## ベントナイトの一軸圧縮強さ・含水比変化の視点からの不飽和膨潤圧挙動の考察

茨城大学	学生会員	後藤宣彦
	正会員	小峯秀雄
	フェロー会員	安原一哉
	正会員	村上 哲

地上施設

1. はじめに

わが国で検討されている高レベル放射性廃棄物の処分は,地下 300m 以 深に埋設処分する方法(図-1 参照)である.処分施設において廃棄物収納容 器と周辺岩盤との間を充填する緩衝材には,低透水性や膨潤による自己シ ール性を有しているベントナイトの利用が考えられている.緩衝材の設置 直後から地下水が浸入し,緩衝材は不飽和状態から飽和状態に移行する. しかし,ベントナイトは透水性が低く,長期間不飽和状態で存在すると考 えられる.この不飽和状態から飽和状態に移行していく過程での挙動を把 握することが今後進められるべき研究課題であり,不飽和状態を調査でき る実験手法,評価・解析手法の開発が強く求められている<sup>1)</sup>.

そこで本研究では,一定の相対湿度を保持した環境においてベントナイトの不飽和状態における膨潤圧実験を行い,得られた実験結果に基づき, 不飽和膨潤圧実験における膨潤挙動に関して考察を行うことを目的とする.

2. ベントナイトの不飽和膨潤圧実験

本研究では,図-2に示すように一定相対湿度に保持された 空気により,ベントナイト供試体を湿潤させ,膨潤圧を計測 する.膨潤特性容器内に蒸留水または塩飽和溶液を100ml入 れ,パラフィルムで覆い密閉する.一定温度の密閉空間内に 化学ポテンシャルが一定の溶液を注水すると,密閉空間内の 水蒸気の化学ポテンシャルも一定値をとり,化学ポテンシャ ルと温度に対応した相対湿度が保持される<sup>2)</sup>.相対湿度を塩 飽和溶液により調整することで,様々な含水比での膨潤圧を 計測することが可能となる.また,容器内に湿度センサー(八 イグロクロン 発売:KN ラボラトリーズ)を設置し相対湿度 の測定を行う.

今回は,ベントナイト試料にクニゲル V1(クニミネ工業株式会社)を用いて, 上下方向からの静的締固めにより供試体を作製した.供試体の目標寸法は直 径 60mm,高さ 10mm である.クニゲル V1 の基本的性質は参考文献 3)を参 照されたい.また溶液は比較的高い相対湿度を保持可能な蒸留水を用いた. 3. 膨潤挙動メカニズム

図-3 は,今回実施した不飽和膨潤圧実験により計測された膨潤圧の発生状況を経過時間で整理したものである.乾燥密度1.72Mg/m<sup>3</sup>の供試体の膨潤圧の時間変化において,膨潤圧の急激な低下による不連続性が確認できる.本

図-1 地層処分施設の概要



(a)膨潤特性実験装置 (b)膨潤特性容器



キーワード ベントナイト 不飽和 膨潤圧 含水比変化 一軸圧縮強さ 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:0294-38-5162 研究では湿潤した供試体上部で発生した膨潤圧が,供試体下部の 土粒子骨格を崩すことにより膨潤圧が急激に低下し,不連続性が 生じたと考えた.そこで一軸圧縮試験を行うことで供試体の強度 を測定し,メカニズムの解明を行った.

## 3.1 一軸圧縮試験

ー軸圧縮試験は地盤工学会基準JISA 1216:1998に準拠し実施し た<sup>4)</sup>.供試体は,目標寸法が直径 28mm,高さ 56mm とし,上下 方向からの静的締固めにより自然含水比で作製した.図-4 に一軸 圧縮強さと乾燥密度の関係を示す.一軸圧縮強さは乾燥密度とも に増加する傾向にあり,膨潤圧の不連続性が生じた乾燥密度 1.72Mg/m<sup>3</sup>での一軸圧縮強さは近似式より 4860.2kN/m<sup>2</sup>であった. 3.2 膨潤挙動メカニズム

乾燥密度 1.72Mg/m<sup>3</sup>の供試体の不連続性が生じる直前の膨潤圧 は 254kPa で一軸圧縮強さより小さい値となり、供試体下部が強度 的に耐えられなくなることは考えにくい.そこで,本研究では表 -1 に示す実験後の含水比の変化の視点から以下のような考察を 行った.一定相対湿度に制御された空気がベントナイト供試体に 湿潤すると,供試体上部で膨潤圧が発生する.一方,供試体下部 では含水比の低下が見られる.供試体上部で発生した膨潤圧は, 未だ膨潤圧を発生していない供試体下部を変形させるように作用 するものと考えられる.以上より供試体下部では乾燥による収縮

が生じながら圧縮されることによって土粒子骨格が再構 築されると考えられる.このようなメカニズムにより, 膨潤圧発生過程において不連続性が認められると考えら れる.以上に考察したメカニズムを図-5に模式的に示す. 4. 結論

膨潤圧の発生過程で確認された膨潤圧の急激な低下に
よる不連続性は,供試体下部での乾燥に収縮に伴う圧縮
により土粒子骨格が再構築されることにより生じたもの
と考えられる.

参考・引用文献

- 1)地盤工学会 不飽和地盤の挙動と評価編集委員会:不飽和地 盤の挙動と評価,地盤工学会,pp.184-186,2004.
- 2)地盤工学会「土質試験の方法と解説」改訂編集委員会:土質
   試験の方法と解説(第一回改訂版),地盤工学会,pp.128-129,2000.
- 3)直井優,小峯秀雄,安原一哉,村上哲,百瀬和夫,坂上武
   晴: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, pp.39-49, 2005.03.
- 4) 地盤工学会「土質試験の方法と解説」改訂編集委員会:土質 試験の方法と解説(第一回改訂版),地盤工学会,pp.320-328, 2000.



図-3 膨潤圧と経過時間の関係



図-4 一軸圧縮強さと乾燥密度

表-1 試験後含水比の分布





0