ベントナイトの段階載荷圧密における間隙比の変化の観点からの圧密挙動の考察

茨城大学 学生会員 〇石橋 直樹 茨城大学 正会員 小峯 秀雄,フェロー会員 安原 一哉,正会員 村上 哲 戸田建設 正会員 関口 高志

1. はじめに

現在,わが国で検討されている高レベル放射性廃棄物処分は,地下 300m 以深の岩盤中に埋設処分する地層処分 である(図-1 参照).処分施設において,廃棄体と周辺岩盤の間を充填する際,ベントナイト系緩衝材の使用が考え られている¹⁾.緩衝材は,岩盤からの地圧および地下水圧などが作用し,圧密現象を示すことが予想される.処分 施設の設計・建設において,施工後のベントナイト系緩衝材の経時変化を予測することは,処分施設の安全性を検

討する上で大変重要となる.そこで本研究では,地層処分を想定した 高圧圧密試験を実施し,ベントナイトにおける圧密係数の変化および 挙動のメカニズムについて実験的に調査した.

2. 使用した試料および供試体作製方法

本研究では、日本の地層処分に関する研究において頻繁に使用され ているベントナイトA(クニミネ工業製・クニゲルV1)を使用した.使 用した試料の基本的性質を表-1²⁾に示す.供試体は、油圧ジャッキを用 いて上下方向から静的締固めにより直径 60mm、高さ 10mm を目標に 圧縮成型し、作製したものとした.供試体作製方法については、参考 文献 2)を参照していただきたい.作製した供試体の初期乾燥密度は、 1.368Mg/m³、1.577Mg/m³および 1.823Mg/m³の 3 種類である.

3. 高圧圧密試験によるベントナイトの圧密特性と挙動メカニズム の考察

3.1 高圧圧密試験の方法と結果の整理方法

本試験は「土の段階載荷による圧密試験方法 (JIS A 1217:2000)」³⁾ に準拠し,図-2に示す高圧圧密試験装置を用いて実施した.ベントナ イトは,水を吸収することにより高い膨潤圧を示し,初期乾燥密度 1.855Mg/m³のベントナイトAにおける最大膨潤圧は,3520kPaと報告 されている²⁾.したがって,本試験で設定した最小圧密圧力は4000kPa とした.最大圧密圧力は,地層処分において地下水圧および岩盤クリ ープ変形により緩衝材に作用すると予想される圧力と同程度の 10000kPaとした.なお,使用した圧密リングにおいても,地層処分を 想定し,耐腐食性の高いSUS316Lステンレス製のものを使用した.変 位量の測定は,3秒間隔で400回,10分間隔で10回,60分間隔で22 回,経時的に測定した.また,各ステップの載荷時間は24時間とし, 変位計は最小目盛が1/1000mmのものを使用した.各ステップの変位 量と時間の関係は,√法により整理した.試験結果を整理するにあた り,供試体が飽和していることを確認するため,飽和度確認試験を実



図−1 地層処分施設の概要

表-1 ベントナイト A の基本的性質 ²⁾	
ベントナイト	А
タイプ	Na 型
土粒子の密度(Mg/m ³)	2.79
液性限界(%)	458.1
塑性限界(%)	23.7
塑性指数	434.4
モンモリロナイト含有率(%)	57
陽イオン交換容量(meq./g)	1.166
交換性N a イオン量(meq./g)	0.631
交換性Caイオン量(meq./g)	0.464
交換性Kイオン量(meq./g)	0.030
交換性Mgイオン量(meq./g)	0.041



キーワード ベントナイト 圧密 間隙比

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL:0294-38-5174

缘氏

均間

施した. 試験方法および結果は参考文献 4)および 5)を参照していただき たい.

3.2 ベントナイトの高圧圧密特性と挙動

図-3 および図-4 に、平均間隙比と平均圧密圧力の関係および圧密係 数と平均圧密圧力の関係を示す.図-3より、初期乾燥密度により、平均 間隙比の低下に差異が認められた.平均圧密圧力が約 4500kPa~約 9500kPa の範囲において、初期乾燥密度 1.823Mg/m³の平均間隙比は、 0.076の低下量を示し、初期乾燥密度 1.368Mg/m³および 1.577Mg/m³の ケースに比べ, それぞれ約0.84倍, 約0.90倍となった. 図-4より, 圧 密係数は、初期乾燥密度に依存した結果を示す傾向があり、初期乾燥密 度を大きく設定するほど, 圧密係数は大きく算出された. 初期乾燥密度 1.823Mg/m³のケースでの圧密係数は,平均圧密圧力が約9500kPaの場合, 0.49cm²/d であり、初期乾燥密度 1.368Mg/m³および 1.577Mg/m³のケース と比べ, それぞれ 1.88 倍, 1.36 倍となった. 以上のことから, 圧密係数 は、初期乾燥密度に依存する傾向があると考えられる.これは、初期乾 燥密度の高い供試体は、低い供試体と比べ、 圧密圧力に対する体積の圧 縮性が低いため、早く一次圧密が終了することを意味する. 図-5 に示す ように、初期乾燥密度が高いほど、平均圧密圧力が約 4500kPa~約 9500kPaの範囲において、間隙比の低下量は少ない.また、本研究にて 実施した3ケースは,1ステップ間における載荷時間を24時間としてい 平均圧密圧カ 約4500kPa るため,初期乾燥密度が高いケースほど,初期乾燥密度の低いケースと 比べ、一次圧密の終了が早く、一次圧密の終了以降、二次圧密の時間が 長くなると考えられる.そして,図-6に示すように,一次圧密が終了後, 土粒子が構成する骨格の構造が安定し, 圧密現象における体積変化を抑 制しやすい構造になると考えられる.また,図-5に示すように,一次圧 間際LOg化 密が早く終了する初期乾燥密度 1.823Mg/m³のケースは、他の 2 ケース と比べ,間隙比の変化が小さい.したがって,ベントナイト供試体は, 初期乾燥密度が高いほど,土粒子が構成する骨格の構造が早く安定し, 二次圧密が生じにくいと考えられる.

4. 結論

本研究は、ベントナイトを用いて高圧圧密試験を実施し、ベントナイ トの圧密特性について調査した.その結果,以下の知見が得られた.

- 1) ベントナイトの圧密係数は、平均間隙比に依存し、初期乾燥密度が 高いほど、圧密係数は高く算出される傾向がある.
- ベントナイト供試体は、初期乾燥密度が高いほど、土粒子が構成す 2) る骨格の構造が早く安定し、二次圧密が発生しにくいものと考えら れる.

-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

頼性一地層処分研究開発第2次取りまとめ - 分冊2地層処分の工学技術, JNC TN1400, pp. IV95-IV104, IV-352 - IV-375, IV52-IV71, 1999. 2) 直井優, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲:各種ベントナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす人工海水の影響, 土木学会論文集, No.785/III-70, 39-49, 2005.3.3) 社 団法人地盤工学会:土質試験の方法と解説-第一回改正版-, pp348-380. 4) 佛田理恵, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲:高圧圧密試験装置を用いたべ ントナイトの透水係数算出における試験方法の高度化,土木学会論文集 C, vol.62, No.3, p.573-578, 2006.8.5) 石橋直樹,小峯秀雄,安原一哉,村 上哲, 伊藤弘志, 杉浦航: ベントナイトの圧密特性に及ぼす荷重増分比の影響, 第44回地盤工学研究発表会概要集(投稿中), 2009.

