

## ベントナイト系材料の透水係数に与える動水勾配の影響

清水建設（株）技術研究所 正会員 白石 知成，正会員 中島 均，正会員 石井 卓

### 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物およびTRU廃棄物の埋設施設では、廃棄体層のまわりを難透水性のベントナイト系材料（以下「外周充てん材」と称す）にて取り囲むことが考えられている。例えば、Fujiwara et al.<sup>(1)</sup>はサイロ型の地下空洞における厚さ2mの外周充てん材を提案している。この外周充てん材には微少な透水係数が求められる。

ASTM D5084によれば、透水係数 $k < 1E-9m/s$ の材料に対して動水勾配 $i < 30$ とすべきことを規定しているが、外周充てん材のように非常に小さい透水係数の試験では試験効率が非常に悪い。同様の問題は一般廃棄物のクレイライナー材料の透水試験においても認識されており、Kamon & Katsumi<sup>(2)</sup>は10mm厚さの供試体に対して動水勾配 $i=342$ を適用しても良いと提案している。

また、特に粘性土に対して非常に動水勾配条件が小さい場合は非ダルシー流れとなると言われている。

本報告は外周充てん材の透水係数と動水勾配との関係について、室内透水試験により調べた実験結果である。

### 2. 低動水勾配透水試験方法

図 - 1 および図 - 2 に今回実施した低動水勾配透水試験装置の概念図を示す。供試体の大きさは  $300 \times H200$  の円柱型である。従来の透水試験の供試体と比較するとかなり大きなものである。これは以下の理由による。a. 供試体内の微少な通過流量を対象とするため、断面積を大きくする必要がある。b. 低動水勾配条件となるためには供試体の高さ（長さ）を大きくする必要がある。また、上記 a. の理由により水位変化を計測するために供試体と接続されるスタンドパイプは、内径0.18cmのものを用いた。

試験条件を以下に整理する。

- ・ 供試体 : ベントナイト混合土 (B/S+B=20%)  
乾燥密度 $1.74t/m^3$  (初期含水比:18%)
- ・ 初期水頭差 : 約1.2m (初期動水勾配 : 約6)
- ・ 室内温度 : 20 (一定)
- ・ 蒸発量測定 : 別途スタンドパイプにて計測

なお、同一の配合条件でのベントナイト混合土に対する加速型の透水試験方法 (供試体長さ : 10cm、水頭差 : 6~14m、動水勾配 : 60~140) により得られた透水係数は $7.7E-12 \sim 3.6E-11(m/s)$ の範囲を示し、平均値は約 $1.0E-11(m/s)$ であった。

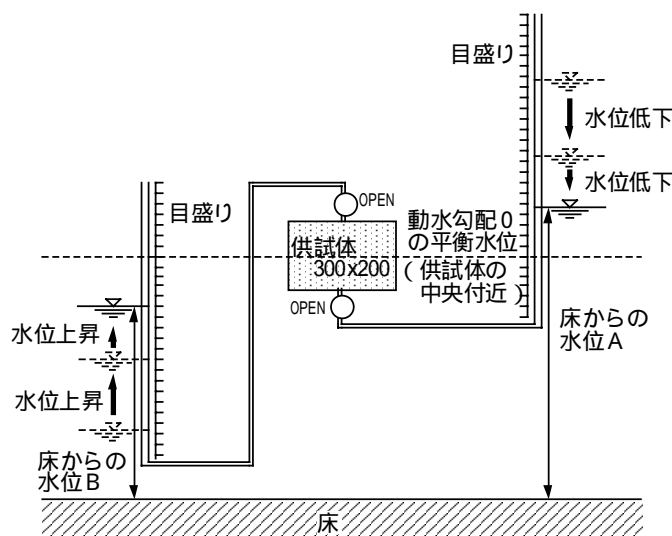


図 - 1 低動水勾配透水試験装置概念図

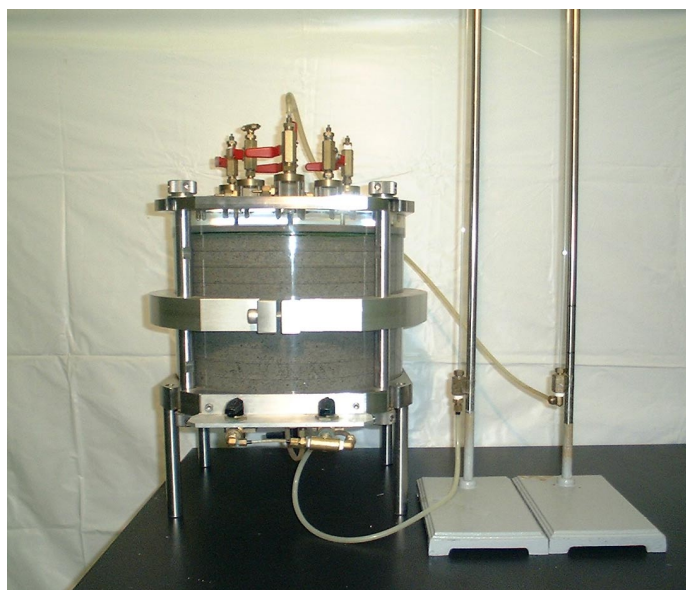


図 - 2 透水試験装置

キーワード : 人工バリア, ベントナイト, 透水試験, 室内試験, 動水勾配, ダルシー則

〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL(03)3820-5476, FAX(03)3820-5959

3. 試験結果と考察

図 - 3 に透水試験結果となるスタンドパイプ水位と動水勾配の時間変化を示す。

図 - 3 より以下のことがわかる。

- ・ 流入側（水位低下）の水位変動において、局所的に水位が上昇する現象が見られた。
- ・ 流出側（水位上昇）の水位変動は、ほぼ単調に上昇している。
- ・ スタンドパイプからの蒸発量は小さいが、試験終了時（動水勾配0時）の水位は、初期平衡水位と比較して約 17cm 分 (0.43cm<sup>3</sup>) 少ない。これは供試体内部に貯留されたと考えられる。

図 - 3 の結果から、通常の変水位透水試験の場合と異なり、供試体内への流入流量 Q、計測時間間隔 t での平均動水勾配 i から、ダルシー則に基づいて算出した透水係数と動水勾配の関係を図 - 4 に、動水勾配とダルシー流速の関係を図 - 5 に示す。

図 - 4 より、動水勾配が 1.2 以上の場合は透水性のバラツキが比較的小さく、ほぼ透水係数値が 1.0E-11(m/s) の値となっており、加速型の透水試験（動水勾配 60 以上）結果と同じであることがわかる。

逆に、動水勾配の小さい領域では 2 オーダー程度のバラツキが認められる。本試験方法では、動水勾配が 1.2 より小さい領域での透水性評価の信頼性は低いと考えられる。

図 - 5 より、流速と動水勾配はほぼ直線関係にあると考えられるが、バラツキの要因は非常に小さいダルシー流速（1cm/y 未満）と測定精度によるものと思われる。

なお、供試体内での貯留現象が認められたが、供試体の全体積（約 14,000cm<sup>3</sup>）の 0.003% であり、非常に小さいと判断し無視した。要因としては供試体が大いことによるベントナイトの膨潤に伴うモールドの膨張等が考えられるが、明確ではない。

4. おわりに

ここではベントナイト混合土に対する低動水勾配条件下での透水性について室内透水試験を行った結果、動水勾配が約 1.2 以上の場合は動水勾配によらずほぼ一定の透水係数を得られること、すなわちダルシー則が成立していることがわかった。さらに小さい動水勾配条件の場合については試験方法の工夫が必要である。

参考文献

- (1) Fujiwara et al. : '93 Inter. Conf. On Nuclear Waste Management And Environmental Remediation, 1993.
- (2) Kamon & Katsumi : Clay liners for waste landfill, Proc. IS-SHIZUOKA 2001, pp29-45.

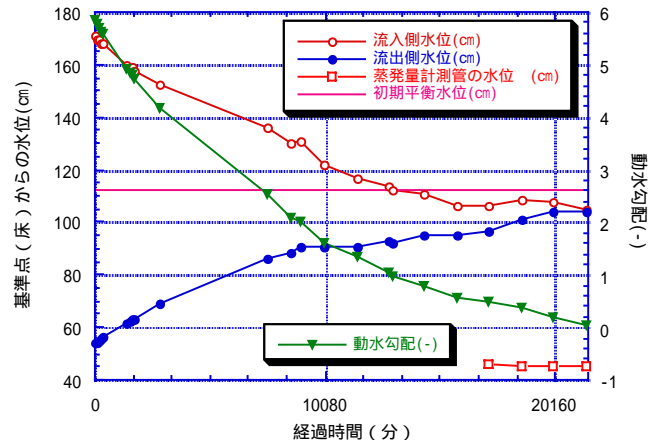


図-3 低動水勾配条件下の室内透水試験結果

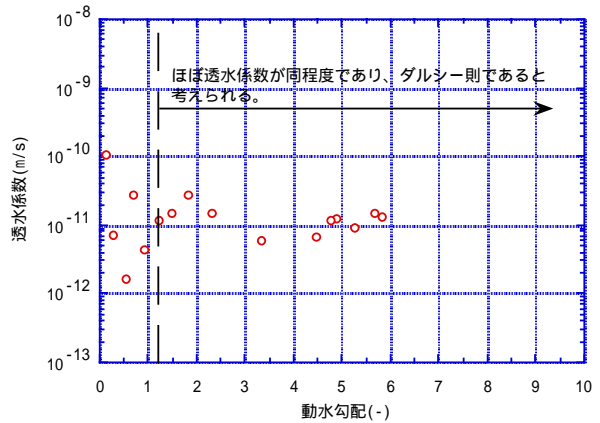


図-4 動水勾配と透水係数の関係

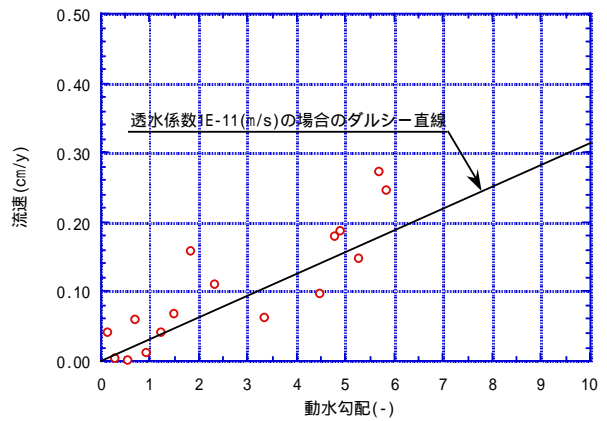


図-5 動水勾配とダルシー流速の関係