

ベントナイトの初期含水比が飽和膨潤特性に及ぼす影響

(財) 原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○林 秀郎, 朝野英一
 (株) 大林組 正会員 高橋真一, 志村友行
 東洋エンジニアリング (株) 廣田 謙

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設内で発生する可能性があるガスの移行挙動の評価には、既往研究成果に基づくガス移行現象の理解とともに、想定される人工バリア材料に対する基礎的なデータの取得・拡充が重要である。人工バリア構成材料（ベントナイト）のガス移行特性の評価においては、室内試験を通じた基本的な二相流パラメータの取得と、それらの試験条件に対する影響の評価が必要となる。ベントナイトの飽和には長時間を要することから、室内試験では比較的厚さの薄い供試体を用いて飽和膨潤を完了させ、ガス移行試験を進めることが多いが、供試体の寸法の影響等、実施で想定される移行挙動を十分に反映されているかについての確認も重要となる。

これらの確認、評価のためには十分なデータの拡充が必要であるが、飽和膨潤に要する時間の長さが大きな制約条件の1つになっている。

上記のような観点から、供試体の初期含水条件に着目して膨潤圧密試験を行い、飽和膨潤期間への影響に対する検討を行った結果を以下に示す。

2. 供試体の初期含水条件の影響

図 - 1 は、30%ケイ砂混合のクニゲル V1、乾燥密度 1.6Mg/m^3 を対象に、二相流・力学連成解析を用いて供試体の初期含水状態と飽和の所要時間の関係を検討した際の解析例¹⁾である。図の解析結果は供試体厚さ 20cm の場合の飽和解析の結果であるが、飽和に要する時間は初期飽和度($Sr0$) が大きいほど、また注水圧力が大きいほど、時間が短縮される傾向が示されている。

一方、図 - 2 は、異なる乾燥密度と初期飽和度の供試体を用いて飽和膨潤試験を行った場合に発生する平衡膨潤応力の調査結果²⁾である。図によると、初期飽和度が大きいほど平衡膨潤圧は低下する傾向が認められ、その影響程度については、密度が小さい方が平衡膨潤圧の変化が小さくなる傾向にある。

これらの既往の研究より、TRU 廃棄物処分施設の対象である乾燥密度 1.36Mg/m^3 の場合³⁾ には、初期飽和度を高く設定することで、力学特性に大きく影響しない範囲で、供試体の飽和期間の短縮をはかる可能性が考えられる。

以下に二相流・力学連成解析で用いるパラメータの信頼性の確認を含めて、実際に含水条件を変えた供試体を用いて、圧密膨潤試験を実施した。

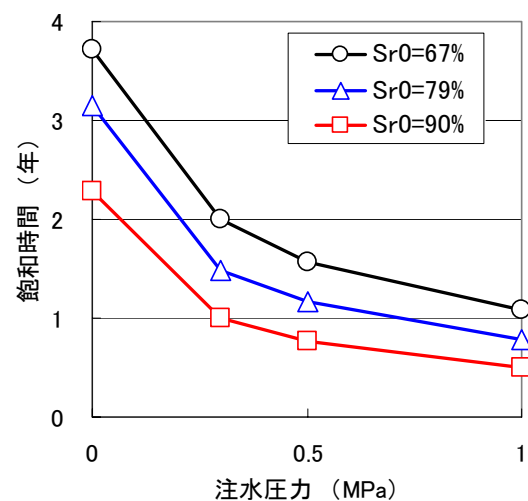


図 - 1 二相流解析による初期飽和度($Sr0$)と完全飽和期間¹⁾ (供試体厚さ 20cm)

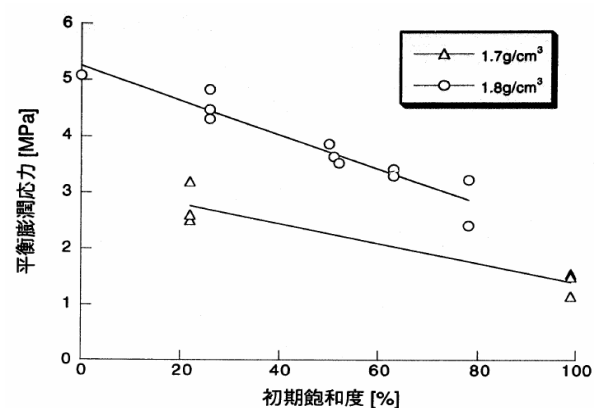


図 - 2 初期飽和度と平衡膨潤圧²⁾

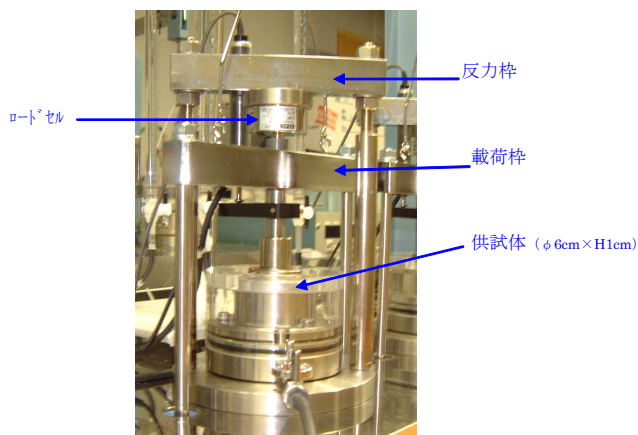


写真 - 1 膨潤圧密試験装置

表 - 1 供試体条件

項 目	仕 様
供試体の大きさ	φ 60mm×高さ 10mm
材 料	ベントナイト（クニゲル V1）
密 度	乾燥密度 $\rho_d=1.36\text{Mg/m}^3$
初期含水比	自然含水比～飽和度 95%相当

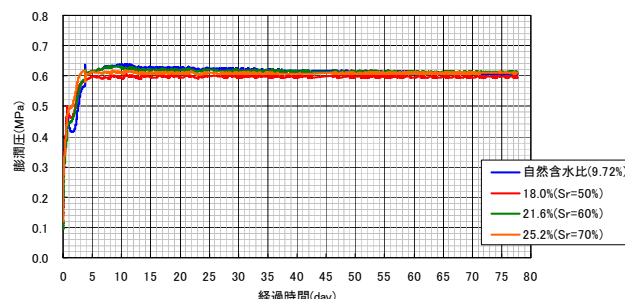


図 - 3 飽和過程における膨潤圧変化(1)

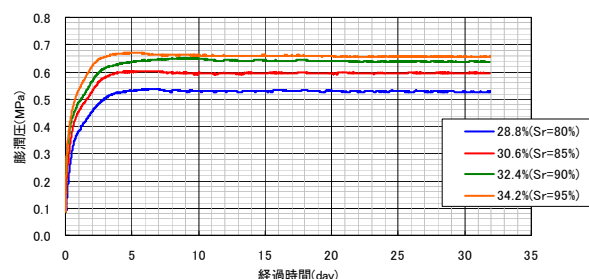


図 - 4 飽和過程における膨潤圧変化(2)

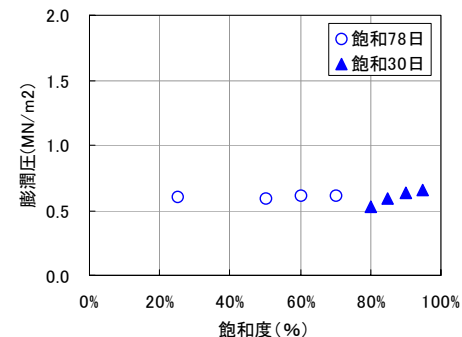


図 - 5 初期飽和度と平衡膨潤圧

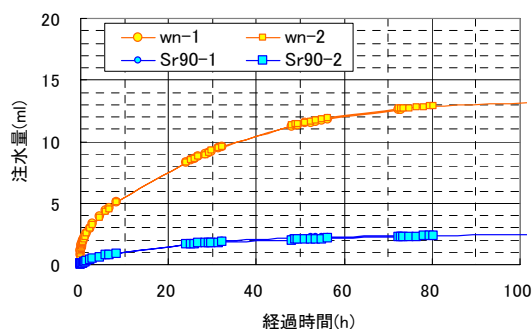


図 - 6 飽和中の給水量の変化

3. 試験方法と試験結果

表 - 1 に供試体の条件を示す。初期含水状態は、自然含水比から順次加水調整した試料を各々準備し、最大初期飽和度 95%相当の含水比まで合計 8 個の試料を、静的圧縮にて作製した後、飽和膨潤試験を行った。飽和試験は、供試体下面より給水し、給水条件としては試験時の水頭（約 50cm）のみで、加圧給水は行っていない。試験装置は写真 - 1 に示すように、標準的な圧密試験装置に载荷枠を有するもので、飽和に伴い生じる膨潤圧を供試体上部に取り付けたロードセルで計測した。

図 - 3、4 は、飽和過程の膨潤圧経時変化を示したものである。初期含水状態にかかわらず、飽和開始後 5 日程度ではば最大膨潤圧に到達し、その後大きな変化はなく平衡状態を示している。

また、図 - 5 は、初期含水比と平衡膨潤圧の関係を示したものである。初期飽和度 80%の試験結果は若干小さな値を示しているものの、その他の試験結果は、ほぼ同程度の平衡膨潤圧を示しており、膨潤特性に及ぼす初期含水比の影響が小さいことがわかる。一方、図 - 6 は飽和過程における給水量の変化(wn: 初期飽和度 27%(自然含水比)、Sr90: 初期飽和度 90%)を示した結果であり、注水量は初期飽和度 90%の方が早く定常状態に達している。

以上の試験結果から初期含水比を増加させることにより、膨潤特性に大きな影響を与えることなく、飽和を促進できる可能性が示唆された。なお、本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等 人工バリア長期性能評価技術開発」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 原環センター:「平成 19 年度 TRU 廃棄物関連処分技術 人工バリア長期性能評価技術開発 ガス移行挙動の評価」, 2008.
- 2) 鈴木, 藤田: 緩衝材の膨潤特性, JNC TN8400, 1999.
- 3) 電気事業連合会, 核燃料サイクル開発機構: TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発とりまとめ—, 2005.