

珪砂混合率を変化させたベントナイト緩衝材の強度特性に関する実験的検討

福島工業高等専門学校 学生会員 ○山下 大輝 正会員 金澤 伸一
学生会員 武藤 尚樹 学生会員 市川 希
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

原子力発電における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廃棄方法として、地下 300m 以深での地層処分が選定されている¹⁾。本研究では、ベントナイト緩衝材に要求される性能に対し、施工性を向上させるため、珪砂の混合率を 6:4, 7:3, 8:2 と変化させた一軸圧縮試験を行った。試験の結果、混合率を大きくすることで締固め性は向上したが、一軸圧縮強度は減少する傾向が確認された。

2. 試験試料

今回の一軸圧縮試験では、ベントナイト（クニゲル V1）と東北珪砂 5 号を使用した。試験では、ベントナイトと珪砂の割合を 6:4, 7:3, 8:2 になるように混合した試料を作製し、一軸圧縮試験を行った。

3. 試験方法

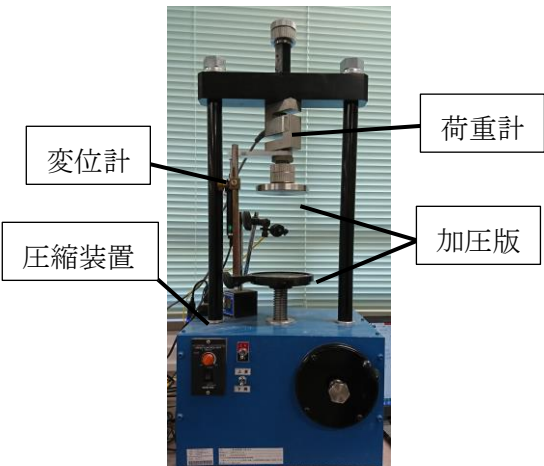
表－1 初期条件

表－1 に実験の初期条件を示す。今回の一軸圧縮試験で使用した供試体の寸法

供試体寸法	直径	35mm
	高さ	80mm
乾燥密度		1.6Mg/m ³
土粒子密度（クニゲル V1）		2.63Mg/m ³
飽和度		30%
温度		30℃

は直径が 35mm、高さが 80mm とし、乾燥密度を 1.6Mg/m³ とした。また、供試体作製時の飽和度が 30%になるよう霧吹きを用いて含水比の調整を行った。含水比の調整では、霧吹きでイオン交換水を試料に噴射し、ミキサで水分がまんべんなくなじむまで混ぜ合わせた。調整した含水比の測定には電子レンジ法

（500W）を用いて、加熱時間は 15 分とした。含水比が目標の値に達したところで試料を金属製のモールドに 5 層に分けて投入し、その後、油圧ジャッキで 40MPa を 10 分間载荷し圧縮成形した。その後、供試体の寸法と質量を測定し、水温 30℃の水槽で 24 時間養生させた。これは、実際には緩衝材は処分時に廃棄体が発する熱の影響を受けるためである。そのため、今後は 90℃まで 10℃刻みで試験を行っていく。養生する際は供試体にラップと水分を含ませた布を巻き、遮水シートに入れることで供試体内の水分の蒸発を軽減した。養生後は、遮水のためのラップと布を取り外し、再度寸法と質量を測定し、载荷速度 0.4mm/min の一軸圧縮試験を行い、試験終了後は供試体を 110℃で 24 時間炉乾燥し含水比を測定した。



図－1 一軸圧縮試験機

4. 珪砂混合率が強度特性に与える影響

図－2 は珪砂混合率を変化させた一軸圧縮強度である。同図より、珪砂混合率が増えるにつれ、一軸圧縮強度は線形的に減少するという結果が得られた。これは、サクシオンによる見かけの粘着力が関係していると考え

キーワード ベントナイト、珪砂混合率、一軸圧縮強度

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

えられる。ベントナイト中に含まれるモンモリロナイトの比表面積は珪砂5号に比べて大きいので、サクシオンによる見かけの粘着力が大きくなる。したがって、珪砂混合率の高い供試体では比表面積が減少し、そのためサクシオンも減少する。その結果、一軸圧縮強度が減少したと考えられる。

5. 珪砂混合率が締固め特性に与える影響

図-3 は養生前と養生後の供試体の体積変化率と珪砂混合率の関係を示したものである。同図より、珪砂混合率が増えるにつれて体積変化率が減少している。これは、透気性の変化が主な要因であると考えられ、ベントナイトの密度は珪砂5号に比べて 0.01g/cm^3 ほど小さいため、珪砂の混合率が高くなると供試体中の間隙比が増加し透気性も向上する。透気性が向上することで締固め時に圧縮された空気が排気されやすくなり、体積変化を起こしにくくなると考えられる。また、図-4 は珪砂混合率と供試体の目標高さと養生前の高さの差（締固め特性）の関係を示している。図より、珪砂混合率が高くなるにつれて供試体の締固め特性は高くなっており、図-3 の体積変化率と同様の結果が得られた。また、珪砂を混合することによる締固め特性の向上は、増田らの試験²⁾においても確認されており、本試験の傾向と一致する。しかしながら一方で、締固め特性は向上するものの、一軸圧縮強度は低下する傾向にあった。これは、前記した珪砂混合率の増加によるサクシオンの減少のほかに、供試体締固め時に珪砂の粒子破砕が起きている可能性も考えられる。そのため、今後は締固め後の供試体の粒度分布を測定することで粒子破砕の影響を把握していく。

7. まとめ

本研究では、珪砂混合率の上昇に伴いサクシオンが減少し、一軸圧縮強度が減少する傾向が確認された。しかしながら、珪砂混合率を大きくすることで締固め性は向上していることから、今後は粒子破砕の影響について検討していく。また、ベントナイト緩衝材には強度、施工性のほか、膨潤特性や熱伝導性等の要件を満たす必要があり種々の珪砂を混合した試験結果のデータベースの構築が求められている。したがって今後は、供試体作製時に珪砂の混合率の変化に加え、飽和度と温度変化も与えることで、より多くの種類のデータを採取し、珪砂混合率と飽和度・温度、一軸圧縮強度の関係を調べることでベントナイト緩衝材の物理的特性をさらに明らかにしていく。

参考文献：

- 1) 核燃料サイクル開発機構：わ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，1999.
- 2) 増田良一，雨宮清，千々松正和，足立格一郎，小峰秀雄：ベントナイトを用いた緩衝材の材料仕様と締固め特性の関係，土木学会論文集 No. 771, pp. 157-171, 2004.

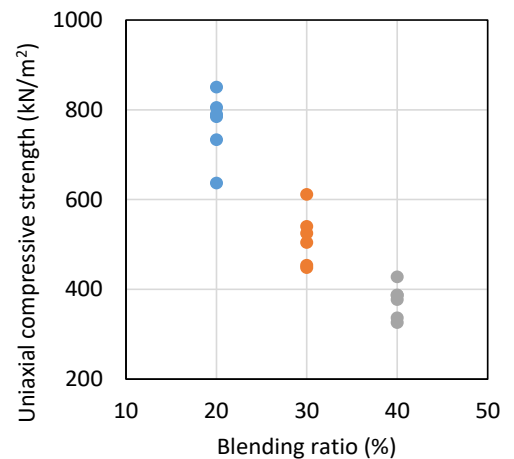


図-2 一軸圧縮強度・珪砂混合率

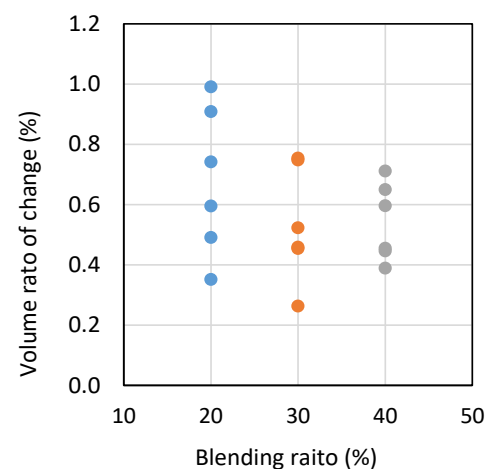


図-3 体積変化率・珪砂混合率

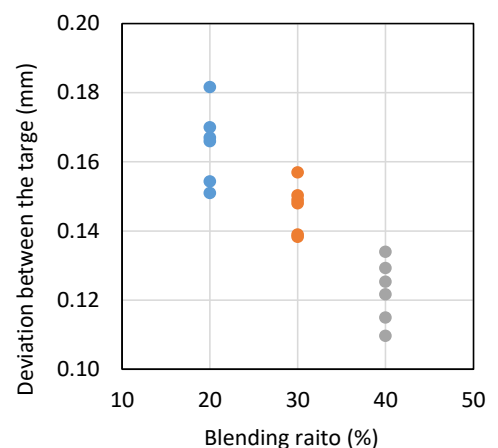


図-4 各珪砂混合率における供試体の目標高さと実際の高さの差