

## 飽和ベントナイトのガス移行試験と寸法効果の検討

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

### 1. はじめに

TRU 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（ベントナイト、有効粘土密度  $1.36\text{Mg/m}^3$ ）に対する基礎的なデータの取得・拡充が重要である。既往の研究として、藤山ら<sup>1)</sup>は、国内外の既往の研究に対して、各々の試験材料の膨潤特性の違いを考慮するために、各供試体の破過圧を膨潤圧で正規化した値と供試体の破過圧の関係を整理し、供試体厚さが大きいほど破過圧が大きくなる傾向を示したが、厚さ  $100\text{mm}$  の供試体の試験結果がその傾向と異なる点より、十分な飽和の必要性和さらなるデータの蓄積が必要であることを述べている。

国内での既往のガス移行試験の事例が少ないとの観点から、著者らは既往の研究を参考に想定される条件下における独自のガス移行特性試験データの取得を目指し、これまでにいくつかの知見を示した<sup>2),3)</sup>。本検討では、飽和ベントナイト供試体のガス移行試験の追加検討を進め、特性試験の再現性を確認するとともに、寸法効果について検討を進め、得られた知見について示した。

### 2. 試験方法

表-1 に試験条件を示す。供試体寸法は、 $\phi 60\text{mm} \times h50\text{mm}$ 、および  $\phi 60\text{mm} \times h25\text{mm}$  で合計 3 試験である。図-1 にガス移行試験のカラム試験体の概要<sup>3)</sup>を示す。試験体容器は下部載荷板、供試体モールド、上部載荷板で構成される。注水とガス注入は供試体下部より行った。下部載荷板にはロードセルを設置し供試体の膨潤圧を計測した。

供試体の飽和には長時間を要し、試験データ拡充の制約条件の1つとなっている。そこで本試験では飽和時間の短縮を図るため、初期飽和度を 90% に調整した供試体を製作する方法<sup>3)</sup>で試験を進めた。高さ  $50\text{mm}$  の供試体は 5 層に、高さ  $25\text{mm}$  の供試体は 2 層に分けて静的圧縮整形（圧縮速度  $1\text{mm/min}$ ）し、各層  $0.55\text{MN/m}^2$  程度の荷重応力で所定密度に達した。

### 3. 試験結果

図-2,3 は、飽和膨潤過程の注水压、注水量の変化である。飽和状態は、供試体飽和に必要な注水量、排水側(上部)ポーラスメタルの間隙への注水量、ポーラスメタル上面の排水量より確認した。注水時間短縮のため最大注入圧到達を Case2,3 では早くしたことで注水量の経時変化に差が現れているが、今回の供試体の飽和時期は既往の試験結果<sup>3)</sup>と同様に注水量が定常化した時期とほぼ等しいと考えられる。また供試体下部で計測された膨潤圧は  $0.5\text{MPa}$  で、既往の研究<sup>3)</sup>と同様の結果を示した。

表-1 試験条件

| 項 目     | 仕 様                                                                                                                                 |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 供試体の大きさ | Case1 : $\phi 60\text{mm} \times$ 高さ $50\text{mm}$<br>Case2 :       "       "<br>Case3 : $\phi 60\text{mm} \times$ 高さ $25\text{mm}$ |
| 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   | 32.4% (初期飽和度 90%相当)                                                                                                                 |

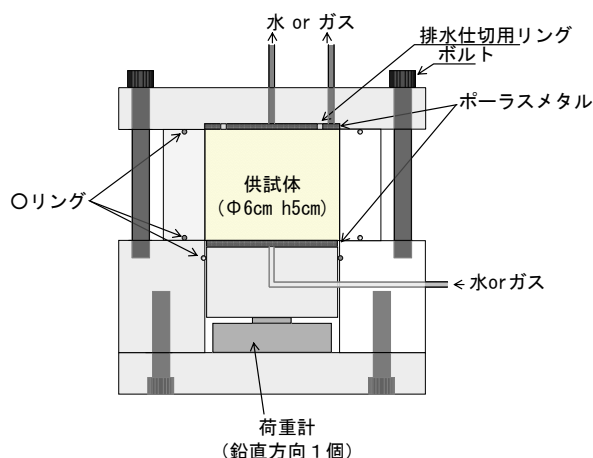


図-1 カラム試験体概要

キーワード TRU 廃棄物処分施設, ベントナイト, 飽和膨潤, ガス移行特性, 自己シール性, 可視化

連絡先 〒104-0052 東京都中央区月島 1-5-7 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター(略称 原環センター) TEL 03-3534-4543

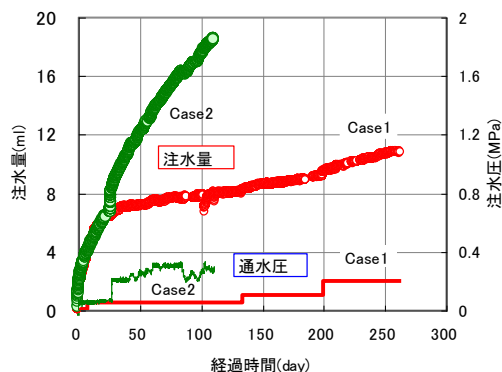


図-2 飽和過程 (Case1, Case2)

供試体の飽和後に背圧 0.1 MPa を載荷した後、ガス圧上昇速度 0.1MPa/2 日でガス注入(N<sub>2</sub> ガス)を進めた。図-4,5 は Case2 の有効ガス圧(注入ガス圧-背圧)の経時変化である。ガス注入開始から 40 日目、有効ガス圧 2.0MPa にて破過が発生した。ガス流量が急に増加し始め破過後 2 分間で急激に流量が増加する挙動が確認できた。なお、高压ガス供給装置の機能として 1000Nml/min に達した時点でガス供給が停止されたためガス流量はその後急激に低下している。

表-2 に Case1~Case3 の破過圧一覧を、図-6 は藤山ら<sup>1)</sup>が整理した膨潤圧で正規化した破過圧と供試体高さの关系到今回の試験結果を追記したものである。膨潤圧 0.5MPa よりも大きな値を示した。Case1 と Case2 は同じ供試体条件であるが、破過圧に若干の差異が生じ、膨潤圧よりも大きな範囲で破過圧に若干のバラツキが見られる可能性が伺える。供試体高さの影響は供試体高さが大きいほど破過圧が大きくなる。藤山ら<sup>1)</sup>は、供試体 50mm までは厚さが大きいほど破過圧が大きくなる傾向を説明したが、今回の TRU 放射性廃棄物処分施設を想定した材料条件においてもその傾向を示すものの、藤山らの想定した回帰曲線より若干小さな相関を示す結果が得られた。

#### 4. おわりに

本検討では、飽和ベントナイト供試体のガス移行試験の追加検討を進め、特性試験の再現性を確認するとともに、寸法効果について検討し、ガスの破過および寸法増加による破過圧の増加を確認した。なお、本報告は経済産業省から公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターが受託した「TRU 廃棄物処分技術：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) 藤山他：ベントナイト・セメント系材料のガス移行評価に関する文献調査，電力中央研究所報告 N07021, 2008
- 2) 林他：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，第 64 回土木学会，2009
- 3) 林他：飽和ベントナイトのガス移行試験とガス経路の可視化の検討，第 65 回土木学会，2010

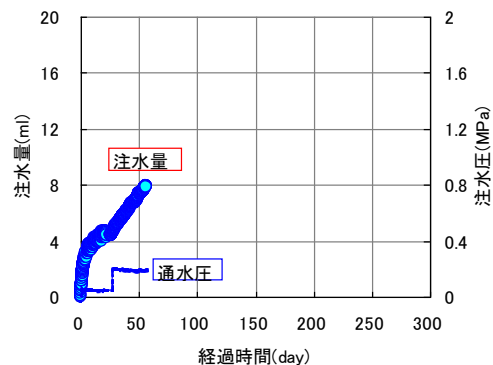


図-3 飽和過程 (Case3)

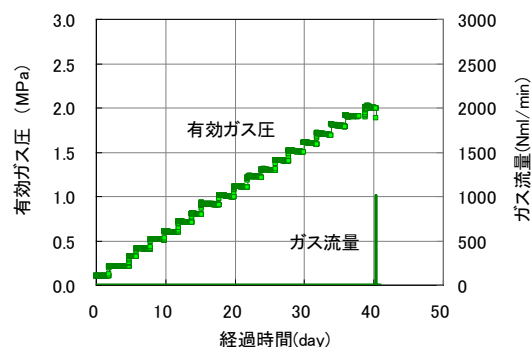


図-4 ガス移行過程有効ガス圧(Case2)

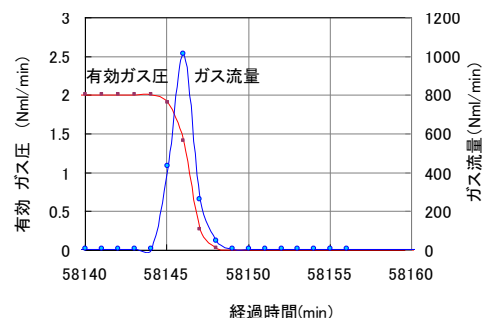


図-5 破過時のガス流量変化(Case2)

表-2 飽和過程およびガス注入過程

|       | 圧力増加条件     | 破過圧      |
|-------|------------|----------|
| Case1 | 0.1MPa/2 日 | 2.40MPa  |
| Case2 |            | 2.00MPa  |
| Case3 |            | 1.52 MPa |

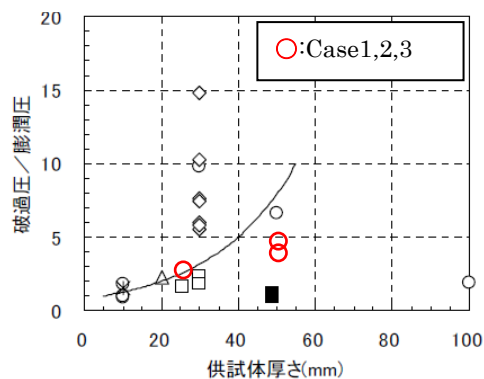


図-6 供試体高さ と破過圧/膨潤圧