

## ベントナイトクニゲル GX の基本特性試験 (その3) 膨潤変形挙動に関する検討

日本原燃(株) 正会員 伊藤 裕紀, 庭瀬 一仁  
東電設計(株) 正会員 金子 岳夫, (株)間組 正会員 千々松正和

## 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分施設における低透水層の候補材料としてベントナイトが考えられており, その基本特性の把握を行うことが必要とされている. 現場施工用として開発されたクニゲル GX<sup>1)</sup>に関して, その膨潤挙動の把握<sup>2)</sup>が行われているが, ここではさらなるデータの蓄積と供試体のスケール効果の影響に関する検討を行ったのでその結果を報告する.

## 2. 試験概要

ベントナイトの膨潤圧試験は通常, 完全拘束状態下で行われ, その時に発生する圧力の計測が行われている. しかし, 実際の処分施設においては, ベントナイトの膨潤圧に伴い周辺岩盤やベントナイト以外の構造物も変形することから, ベントナイトは完全拘束状態ではない. そのため, 本検討では変形を許容した場合の膨潤挙動を確認するとともに, クニゲル GX の膨潤圧の初期乾燥密度依存性および初期飽和度の影響についても確認を行った. さらに, 供試体のスケールが異なった際の膨潤挙動についても荷重制御膨潤変形試験(荷重を制御し一定の載荷圧状態での膨潤ひずみを測定し膨潤圧(=載荷圧)と膨潤ひずみ(膨潤後の乾燥密度)の関係を求める試験)より確認を行った.

## 3. 試験ケース

試験ケースを表-1に示す. 供試体寸法は膨潤圧試験(完全拘束状態)が 60mm×H20mm, 荷重制御膨潤変形試験が 60mm×H10mm である. また, 荷重制御膨潤変形試験に関しては, 供試体のスケール効果を確認するために, 供試体寸法が 200mm×H50mm の中規模膨潤変形試験も実施した. 写真-1には試験に使用した中規模荷重制御膨潤変形試験装置を示す. 膨潤圧試験では初期乾燥密度および初期飽和度をパラメータ, 荷重制御膨潤変形試験では制御圧力をパラメータとして試験を実施した.

表-1 試験ケース

| 膨潤圧試験 ( 60mm×H20mm ) |                                 |                | 荷重制御膨潤変形試験 ( 60mm×H10mm ) |                                 |                |                 |
|----------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| NO                   | 初期乾燥密度<br>( Mg/m <sup>3</sup> ) | 初期飽和度<br>( % ) | NO                        | 初期乾燥密度<br>( Mg/m <sup>3</sup> ) | 初期飽和度<br>( % ) | 制御圧力<br>( kPa ) |
| 1                    | 1.1                             | 50             | 1                         | 1.6                             | 85             | 400             |
| 2                    | 1.2                             | 50             | 2                         | 1.6                             | 85             | 200             |
| 3                    | 1.3                             | 50             | 3                         | 1.6                             | 85             | 100             |
| 4                    | 1.4                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 5                    | 1.5                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 6                    | 1.6                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 7                    | 1.7                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 8                    | 1.8                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 9                    | 1.9                             | 50             |                           |                                 |                |                 |
| 10                   | 1.6                             | 30             |                           |                                 |                |                 |
| 11                   | 1.6                             | 70             |                           |                                 |                |                 |
| 12                   | 1.6                             | 85             |                           |                                 |                |                 |

| 中規模荷重制御膨潤変形試験<br>( 200mm×H50mm ) |                                 |                |                 |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| NO                               | 初期乾燥密度<br>( Mg/m <sup>3</sup> ) | 初期飽和度<br>( % ) | 制御圧力<br>( kPa ) |
| 1                                | 1.6                             | 85             | 400             |



写真-1 中規模荷重制御膨潤変形試験装置

## 4. 試験結果

図-1には完全拘束状態での膨潤圧試験結果を示す. 乾燥密度は 1.1~1.9Mg/m<sup>3</sup>で初期飽和度は 0.5 である. 乾燥密度が大きくなると発生する膨潤圧も大きくなっていることが分かる. 図-2には, 乾燥密度が 1.6Mg/m<sup>3</sup>で初期飽和度が異なる供試体の試験結果を示す. 初期飽和度が低い時は, 浸潤開始直後に一旦ピークがあり, その後, 平衡に達するような挙動を示しているが, 初期飽和度が高い場合は, そのような傾向は見られない. また, クニゲル V1 で見られた<sup>3)</sup>ように初期飽和度が低いほど平衡膨潤圧が高くなるというような傾向は見られない. これはクニゲル V1 に比べてクニゲル GX の方が締め固め性は良いため, 供試体成型時のエネルギーが膨潤圧に与える影響が小さいことよ

キーワード: 放射性廃棄物処分, 低透水層, ベントナイト, 膨潤圧, 膨潤変形

連絡先: 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字野附504-22/TEL:0175-72-3305

るものと推察される。図-3には膨潤変形試験の結果得られた膨潤率(膨潤変形量/供試体の初期高さ)を示す。制御圧力が小さくなるに従い膨潤率も大きくなっていることが分かる。また、小規模試験の5倍の高さの中規模試験の結果、膨潤率は、小規模試験の膨潤率より小さくなった。すなわち、供試体のスケールが大きくなると膨潤率が小さくなることが予想され、小型の試験で実施した膨潤挙動試験の保守性を示唆する結果を得た。図-4にはクニゲルGX膨潤圧に関する既存値<sup>2)、4)</sup>との比較を示す。図中の曲線はクニゲルGXの膨潤圧の既存値および今回取得したデータから得られた近似曲線である。膨潤変形試験の結果に関しては、制御圧力を縦軸に膨潤変形後の有効粘土密度を横軸にしてプロットした。その結果、膨潤変形試験の結果得られた制御荷重と膨潤変形後の有効粘土密度の関係は、膨潤圧試験の結果得られる膨潤圧と有効粘土密度の関係と良く整合していることが分かる。

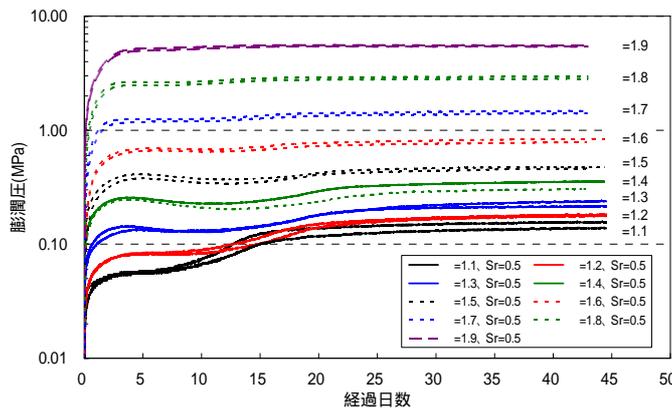


図-1 膨潤圧の密度依存性

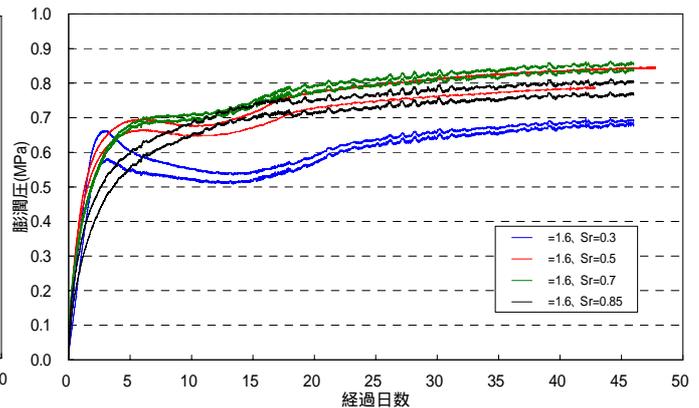


図-2 膨潤圧の初期飽和度依存性

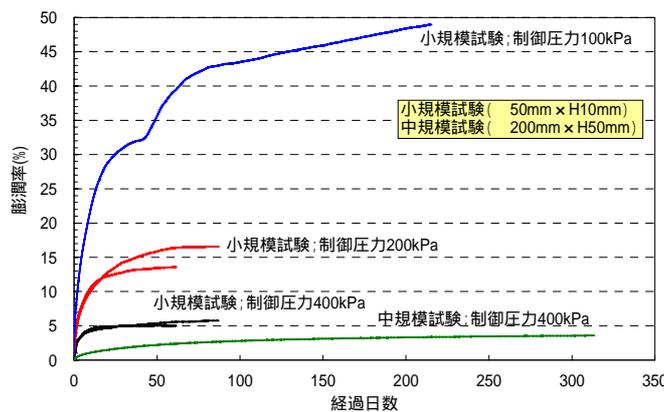


図-3 膨潤変形試験結果

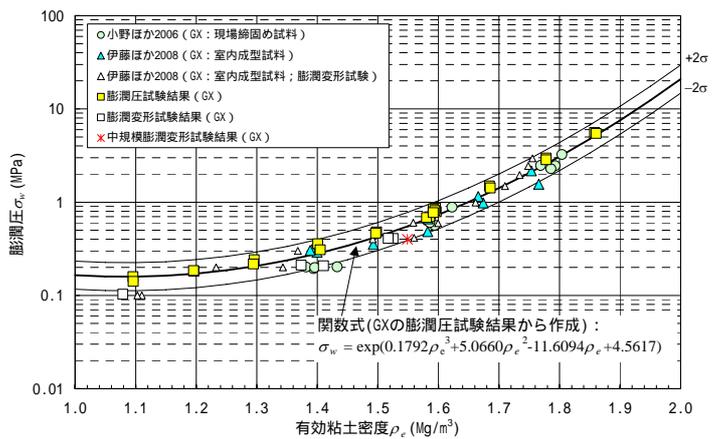


図-4 既存値との比較

5. まとめ

以上の結果得られた知見は以下の通りである。乾燥密度が1.6Mg/m<sup>3</sup>の場合、平衡膨潤圧に与える初期飽和度の影響は小さい。膨潤圧試験の膨潤圧と乾燥密度の関係と、膨潤変形試験から得られる制御圧力(拘束圧)と膨潤変形後の乾燥密度の関係はほぼ一致した。すなわち、完全拘束状態では無く膨潤に伴い変形が生じる場合(膨潤変形試験)でも、変形後の乾燥密度と膨潤圧の関係は、完全拘束状態(膨潤圧試験)で取得されたものと同様である。膨潤変形挙動に与える供試体の寸法の影響は小さいが、供試体の寸法が大きくなると膨潤率は小さくなることが予想される。既往試験結果を含めて、クニゲルGXについて有効粘土密度と膨潤圧の関係を整理した。

[参考文献] 1)伊藤ら:ベントナイト層の現場施工用材料の開発,土木学会第62回年次学術講演会講演概要集,CS5-001,2007,2)伊藤ら:ベントナイトクニゲルGXの基本特性試験(その1)膨潤挙動に関する検討,土木学会第63回年次学術講演会講演概要集,CS05-14,2008,3)鈴木・藤田:緩衝材の膨潤特性,核燃料サイクル開発機構,JNC TN8400 99-038,1999,4)小野ら:現場締固め工法における締固め層境での透水係数測定結果,土木学会第61回年次学術講演会講演概要集,CS05-059,2006