

II-461

ベントナイトの間隙率と有効間隙率の比較

清水建設(株) 技術研究所 正会員 井伊博行
 クミネ工業(株) 土木営業部 杉山博道
 清水建設(株) 技術研究所 大塚義之
 清水建設(株) 原子力本部 堀江芳博

1. はじめに

放射性廃棄物の地層処分において、ベントナイトが廃棄物容器周辺や処分坑道の充填材として期待されている。また、そのバリア性能の一つである物質移行の速度を評価する上で、間隙率は流速に直接影響を与えるため、非常に重要なパラメータである。しかし、水はすべての間隙を一通り通るものとはかぎらず、水みちとなる部分とそうでない部分があり、実際には水みちの占める割合である有効間隙率が重要となる。そこで、本研究では、ここで、新しく提案したトレーサを用いた透水試験による有効間隙率と水銀圧入法による間隙率、ベントナイトの真比重を測定し試算して得られる間隙率との比較検討を行う。

2. 試験方法

1) トレーサ試験

図-1に示すように、トレーサを用いた透水試験を行い、漏水液の濃度変化から解析（図-2）により、実流速を求め、その時の漏水量、試料の断面積との関係から有効間隙率を求める。

まず、チッソガスにより純水を試料に通水させ、十分に飽和させる。試料の大きさは、長さ2cm、直径5cmである。次に、純水の通水を断ち、直ちにトレーサ水溶液を通水させ、その時の漏水量（単位時間あたりの流量）が一定になるように圧力を調整し、漏水液のトレーサ濃度を測定する。トレーサとしては、非吸着性の Cl^- 、 Br^- を用いており、ベントナイトに対しての吸着性を調べるためにバッチ試験を行った。表-1のバッチ試験の結果に見られるように、吸着は全く見られない。

漏水液の濃度変化は、図-2に示すようになり、この結果を一次元の移流・分散を考慮した物質移動方程式を、以下の条件で解いた下式を用いて解析を行った。

初期条件 $C = 0 : t = 0, x \geq 0$

境界条件 $C = C_0 : x = 0, t \geq 0$

$C = 0 : x \rightarrow \infty, t > 0$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x - Vt}{2\sqrt{Dt}} \right) \right\} + \frac{1}{2} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x + Vt}{2\sqrt{Dt}} \right) \right\} \exp \left(\frac{Vx}{D} \right)$$

C_0 : 初期濃度, erf : 誤差関数, C : 間隙水中トレーサ濃度, t : 時間, D : 分散係数, x : 座標, V : 平均間隙流速

この解析により、未知数である実流速（ここでは、平均間隙流速）と分散係数を決定し、さらに、その時の漏水量と試料断面積との関係から、有効間隙率が求まる。また、トレーサ試験終了後、インクを通水させ、水みちの確認を行った。

2) 水銀圧入法

水銀圧入法により、間隙径の分布を測定した。試料はトレーサ試験を行った試料を液体チッソで凍結させ、その後、凍結真空乾燥させる。これは、常温で自然乾燥させると著しい収縮が起こるので、これを防ぐためである。乾燥を充分に行った後、水銀圧入式ポロシメータで間隙率の分布を測定する。なお、この試験装置の測定範囲は、約 $1 \times 10^{-6} \sim 0.1 \text{mm}$ までである。

3) 真比重測定

真比重測定は、ここでは、JIS A1202に準じて行った。

3. 試験結果

1) トレーサ試験

図-2に漏水液の濃度変化と破過曲線を、表-2に有効間隙率測定の結果を示す。試験条件としては、乾燥密度を 1.5g/cm^3 に固定し、漏水量を $5.0 \times 10^{-4} \sim 1.6 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{sec}$ まで変化させた。その結果、有効間隙率は $13 \sim 23\%$ となり、トレーサの種類の違い（ Cl^- 、 Br^- ）は見られなかった。

インクを通水させ、下からインクが出た直後に試料を取り出すと、インクは全体を染めておらず、数箇所のよく色の染った部分と全く染っていない部分に分れた。

2)水銀圧入法

図-3に水銀圧入法によるベントナイトの間隙径の分布を示す。この結果、インクの通った部分（水みちの部分）と通らなかった部分も、間隙径の分布に大きな違いは見られず、約0.1mm以下の間隙率は40%である。また、間隙径の多くは0.001mm前後である。

3)真比重の測定

真比重の測定結果は2.61で、これを用いて試料の体積、試料の重量から、間隙率を試算すると、43%になる。これは、全間隙率に相当するものと考えられる。

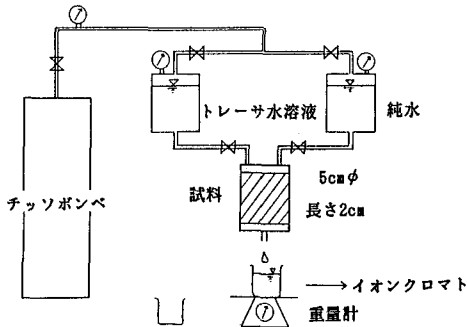


図-1 トレーサ試験全体図

4. まとめ

以上の結果から、この条件では水みちには偏りが見られ、水は試料全体を一樣に流れておらず全間隙の1/2~1/3（有効間隙率としては13~23%）しか流れていない。また、水みちの部分とそうでない部分とでは約0.1mm以下の間隙率には、著しい違いは見られなかった。このことから、試料のわずかの条件の違いが偏った水みちを形成させるものと考えられる。

5. 参考文献

井伊博行、堀江芳博：ベントナイト中での有効間隙率測定の検討、日本原子力学会年会要旨集、1990年

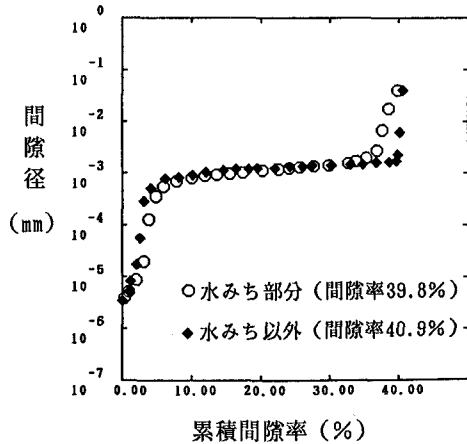


図-3 水銀圧入法による間隙径の分布

C/C0

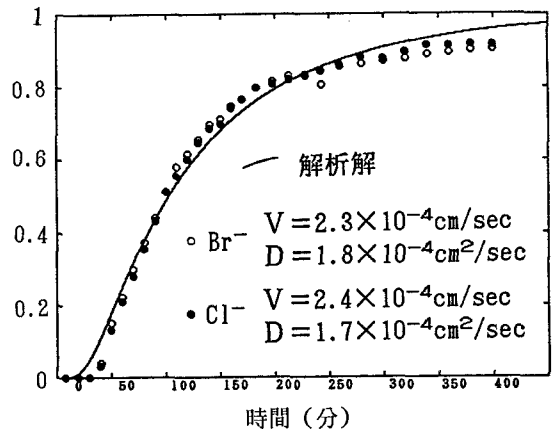


図-2 漏水液の濃度変化と解析結果

表-2 有効間隙率と他のパラメータの関係

NO	配合比 V : S	乾燥密度 ρ (g/cm ³)	漏水量Q (cm ³ /sec)	トレーサ	実流速 V (cm/sec)	有効間隙率 θ (%)	分散係数D (cm ² /sec)
4	1 : 9	1.5	5.0×10^{-4}	Cl ⁻	1.1×10^{-4}	23	5.0×10^{-5}
6			6.1×10^{-4}	Cl ⁻	1.7×10^{-4}	18	2.2×10^{-4}
10			5.8×10^{-4}	Cl ⁻	2.4×10^{-4}	13	1.7×10^{-4}
				Br ⁻	2.3×10^{-4}	13	1.8×10^{-4}
7			1.6×10^{-3}	Cl ⁻	6.1×10^{-4}	13	7.7×10^{-4}

表-1 パッチ試験結果

固液比(S/L)		1/20	1/40	1/100	1/200
Kd (cm ³ /g)	Cl ⁻	0	0	0	0
	Br ⁻	---	0	0	---
1/20, 1/200: Cl ⁻		1200ppm(4日後)			
1/40, 1/100: Cl ⁻		195ppm(5日後)			
		Br ⁻ 180ppm(5日後)			

表-3 間隙率の比較

全間隙率	水銀圧入法	有効間隙率
43%	40%	13~23%