

珪砂配合率と温度を変化させたベントナイト緩衝材の一軸圧縮試験

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

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る。その緩衝材には施工性や経済性の観点から、ベントナイトに珪砂を混合する方策とされているが、その仕様などの詳細は完全には決定していない。また、ガラス固化体の発熱によって緩衝材が高温に晒されることが予想される。そこで本研究では、緩衝材の性能設計に向けて、また、ベントナイト緩衝材の力学特性を明らかにするために、珪砂の配合率を変化させたベントナイト珪砂混合供試体に温度を 30℃、50℃、70℃、90℃と変化を与え、一軸圧縮試験を行った。

2. 試験方法

試験試料は、ベントナイト（クニゲル V1）と東北珪砂 5 号を 6:4、7:3、8:2 で混合したものを用いた。供試体は作製時の飽和度が 30%になるように霧吹きを用いて含水比調整を施した。この時、含水比の測定には電子レンジ法（500W）を用い、加熱時間は 15 分間とした。所定の含水比に達した時点で金属製のモールドに試料を投入し、油圧ジャッキで 40MPa を載荷し圧縮成形した。なお供試体は、乾燥密度が 1.6Mg/m³、直径は 35mm、高さは 80mm とした。その後、供試体と水が接触するのを避けるため、供試体に遮水シートを取り付け、温度を一定に保つことのできる水槽（30℃、50℃、70℃、90℃）内で 24 時間養生することで供試体に温度変化を与えた。養生後、供試体から遮水シートを外し、再び体積を測定してから圧縮補助器具を取り付け、載荷速度 0.4mm/min の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 (℃)	30,50,70,90
土粒子密度 (Mg/m ³)	2.606
珪砂配合率 (%)	20,30,40

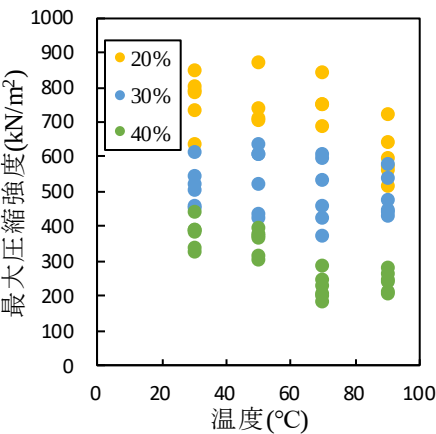


図1 温度－強度関係

3. 結果

図 1、図 3 は各配合率の温度を 30℃、50℃、70℃、90℃に変化させた際の一軸圧縮試験、弾性係数の変化を示す。両図によると、温度の上昇に伴い一軸圧縮強度、および弾性係数が減少する傾向が確認された。このように一軸圧縮強度、弾性係数が減少する理由は複数考えられる。一つ目は、供試体体積の膨張である。図 2 に各配合率において、温度を変化させた際の養生前から養生後の体積変化率を示す。同図によると、

養生中の温度が高くなるにつれて体積変化率が上昇する傾向が確認された。そのため、温度が高くなるほど乾燥密度が減少し、さらに膨張に伴い微細なクラックが生じることで強度特性を低下させた可能性がある。なお供試体が膨張した理由としては、ベントナイトの低透水・透気性により、熱によって膨張した間隙水・間隙空気が外に排出されにくかったことが可能性として挙げられる。二つ目は、供試体表面の乾燥収縮によって生じたクラックの影響である。養生中の温度が高くなることにつれ、供試体表面からの蒸発量も増えることにより、乾燥収縮によるクラックも増加したことで強度特性を低下させた可能性がある。

図4から図7に温度ごとの珪砂配合率－強度関係を示す。温度が30℃、50℃、70℃、90℃の供試体は全て、珪砂配合率の増加に伴い強度が減少していく傾向が確認できた。強度が減少した原因として、サクシオンが影響していると考えられる。小高らが行った研究によると、ベントナイト粒子間でサクシオンが粘着力として作用し、自身の強度特性に影響を及ぼしている可能性があることが報告されている¹⁾。珪砂配合率が高い条件では、珪砂配合率が低い条件と比べ、ベントナイトの配合量が少なく、水とベントナイトが接する面積（比表面積）が小さいため、ベントナイト粒子間でサクシオンが減少することによって強度が減少したと考える。

4. まとめ

温度変化を考慮した試験により、ベントナイトの力学特性には温度依存性があることがわかった。また珪砂配合率を考慮した試験から珪砂配合率が低いほど強度特性が向上することがわかった。強度特性には珪砂の配合率のみならず、珪砂粒径の違い、施工後の再冠水を考慮した含水比変化なども影響すると考えられる。今後は、珪砂配合率と粒径を変化させたベントナイト供試体に温度変化を与えることで、施工性、経済性、二つの観点を考慮して、緩衝材の性能設計に役立てたいと考える。

参考文献

- 1) 小高猛司, 崔瑛, 竹内啓介: 不飽和圧縮ベントナイトの力学特性とサクシオンの関係, 第51回地盤工学研究発表会講演概要集, 2016.

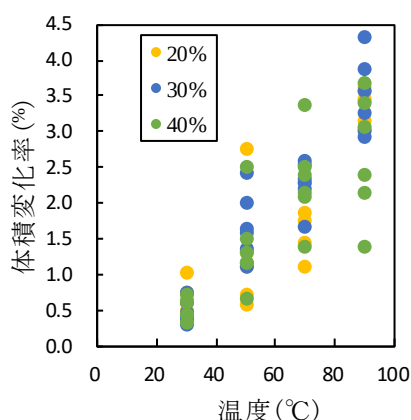


図2 温度－体積変化率関係

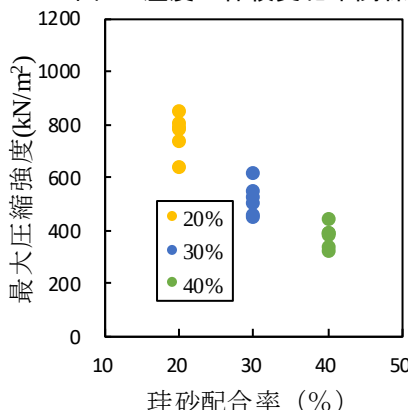


図4 配合率－強度関係 (30℃)

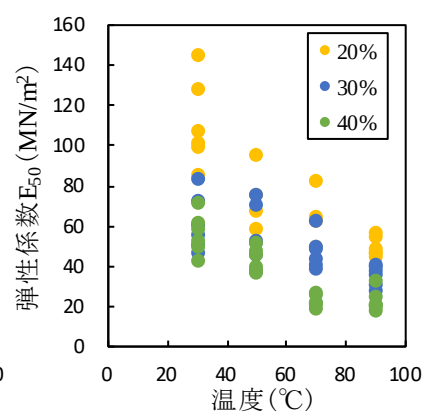


図3 温度－弾性係数関係

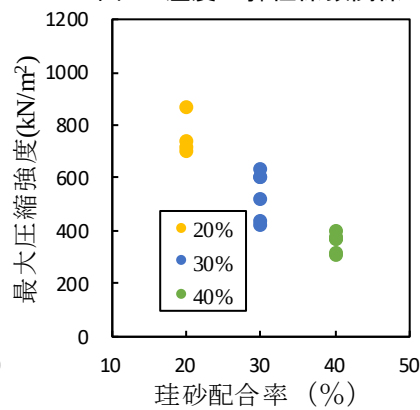


図5 配合率－強度関係 (50℃)

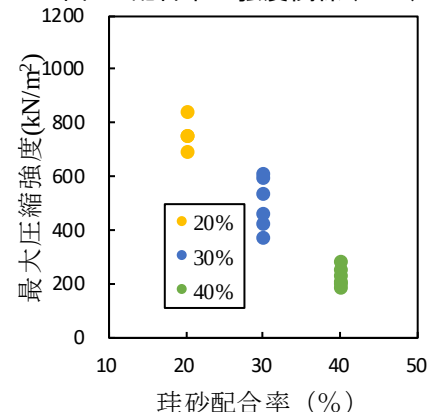


図6 配合率－強度関係 (70℃)

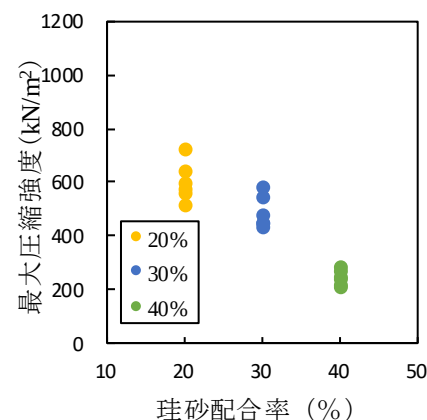


図7 配合率－強度関係 (90℃)