

地層処分施設内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特性

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 正会員 金澤 伸一
 福島工業高等専門学校 正会員 林 久資
 福島工業高等専門学校 学生会員 武藤 尚樹
 西松建設(株) 技術研究所 正会員 石山宏二

1. 研究背景および目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分時に廃棄体の周囲を覆う緩衝材に用いられるベントナイトは、水と接触すると著しく膨潤するという性質から、施工後の再冠水によって緩衝材同士の繋ぎ目や岩盤との隙間を充填する性能が期待されている。しかしながら一方で、緩衝材は廃棄体の核種の発する崩壊熱により約 100℃もの高温に晒されることとなり、性能評価試験として、高温環境下での膨潤量を測定した報告は数少ない。そこで、本研究ではイオン交換水を用いた水槽内の温度変化を考慮した環境下での膨潤量の測定を行うことで、温度変化によるベントナイトの膨潤挙動の把握を試みた。

2. 試験方法

図-1 に膨潤試験機の模式図、表-1 に実験の初期条件を示す。試験試料は、ベントナイト(クニゲル V1)と東北珪砂 5 号を 7:3 で混合したものをを用いた。供試体の作製方法としては、混合試料をモールドに入れ、直径 60mm、高さ 20mm、乾燥密度が 1.6 (Mg/m³) となるように圧縮装置のもとで 40MPa を載荷し圧縮成型した。この際、除荷時のリバウンドを考慮し、加圧保持時間は 15 分間とした。圧縮後、供試体を膨潤試験機にセットし、温度を変化させたそれぞれの水槽内 (30℃・60℃・70℃)

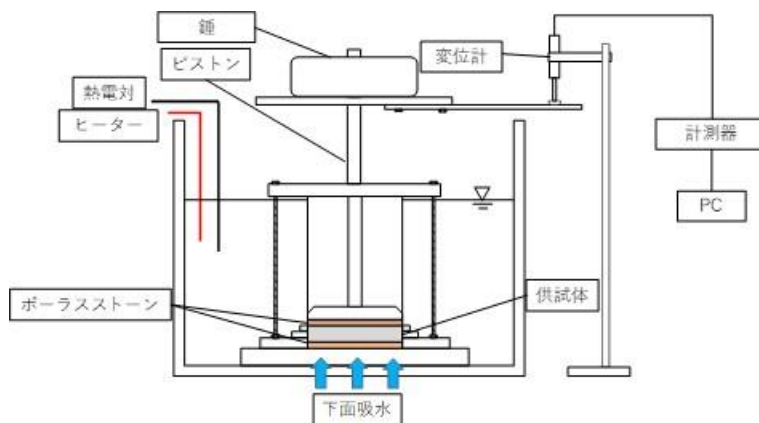


図 - 1 膨潤量試験装置模式図

表 - 1 初期条件

水質	イオン交換水
温度	30℃, 60℃, 70℃
上載荷重	3.2 kg
間隙比 e	0.744
含水比 w	6.6 (%)
乾燥密度 ρ_d	1.6 (Mg/m ³)

に沈め、膨潤量の測定をした。また変位計は最大で 1×10^{-6} mm まで測定可能なものを用いた。水温は熱電対で計測し、 $\pm 1^\circ\text{C}$ の範囲で維持されるようにヒーターによる温度制御を行った。給水は供試体下部からのみ行った。なお、本試験では膨潤量の収束を促進させるため、試験機の上部に 3.2kg の鍾を載荷した。本報告では、測定値の値が時間的变化を示さなくなった時点で計測を終了した結果を報告するが、30℃のみ試験途中の結果を示すものとする。

3. 試験結果

表-2 に温度ごとの膨潤量、図-2 に温度ごとの膨潤過程を示す。表-2 をみると、60℃と 70℃ の膨潤量にはそれほど大きな差はないことがわかる。しかし、図-2 をみると温度ごとの膨潤過程は大きく異なり、温度が高い方が初期の膨潤量の変化の傾きが大きくなる傾向が確認できる。これは、温

表 - 2 温度ごと膨潤量

温度 (°C)	30	60	70
最終膨潤量 (mm)	12.8	15.3	15.5

キーワード 地層処分, 高レベル放射性廃棄物, ベントナイト

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

度が高い環境下の方が、モンモリロナイトと水との反応が良くなることで膨潤性能が向上したこと、温度が上がるにつれ供試体内部の透水係数が大きくなったことなどが考えられる。また 30℃の傾きは、50 日目あたりで一度落ち着くが、100 日目あたりから再び膨潤し始めていることがみてとれる。つまりこれらの結果から、温度変化はベントナイトの吸水力と透水性能に大きな影響を与え、温度の高い方が早く膨潤が収束するが、最終的な膨潤量は等しくなる可能性が示唆される。

次に個々の膨潤過程について、70℃の膨潤過程をみると、40 日目までの傾きに乱れがあることが確認できる。この理由としては、まず試験中の水槽内の水頭差による影響が考えられる。70℃の水槽は高温のため、水面からの蒸発量が大きく、短時間で水位差が生じやすい。これによって、試験機下部での水頭が時間ごとに大きく変化し、供試体にかかる水圧が変化し、吸水の割合も変化してしまったと考えられる。さらに急な膨潤によって、供試体内部の構造が変化している可能性が考えられる。本試験機上部には 3.2kg の錘を載荷しており、給水は供試体下側からのみ行っている。この条件で著しく膨潤し始めた初期のモンモリロナイトは土粒子形状を変化させ、周囲の間隙の構造を変化させる。この時形成された構造が、供試体に掛かる垂直圧に耐えられなくなった時に構造が崩れ、一時的にコラプスの沈下を起こしている可能性も考えられる²⁾。また 60℃でも、50 日から 100 日の間で傾きが不安定であるため、膨潤と沈下を繰り返していた可能性がある。30℃は温度が低いため、膨潤性能がそれほど大きくならなかった。よって、間隙中をモンモリロナイトが充填し、安定した構造を形成しながら膨潤したため、沈下を起こさなかったと考えられる。

図-3 に試験後の 60℃供試体の下部から 3mm ごとの含水比分布を示す。ここでは、膨潤は水との反応によって起こることから、供試体内部の高さごとの含水比の分布から、その地点がどのくらい膨潤性能を発揮していたかを示す一つの指標となる。0mm～15mm の範囲で含水比は 90%～100%の値を示し、この範囲で膨潤性能は大きく発揮されていた可能性がある。また 15mm～27mm の範囲では高さごとにそれほど含水比に差はなく、30mm からは含水比が下がるため、これ以降は給水側の膨潤したモンモリロナイトの低透水性により、水の浸入が妨げられていたと考えられる。

4. まとめ

試験の結果、温度が高い供試体においては著しい膨潤によって、段階的にコラプスを起こしている可能性があること、温度を変化させても最終的な膨潤量は変わらずに、膨潤性能と透水性能が変化する可能性があることなどが示された。今後は試験中の水槽内の水頭の維持、異なる温度での試験、初期条件の変更など試験機の改良と試験条件を変えていくことで、本実験で示された可能性のさらなる検証を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 崔紅斌, 孫徳安, 松岡元, 徐永福: ベントナイトと砂との混合剤の一次元的な浸水変形特性, 土木学会論文集 No.764/III-67,275-285,2004.6

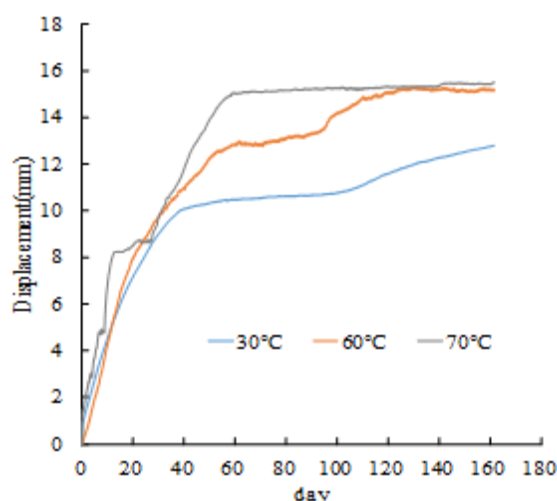


図 - 2 温度ごとの膨潤過程

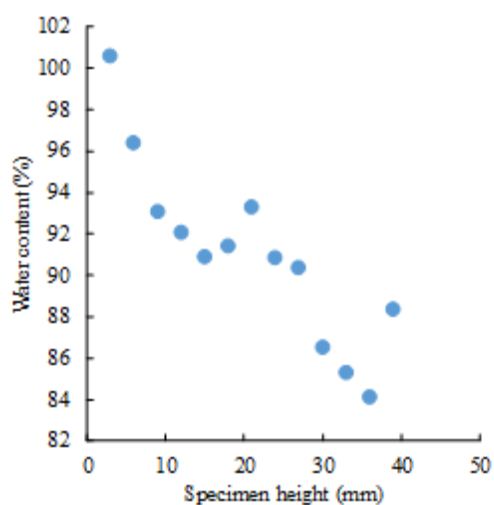


図 - 3 供試体の含水比分布(60℃)