材との関係について，土木学会第48回年次学術講演会講演概要集（第3部門），pp.1080-1081，1993。
- 4) 緒方信英、小峯秀雄：ベントナイト－砂混合材料の透水係数に関する一考察，第29回土質工学研究発表会3分冊の3，pp.1883-1884，1994。
- 5) 小峯秀雄、緒方信英（1997）：放射性廃棄物処分のための砂・ベントナイト混合材料の膨潤特性とその評価法，電中研報告U96029。

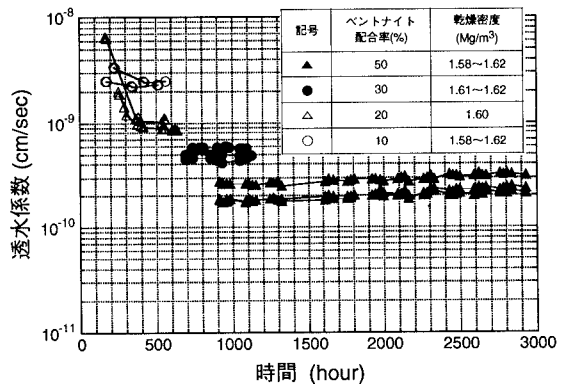


図2 砂・ベントナイト混合材料の長期透水実験の結果（乾燥密度が比較的小さい場合）

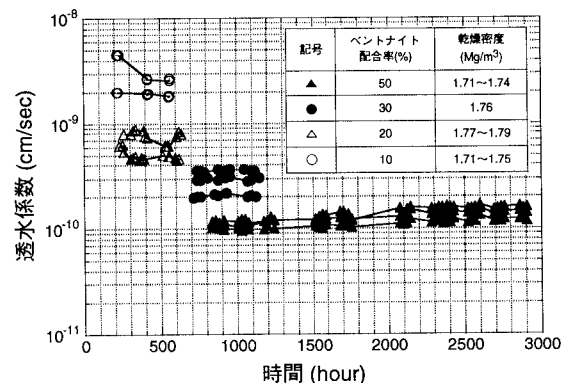


図3 砂・ベントナイト混合材料の長期透水実験の結果（乾燥密度が比較的大きい場合）