

試験条件が膨潤圧試験結果に及ぼす影響の検討

(財)電力中央研究所 フェロー会員 ○田中幸久
同 上 正会員 中村邦彦

1. はじめに

放射性廃棄物処分においては、放射性核種の移行を抑制するためなどの理由により締固められたベントナイトが用いられる。ベントナイトの膨潤圧は過大であれば周辺施設に力学的な影響を及ぼす可能性があり、過小であれば飽和後の低透水性を確保することに支障が生じる可能性がある。ところが、現存のベントナイトの膨潤圧のデータにはベントナイトの種類と乾燥密度が同一でもバラツキがある¹⁾ため、その原因を検討することは施設の設計上重要である。そこで、本報告では、ベントナイトの膨潤圧試験条件結果におよぼす試験条件のうち、給水方法の影響、初期含水比の影響、初期乾燥密度不均一性の影響について検討したので以下に報告する。

2. 試験条件と試験方法

表1、表2にそれぞれ本研究で実施した試験で使用したベ

ントナイトの基本的な性質と試験ケース一覧を示す。いずれのケースでもイオン交換水を使用した。また、図1に高さ30mmの供試体に対する試験(試験ケースNo.5a, No.5b, No.5c)に使用した装置を示す。表2における供試体高さ10mmの試験ケースにおいては、図1において3段重ねの供試体リングを1段としている。表2における試験ケースにおいて試験ケースNo.1a, No.1b, No.1cは基本ケースであり、乾燥密度はそれぞれ約1.2, 1.4, 1.6 Mg/m³、初期含水比は自然含水比、供試体高さは10mmである。また、飽和のために供試体内を一旦真空にした後に供試体の下端からイオン交換水を流入させた。試験ケースNo.2a, No.2b, No.2cは、飽和のための給水方法が飽和後の平衡膨潤圧に及ぼす影響を調べるため、基本ケースと異なり給水前に供試体内を真空にすることはせず、供試体上下端

キーワード ベントナイト, 膨潤圧, 試験条件

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所バックエンド研究センター TEL 0471-82-1181

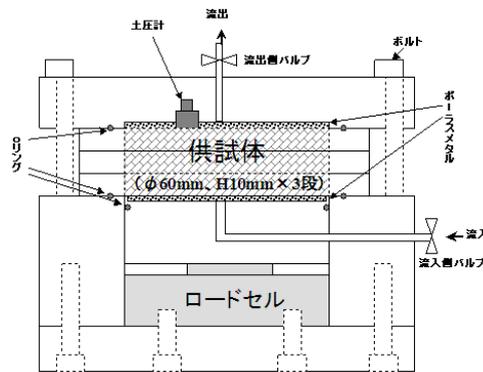


図1 膨潤圧測定に使用した装置(供試体高さ30mmの場合)

表1 試験に使用したベントナイト(クニゲルV1)の基本的性質

| | |
|----------------------------------|-------|
| 土粒子の密度 (Mg/m ³) | 2.744 |
| モンモリロナイト含有率 ^{注1)} (%) | 51.4 |
| 陽イオン交換容量 ^{注2)} (meq/g) | 1.057 |
| 交換性Naイオン量 ^{注3)} (meq/g) | 0.584 |
| 交換性Caイオン量 ^{注3)} (meq/g) | 0.424 |
| 交換性Kイオン量 ^{注3)} (meq/g) | 0.020 |
| 交換性Mgイオン量 ^{注3)} (meq/g) | 0.028 |

表2 試験ケース一覧

| 試験ケース No. | 乾燥密度 (Mg/m ³) | 初期含水比 (%) | 飽和度 (%) | 供試体高さ (mm) | 飽和のための給水条件 | 平衡膨潤圧 (MPa) |
|-----------|-----------------------------------|-----------|---------|------------|-------------------|-------------|
| No.1a | 1.217 | 11.2 | 24.5 | 10 | 供試体内真空後下端から一方向 | 0.347 |
| No.1b | 1.417 | 11.2 | 32.8 | 10 | | 0.755 |
| No.1c | 1.612 | 11.2 | 43.8 | 10 | | 2.687 |
| No.2a | 1.210 | 7.855 | 17.0 | 10 | 供試体内大気圧のまま上下より両方向 | 0.252 |
| No.2b | 1.408 | 7.855 | 22.7 | 10 | | 0.541 |
| No.2c | 1.600 | 7.855 | 30.1 | 10 | | 1.835 |
| No.3a | 1.220 | 22.9 | 50.2 | 10 | 供試体内真空後下端から一方向 | 0.442 |
| No.3b | 1.401 | 19.2 | 54.9 | 10 | | 0.769 |
| No.3c | 1.592 | 16.3 | 61.7 | 10 | | 2.137 |
| No.4a | 1.216 | 35.0 | 76.4 | 10 | 供試体内真空後下端から一方向 | 0.462 |
| No.4b | 1.389 | 27.0 | 75.9 | 10 | | 0.925 |
| No.4c | 1.617 | 21.2 | 83.5 | 10 | | 2.464 |
| No.5a | 平均 1.399 (1.593, 1.404, 1.200) | 自然含水比 | — | 30 | 供試体内真空後下から一方向 | 0.605 |
| No.5b | 平均 1.593 (1.683, 1.594, 1.501) | 自然含水比 | — | 30 | | 2.191 |
| No.5c | 平均 1.598 (1.788, 1.600, 1.406) | 自然含水比 | — | 30 | | 2.128 |

面から同時にイオン交換水を流入させた。

試験ケース No. 3a, No. 3b, No. 3c, No. 4a, No. 4b, No. 4c は供試体作成時の含水比（初期含水比）が飽和後の平衡膨潤圧に及ぼす影響を調べたものである。試験ケース No. 3a, No. 3b, No. 3c では供試体作成後の初期飽和度が 50%~60%程度，試験ケース No. 4a, No. 4b, No. 4c では供試体作成後の初期飽和度が 75%~85%程度となるように初期含水比を調整した。

試験ケース No. 5a, No. 5b, No. 5c は供試体内の乾燥密度の不均一性が飽和後の平衡膨潤圧に及ぼす影響を調べたものであり，図 1 中に示す 3 段重ねのリング内のベントナイトの乾燥密度を表 2 に示すように変化させている。

3. 試験結果

図 2 は，乾燥密度と平衡膨潤圧の関係に及ぼす供試体飽和のための給水方法の影響を示したものであり，試験ケース No. 1a, No. 1b, No. 1c の試験結果と試験ケース No. 2a, No. 2b, No. 2c の試験結果を比較して示している。供試体内を大気圧のまま，供試体上下端から給水した方が平衡膨潤圧が小さく，その差は乾燥密度が大きくなるほど大きい。ただし，既往の文献の膨潤圧測定結果¹⁾では，同一種類，同一乾燥密度でもベントナイトの膨潤圧は 2~3 倍のバラツキがあるが，図 2 の結果だけでそのバラツキを説明することは困難である。

図 3 は，平衡膨潤圧に及ぼす初期飽和度の影響を乾燥密度毎に示したものである。今回試験を実施した範囲では平衡膨潤圧に及ぼす初期飽和度の影響は小さい。一方，鈴木・藤田(1999)が，乾燥密度 1.7Mg/m³ならびに 1.8 Mg/m³のクニゲル V1 に対して実施した試験結果によれば，初期飽和度が大きいほど飽和後の膨潤圧は小さい。両者の試験結果の差の原因は，クニゲル V1 の乾燥密度の差にあると思われる。

図 4 は，供試体作成時の供試体内の乾燥密度の不均一性が飽和後の平衡膨潤圧に及ぼす影響を調べた結果である。平均乾燥密度が一定の場合，供試体内の乾燥密度が不均一な場合の方が平衡膨潤圧はやや小さくなる傾向があるが顕著でない。いずれにしろ，図 4 の結果だけで既往の文献の膨潤圧測定結果¹⁾のバラツキを説明することは困難である。

4. まとめ

試験条件が平衡膨潤圧に及ぼす影響を調べた結果，給水方法と供試体内の乾燥密度不均一性が平衡膨潤圧に影響を及ぼしていることがわかった。しかし，影響程度から判断して，それらの要因だけで既往の文献の膨潤圧測定結果バラツキを説明することは困難である。

参考文献 1) 例えば，(社)土木学会(2008)：余裕深度処分安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方，p. 268. 2) 鈴木・藤田(1999)：緩衝材の膨潤特性(研究報告)，核燃料開発機構東海事業所，JNC TN8400 99-038.

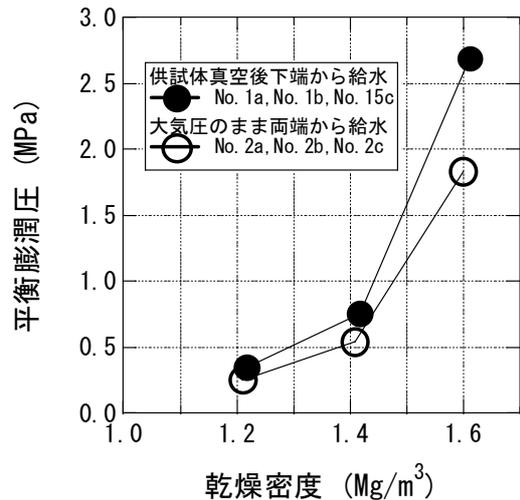


図 2 乾燥密度と平衡膨潤圧の関係に及ぼす供試体飽和のための給水方法の影響

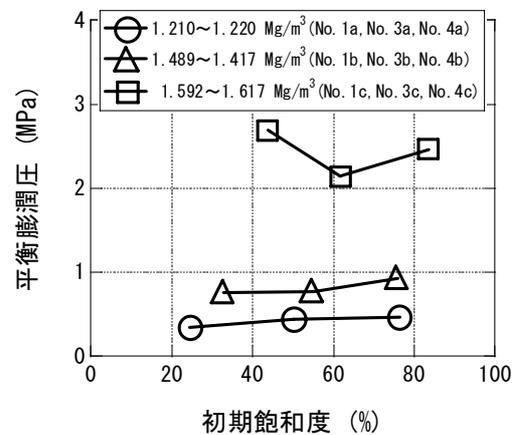


図 3 乾燥密度毎の初期飽和度と平衡膨潤圧の関係

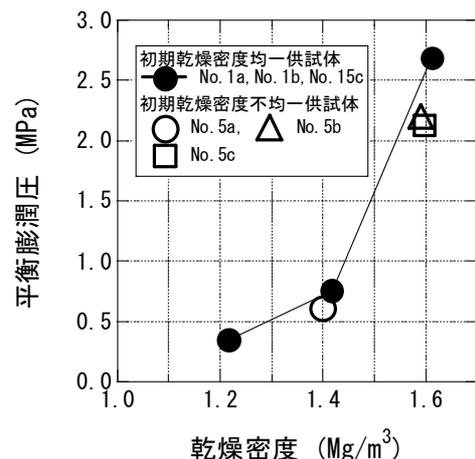


図 4 平均乾燥密度と平衡膨潤圧の関係に及ぼす供試体内の乾燥密度の不均一性の影響