

高レベル放射性廃棄物地下処分時のベントナイト緩衝材施工法の検討

芝浦工業大学 学生会員 川瀬 貴之
 芝浦工業大学 宮坂 玲奈
 芝浦工業大学 正会員 岡本 敏郎

1. 研究背景と目的

今後 20～30 年以内に高レベル放射性廃棄物の処分が実現される見通しである。廃棄物は何重ものバリアで覆い、地下 300m よりも深い安定した地盤に埋設される予定である(図 1・図 2 参)。この処分に当たっては廃棄物が高レベル放射性であるために影響が無いように閉じ込めること、そして数万年という超長期に亘る安定化を図ることが求められている。そこで現在緩衝材として、膨潤性があり、放射性物質を吸着する効能があるとされるベントナイトを使用することが検討されており、この場合高密度とする必要がある。

本研究では、緩衝材の施工法を検討するため、室内試験による密度と施工法の検討および最適な施工法の検討をした。

2. 実験概要

2-1 実験条件

自然含水比である気乾状態のベントナイト(クニミネ工業・クニゲル V1) 単体を使用した。これは、ベントナイトの中でも緩衝材として適切と考えられている Na ベントナイトである。現在ベントナイトにケイ砂を混合した方法が検討されており、そのときのベントナイト単体の密度に相当する 1.37g/cm^3 を目標乾燥密度とした。

2-2 実験方法

室内試験方法として標準圧密試験・標準突固め試験・小型振動機実験を実施した。これらはそれぞれ当面の現場施工で考えられる、ローラー転圧・ランマー転圧・振動転圧を模擬している。実験よりそれぞれの乾燥密度を求めたが、今回この 3 種実験の乾燥密度が緩衝材としての目標乾燥密度を満たさなかったため、これらの中で最大乾燥密度が得られた圧密試験を対象に再検討し、高圧圧密試験も実施した。

標準圧密試験は最大圧密圧力 $1,256\text{kN/m}^2$ まで 8 段階载荷するものである。供試体は圧縮成型をせず、直接ベントナイトを圧密リングに入れた。標準突固め試験の供試体はモールド(内径 10.0cm × 高さ 12.5cm) と 2.5kg のランマーを使用し、1 層 25 回の 3 層を突固めた。小型振動機実験は直径 30cm 、高さ 5cm の供試体を使用し、供試体上部から実施工での転圧時間以上と考えられる 5 分間小型振動機で振動締固めた。高圧圧密試験は定ひずみ速度载荷圧密試験法に則って高圧圧縮試験装置を用いて最大圧密圧力 $6,950\text{kN/m}^2$ まで载荷した。

3. 実験結果

実験結果を表 1 に示す。先にも述べたように、標準圧密試験・

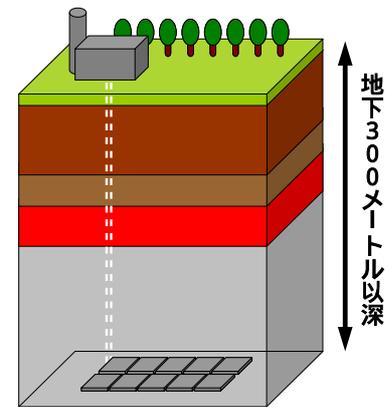


図 1 地層処分施設(参)

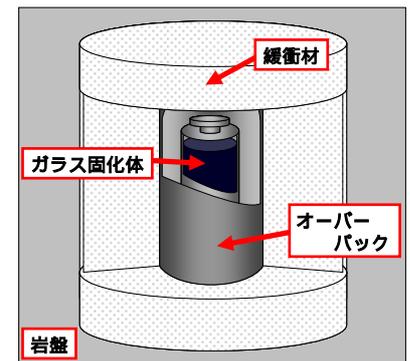


図 2 人工バリア(参)

表 1 実験結果

| 実験方法 | 乾燥密度(g/cm^3) |
|---------|-------------------------|
| 標準圧密試験 | 1.25 |
| 標準突固め試験 | 0.778 |
| 小型振動機実験 | 0.902 |
| 高圧圧密試験 | 1.98 |

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地下処分, ベントナイト, 緩衝材, 施工法

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL 03-5859-8360

標準突固め試験・小型振動機実験後の乾燥密度は目標乾燥密度 1.37g/cm^3 を満たさなかった。そこで最大乾燥密度が得られた標準圧密試験の最大圧密圧力の5.5倍に相当する高圧圧密試験を実施したところ、目標乾燥密度を満たすことが出来た。標準圧密試験と高圧圧密曲線の $e-\log P$ 曲線を図3に示す。

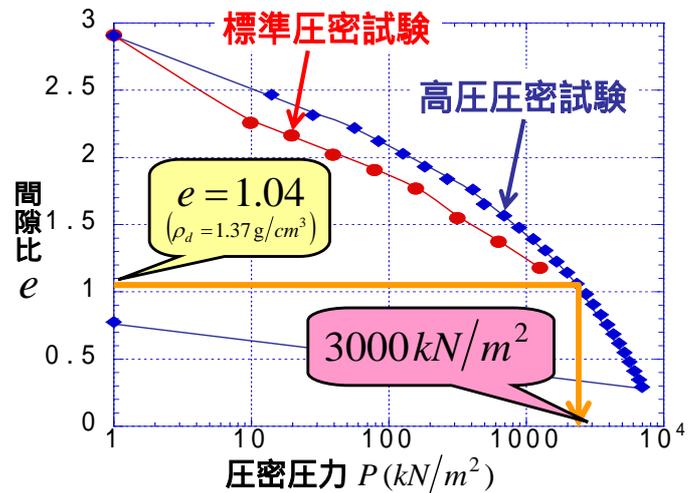


図3 e-log P 曲線

4. 施工法の検討

4-1 既存案の施工法

現在、緩衝材の施工技術としてブロック定置方式と現場締固め方式が検討されている。ブロック定置方式とは、あらかじめ地上施設にて金型プレス機や冷間等方圧プレスなどの加圧製作装置により高圧密となるように製作した緩衝材ブロックを、現場で据え付け定置する方法である。均一で高密度の成型が可能であるが、実施工ではブロック間や坑壁・オーバーパックとの間に隙間が多く残り、緩衝材全体としての隙間が大きくなる可能性がある。

現場締固め方式は、含水比調整した緩衝材材料を処分坑道や処分孔に供給し、現場で締固め機械を用いて高密度の緩衝材を施工する方法である。緩衝材全体としての隙間は小さくすることが出来るが、深さ方向において乾燥密度のばらつきが生じてしまうことが懸念されている。

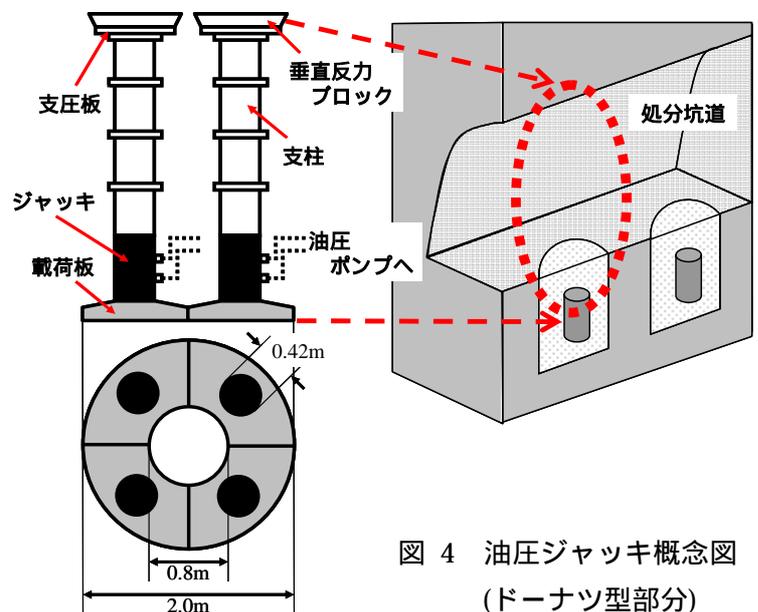


図4 油圧ジャッキ概念図 (ドーナツ型部分)

4-2 油圧ジャッキによる圧縮施工法の提案

室内試験の結果と4-1に示した前項の両者の方式による利点を生かし、本研究では油圧ジャッキによる圧縮の施工法が有効と考えた。図1の高圧圧密試験結果より、目標乾燥密度 1.37g/cm^3 を満たす必要最低圧密圧力は $3,000\text{kN/m}^2$ となる。そこで地盤工学会基準「岩盤せん断試験方法(JGS 3511-2003)」の载荷試験装置を参考に、またここでは理研機器株式会社のストロング型複動シリンダ SD50-300(最大出力 $5,000\text{kN}$ 、シリンダ外径 421mm)を例に設計したものが図4である。また、施工手順は図5の通りである。緩衝材ブロック定置の際に施工上発生してしまうブロック間などの隙間部分を、油圧ジャッキによる圧縮载荷をすることによって埋める。これにより緩衝材全体としての隙間を小さく、さらに乾燥密度をより高めることが期待される。

5. まとめ

本研究ではベントナイトを用いて標準的及び高圧室内試験を実施し、そして施工法の検討を行った。新たな施工法の提案として油圧ジャッキによる圧縮载荷装置の概念を提示したが、今後装置製作およびコスト計算などの詳細な検討が必要とされる。

参考文献 日本原子力研究開発機構: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 地層処分研究開発第二次とりまとめ

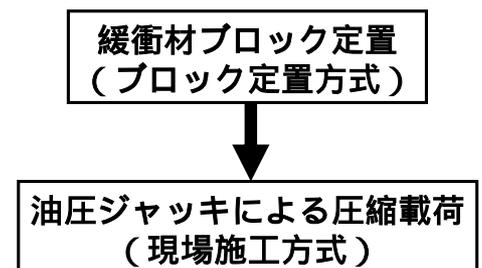


図5 施工フロー