

吸水過程における温度変化を考慮したベントナイト緩衝材の膨潤圧試験

福島工業高等専門学校 学生会員 ○武藤 尚樹 福島工業高等専門学校 正会員 金澤 伸一
 福島工業高等専門学校 学生会員 市川 希 福島工業高等専門学校 学生会員 小林 千莉
 福島工業高等専門学校 学生会員 柳井 正樹 西松建設(株) 技術研究所 正会員 石山 宏二

1. はじめに

我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分に於いて、廃棄体周囲に充填する緩衝材の主原料として、著しい吸水膨潤性と難透水性を有する粘土であるベントナイトが選定されている。処分期間中、緩衝材にはガラス固化体の崩壊熱による高温影響が長期にわたり作用するため、温度変化を考慮したベントナイトの膨潤特性の解明が必要である。そこで、本研究では、温度変化を考慮したベントナイトの膨潤圧試験を実施した。さらに、ベントナイトと一般的な粘土鉱物の膨潤特性の比較として、カオリンを用いた同様の試験を実施した。

2. 試験条件

表-1 に試験条件を示す。試料は Na 型ベントナイト(クニゲル V1)、珪砂(東北珪砂 8 号)、カオリン(No.5 カオリンクレー)を用い、各試料の土粒子密度はそれぞれ 2.606g/cm^3 、 2.702g/cm^3 、 2.750g/cm^3 であった。

表-1 試験条件

試料	ベントナイト・珪砂混合(7:3)			カオリン	
試験水	イオン交換水				
乾燥密度	1.6Mg/m ³				
温度	30°C	60°C	90°C	60°C	90°C
含水比	9.20%	8.44%	6.95%	0.54%	0.77%
飽和度	37.47%	34.38%	28.75%	2.06%	2.93%
初期鉛直圧	81.20kPa	82.83kPa	82.83kPa	77.95kPa	89.32kPa

3. 試験方法

試験機概略図を図-1 に示す。本研究では、ベントナイト供試体およびカオリン供試体を用いて、温度変化を考慮した膨潤圧試験を実施した。温度の設定は、我が国における緩衝材の制限温度である 100°C 以下における緩衝材の膨潤挙動の把握を目的として、試験水(イオン交換水)に 100°C 以下の温度変化を与えることとした。試験手順を以下に示す。

はじめに、電子レンジ法を用いて、試料の初期含水比の測定を行った。試料をモールドに投入し、油圧ジャッキを用いた静的締固め(8MPa, 10 分間)によって、直径 28mm、高さ 10mm の円柱供試体を圧縮成型した。供試体作製後、フィルター材として、ポーラスメタルおよ

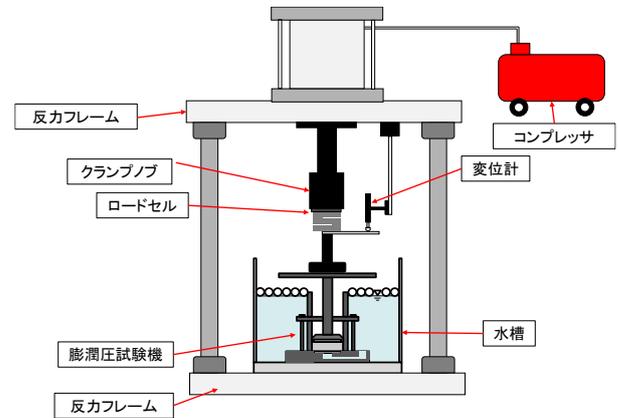


図-1 膨潤圧試験機

びメンブレンフィルターを供試体上下に取り付け、モールドを上下のペDESTAL に固定した。さらに、試験機上部の鉛直変位をクランプノブで固定し、この時点で生じた鉛直圧を初期鉛直圧とした。今回の試験では、初期鉛直圧は 77~90kPa の範囲にあった。その後、目標温度に管理したイオン交換水を供試体下端から給水し、試験を開始した。温度管理には、温水循環装置を用いた方法と、熱電対とヒーターを用いた方法の二種類を用いた。試験開始後、平衡膨潤圧に至るまで鉛直圧、変位を測定した。試験終了後、供試体を高さ 2mm ごとに切り分け、炉乾燥法で含水比を測定した。

4. 試験結果

以下に、ベントナイト供試体およびカオリン供試体を用いた、膨潤圧試験結果を示す。図-2 より、いずれの条件においても、温度の上昇に伴い、膨潤圧が増加する傾向がみられた。児玉らが行った、ベントナイト供試体を用いた膨潤圧試験においても、温度上昇に伴う膨潤圧の増加が報告されている。ベントナイト供試体の温度上昇に伴う膨潤圧の増加は、温度上昇に伴う拡散二重層の拡大および浸透圧の増加によるものと考えられる。さらに、温度上昇による水の粘性低下によって、透水係数が向上し、膨潤圧の増加につながると考えられる。また、カオリン供試体の試験結果におい

キーワード 地層処分, ベントナイト, カオリン, 膨潤圧試験

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 番地 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0827

でも、ベントナイト供試体と同様に、温度の上昇に伴い、膨潤圧が増加する傾向がみられた。カオリン供試体における温度上昇に伴う膨潤圧の増加には、温度上昇による透水性の向上が影響していると考えられる。今回の試験結果では、温度の上昇に伴い、膨潤圧が増加する傾向がみられたが、図-3より、平衡膨潤圧は、60°Cと90°Cの差がわずかであった。このことから、ある温度を超えると、温度の上昇に伴う膨潤圧の増加傾向が緩やかになり、膨潤圧が一定値に近づく可能性があると考えられる。

ここで、図-4に示す膨潤圧の経時変化をみると、ベントナイトの膨潤圧は、初期のピーク発現後、減少または平衡し、その後再び増加する傾向があることがみてと

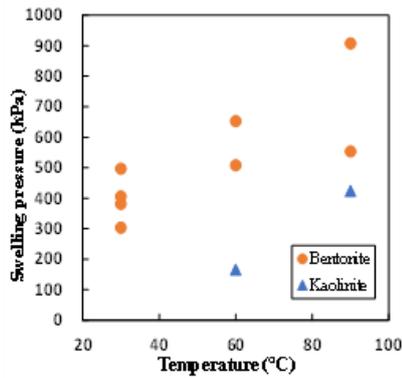


図-2 温度-最大膨潤圧関係

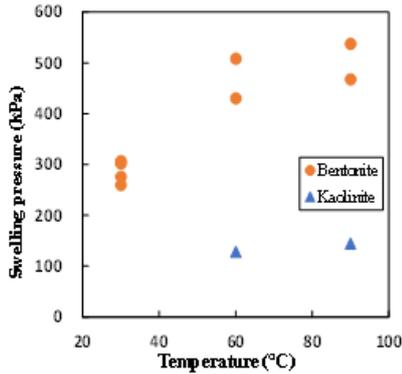


図-3 温度-平衡膨潤圧関係

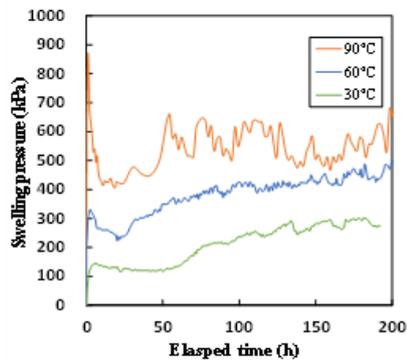


図-4 膨潤圧の経時変化
(ベントナイト供試体)

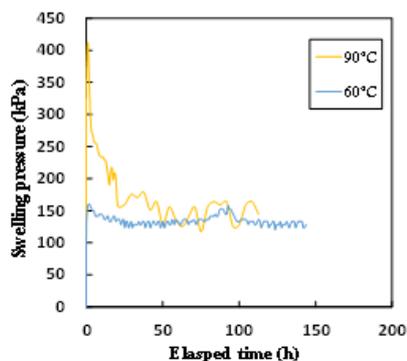


図-5 膨潤圧の経時変化
(カオリン供試体)

れる。このような膨潤圧の発生過程は、既往の研究においても幾つか報告されており、小峯ら²⁾は膨潤圧発生のメカニズムについて、間隙中へ膨潤変形する際に生じる抵抗力相当の圧力と、間隙を充填した後に生じるモンモリロナイト結晶層間への水の移動によるベントナイト固有の膨潤圧の発現に時間差が生じることにより、2つのピークが測定されたと考察している。この傾向は、図-5に示すカオリンの試験結果ではみられなかった。各粘土の異なる点として、両者の結晶構造の違いが挙げられる。今回用いたNa型ベントナイトの主成分であり、膨潤性などの特徴を決定づけるモンモリロナイトは、2:1型構造の層間に陽イオンを有しており、層間への浸透圧による水和反応により膨潤変形する。これに対し、カオリンの結晶構造は1:1型構造であり、さらに4面体シートと8面体シートが電氣的に引き付けられることで安定しているため、結晶層間への間隙水の浸透が生じにくい。膨潤圧の経時変化における初期の膨潤圧の発現は、供試体間隙への水の浸透による間隙水圧の増加と、膨潤変形により間隙を充填する過程で発生する反力によるものと考えられる。ベントナイトのみにみられた第2の増加過程は、モンモリロナイト結晶層間への水の浸透によるベントナイト特有の膨潤変形が生じることによるものと考えられる。

5. まとめ

本研究より得られた知見を以下にまとめる。

- 1) ベントナイト、カオリンともに、温度の上昇に伴い、膨潤圧が増加する傾向がある。
- 2) 60°Cと90°Cの平衡膨潤圧の差が小さかったことから、平衡膨潤圧は、ある温度を超えると一定値に近づく可能性がある。
- 3) 膨潤圧の経時変化における第2の増加過程はベントナイト特有の膨潤によるものと考えられる。

参考文献

- 1) 児玉潤, 足立格一郎, 田邊亮, 鈴木絵理子, 山元茂弘: ベントナイト・珪砂混合試料の高温環境下での膨潤特性, 土木学会論文集 No.764/III-67, pp.319-328, 2004.
- 2) 小峯秀雄, 緒方信英, 西好一: 高レベル放射性廃棄物地層処分のための緩衝材の力学特性(その1) - 締固めたベントナイトの吸水膨潤メカニズムの実験的検討 -, 電力中央研究所報告, U92039, 1992.