

温度変化を考慮した各種ベントナイトの実験的検討

福島工業高等専門学校 学生会員 ○五十嵐遼馬
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 柳井正樹

1. はじめに

現在，核燃料サイクルの過程で発生する高レベル放射性廃棄物の処分方法として，地下 300m 以深への地層処分が選定されている．地層処分において，廃棄物と岩盤との間を充填する緩衝材の主原料には著しい吸水膨潤性と難透水性を有するベントナイトが使用され，施工性や経済性の観点から第二次取りまとめ¹⁾において，珪砂を混合することが選定されている．また，地層処分施設ではガラス固化された高レベル放射性廃棄物の発熱によって緩衝材が高温に晒される．一方で，地層処分に使用する緩衝材は膨大な量となるため，原子力発電環境整備機構 NUMO(ニューモ)の事業計画²⁾のもと，国内産および海外産の 6 種類のベントナイトが緩衝材候補として選定されている．しかしながら，現在までに国内産ベントナイト以外の試験事例は限られた条件にとどまっており，調査解析等の更なる実験的検討が必要である．そこで本研究では，各種ベントナイトの温度変化の影響による強度特性を把握するため，温度変化に伴う一軸圧縮試験を行う．

2. 試験方法

表 1 に実験の初期条件を示す．試験試料は，クニゲル V1（国内産）とボルクレイ（アメリカ産）の 2 種類のベントナイトと珪砂 5 号（粒径 0.3mm～0.8mm）を 7:3 で混合したものを使用した．このとき，それぞれの土粒子密度は，クニゲル V1 が 2.61Mg/m³，ボルクレイが 2.84Mg/m³，珪砂 5 号が 2.62Mg/m³であった．写真 1 に試験時の様子を示す．写真 1-①に含水比調整の様子を示す．供試体の飽和度は作製時に 30%となるように含水比調整をした．この時の含水比測定には，電子レンジ法（500W・15 分間）を用いた．供試体の作製には，鋼鉄製のモールドを使用し，油圧ジャッキを用いて 40Mpa の荷重を 10 分間載荷し，圧縮成形した．なお供試体は，乾燥密度 1.6Mg/m³，直径 35mm，高さ 80mm とした．その後，供試体と水の接触を避けるため，写真 1-②に温度調整中の一軸圧縮試験の様子を示す．供試体に遮水シートを取り付け，温度をそれぞれ 30℃，50℃，70℃，90℃に保った水槽内で 20 分間養生することで温度を与えた．温度調整後，圧縮補助器具を取り付け，載荷速度 0.4mm/min にて一軸圧縮試験を行った．試験後，供試体の含水比を炉乾燥法により測定した．

表 1 初期条件

供試体直径・高さ(mm)		35・80
乾燥密度 (Mg/m ³)		1.6
飽和度 (%)		30
温度 (°C)		30・50・70・90
土粒子密度 (Mg/m ³)	クニゲル V1	2.61
	ボルクレイ	2.84
	珪砂 5 号	2.62



①含水比調整の様子 ②一軸圧縮試験の様子

写真 1 試験の様子

キーワード：高レベル放射性廃棄物，地層処分，ベントナイト，温度変化

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 TEL0246-46-0827

3. 実験結果および考察

図1は、各種ベントナイト珪砂混合供試体の温度変化を与えた一軸圧縮試験の最大圧縮強度の結果を示している。温度－強度関係から、温度が上昇するにつれて、最大圧縮強度は減少するという傾向が確認できた。最大圧縮強度が減少した原因は2つ考えられる。1つ目は、温度の上昇に伴い、供試体体積が膨張し、乾燥密度が減少したことである。供試体体積の膨張は、ベントナイトの低透水・低気性により、温度の上昇に伴い膨張した供試体内部の間隙空気・間隙水が供試体外部に排出されなかったことが原因と考えられる。2つ目は、供試体表面に乾燥収縮によるクラックが発生したことである。温度の上昇に伴い、温度設定中に供試体表面の水分の蒸発量が増加することにより微小なクラックが発生し供試体の最大圧縮強度に影響したものと考えられる。

図2は、ベントナイト珪砂混合供試体（クニゲルV1）の温度環境下での試験の含水比分布を示している。含水比分布から、クニゲルV1を用いたベントナイト珪砂混合供試体は温度の上昇に伴い、含水比が減少する傾向が確認できた。温度の上昇に伴い、供試体表面また内部からの水分の蒸発量が増えることにより、乾燥収縮によるクラックが発生したことで強度特性を低下させた可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では、各種ベントナイトの温度変化に伴う強度特性を把握することを目的として一軸圧縮試験を行った。以下に本研究で得られた知見を示す。

- ・温度の上昇に伴い、最大圧縮強度が減少したことから、各種ベントナイトと珪砂の混合供試体は温度依存性があることが確認できた。
- ・温度の上昇に伴い、試験後の含水比が減少したことから、供試体表面及び内部にクラックが発生し強度の減少につながったことが考えられる。

今後は、ボルクレイを用いたベントナイト珪砂混合供試体の温度環境下での含水比の変化についての試験を行うことで、各種ベントナイトの温度の違いによる含水比変化を把握したい。さらに、継続的に試験を行うことでデータの高精度化を図りたい。また、各種ベントナイトのモンモリロナイト含有率の違いが最大圧縮強度の違いに影響すると考えられる。メチレンブルー吸着量試験を行い、各種ベントナイトのモンモリロナイト含有率の違いによる強度特性について試験を行っていく。

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構:我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次とりまとめ, JNC TN1400 99-022, pp.IV-157- IV-194, 1999.
- 2) 原子力発電環境整備機構: 2017年度業務実施結果に対する評価・提言
https://www.numo.or.jp/about_numo/hyogiinkai/pdf/pdf_hyogikai_2017_02.pdf.

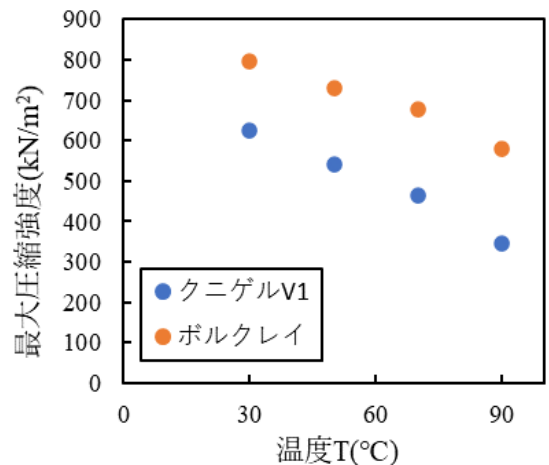


図1 温度－強度関係

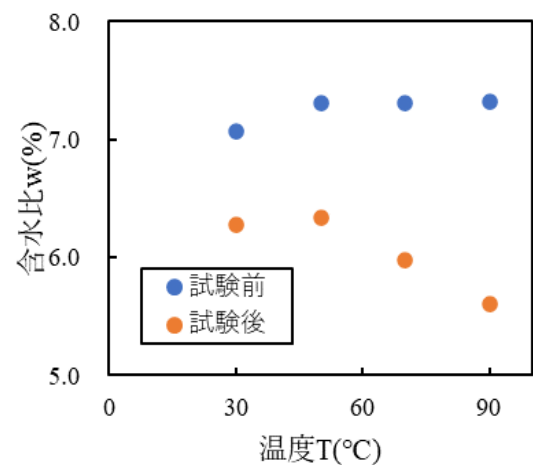


図2 温度環境下での試験の含水比分布(クニゲル)