

高密度ベントナイトの膨潤特性に関する実験的研究

神戸市立高専○太治野淳司 中西 宏

神戸製鋼所 和田隆太郎 山口憲治 竹内靖典

1.はじめに 高レベル放射性廃棄物の地層処分ではガラス固化体を含むオーバーパックの周りに地下水の流れを遮断する目的でベントナイト系材料が充填される。その施工案として、合理的な施工が可能な高密度の球状成形体（ベントボール）の重力充填がある。ベントナイトについてはこれまでにかんがりの研究がなされてきており、膨潤シミュレーションも検討されている。しかしながら高密度ベントナイトの水分移動特性および膨張特性などについてまだ不明な点も多い。本研究では飽和後を含む高密度ベントナイトの膨潤特性の基礎データを得ることを目的に、膨潤実験を行い、体積含水比 膨潤変位の関係、弾性係数等を検討する。

2.実験方法 実験は次の3種類の実験を行う。一つは、膨潤試験であり、ガラス製液量計（内径32mm、外径35mm、高さ100mm、）を用いて膨潤変位を測定するものである。測定には顕微鏡を用いる。供試体材料はクニゲルV1で、Table-1に示す乾燥密度および初期含水比の異なる2種類であり、供試体数はそれぞれ3である。二つ目は含水比の時間的変化を測定するもので、硬質塩化ビニルパイプ（内径31mm、外径38mm、高さ100mm）を用いパイプ下端に栓をして供試体を挿入し、上部より蒸留水を注水するもので、各時刻ごとに供試体をスライスし、炉乾燥させて含水比を測定するものである。三つ目の実験は載荷試験であり、供試体垂直方向の変位および垂直荷重を測定するものである。変位は変位計によって、垂直荷重はロードセルによって測定する。エアジャッキを用いて供試体に100kNまで力を少しずつ加える。

Table-1 実験の種類

実験	実験目的	供試体大きさ	乾燥密度	初期含水比	個数
1. 膨潤実験	膨潤変位の測定	直径30mm x 高さ30mm	A: 18.6 Mg / m ³	11.40%	3
			B: 1.98 Mg / m ³	3.60%	3
2. 含水比変化	含水比の時間的変化	直径30mm x 高さ30mm	A: 1.86 Mg / m ³	11.40%	17
			B: 1.98 Mg / m ³	3.60%	25
3. 載荷実験	弾性係数の測定	直径30mm x 高さ20mm	1.86 Mg / m ³	11.40%	1

3. 実験結果及び考察 膨潤による供試体各部の高さ変化の1例をFig. 1に示す。多少ばらつきはあるが、各測定位置ともほぼ直線的に膨張していると言える。

つぎに各試料の高さごとの含水比分布の時間変化をFig. 2およびFig. 3に示す。供試体Aにおいてはベントナイトの初期状態は飽和に近く（飽和度0.68）、不飽和の水分移動のデータ数は少ないが、供試体B（飽和度0.27）においては不飽和部分で十分なデータを採取することができた。A、Bに共通して、飽和部分ではほぼ直線的に含水比が増加しているようである。

ついで供試体Aの荷重-変位曲線をFig. 4に示す。供試体の最終状態の含水比は部位により17.2%~19.1%で平均18.1%であり比較的均一であった。実際の加水量は1cc加水時では0.88cc、2cc加水時では0.77cc、3cc加水時では0.82ccであり、含水比より推定される加水量は2.0gであ

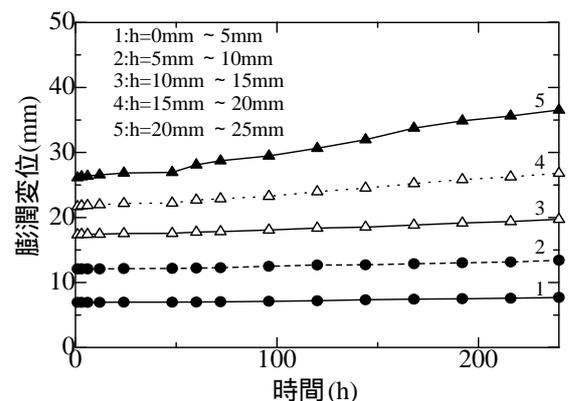


Fig. 1 膨潤実験結果（供試体A）

キーワード：ベントナイト、膨潤実験、体積含水比、膨潤変位、弾性係数

連絡先：〒651-2194 神戸市西区学園東町8-3 TEL(078)795-3263 FAX(078)795-3314

るので、0.47ccの誤差がある。Fig. 4より弾性係数を計算すると、1cc加水時の場合 $E = 258\text{MPa}$ 、2cc加水時の場合 $E = 208\text{MPa}$ 、3cc加水時の場合 $E = 274\text{MPa}$ となる。文献¹⁾のデータより求めた実験式では、

$$\log E = 1.5 - 0.5 \quad (\text{MPa})$$

であり、上式に $\rho = 1.864\text{Mg/m}^3$ を代入すると $E = 197\text{MPa}$ であった。

Fig. 5およびFig.6に、体積変化と体積含水比の関係を示す。縦軸には時間とともに膨張した体積変化比をとり、 $V/(V+V_0)$ により計算する。横軸には体積含水比をとり、 $w \times \rho_s / w_s$ により推定する。ここで、 V ：水分移動により変化した体積、 V_0 ：もとの体積、 w ：含水比、 ρ_s ：ベントナイトの乾燥密度、 w_s ：水の密度とする。これらの二つの図より、体積変化と体積含水比の関係が比例関係にあるということが出来る。すなわち水分が入った量だけ膨張していることが読み取れる。

今後、粒子状のベントナイト（ベントボール）についても同様の実験を行うとともに、実験より得られた知見を基に膨潤シミュレーションを実施する予定である。

<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、平成11年11月
- 2) 中西宏、和田隆太郎、山口憲治、竹内靖典、第58回年次学術講演会、CS7-043、平成15年9月

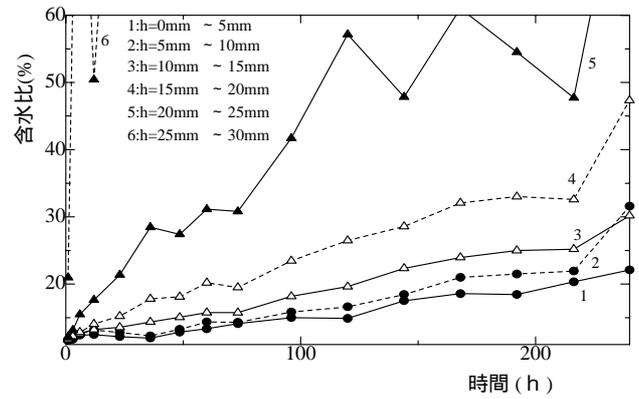


Fig. 2 含水比実験結果（供試体 A）

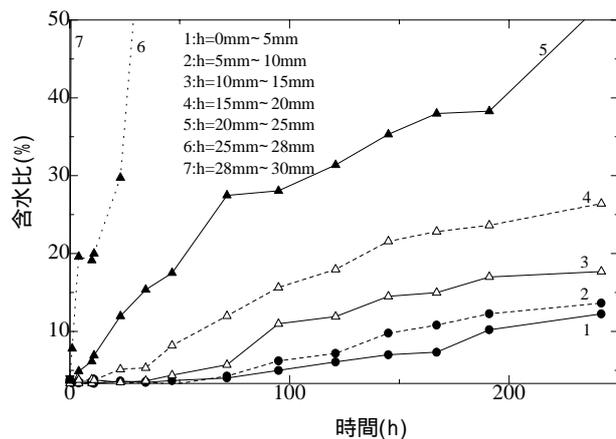


Fig. 3 含水比実験結果（供試体 B）

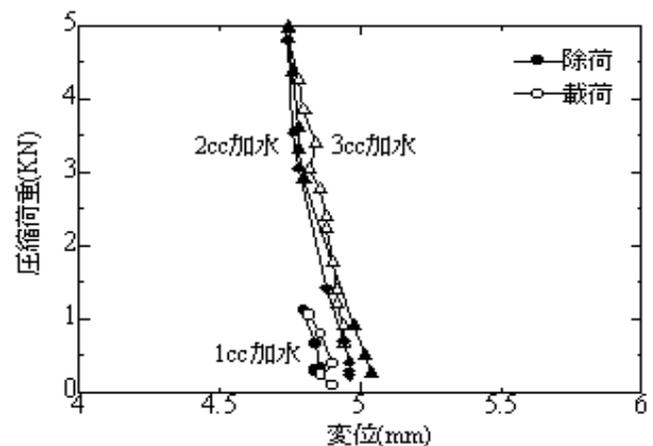


Fig. 4 荷重実験結果

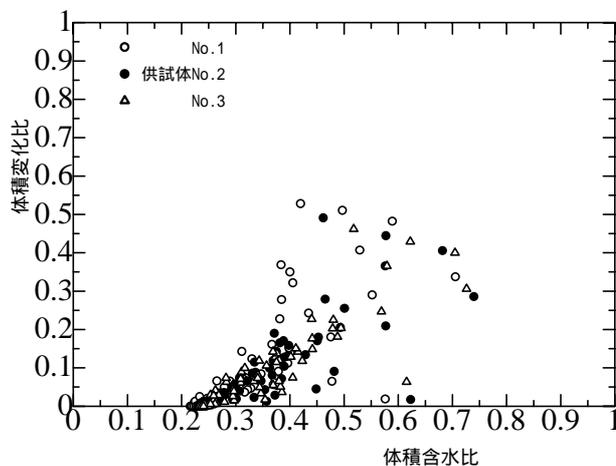


Fig. 5 体積変化比 - 体積含水比関係（供試体 A）

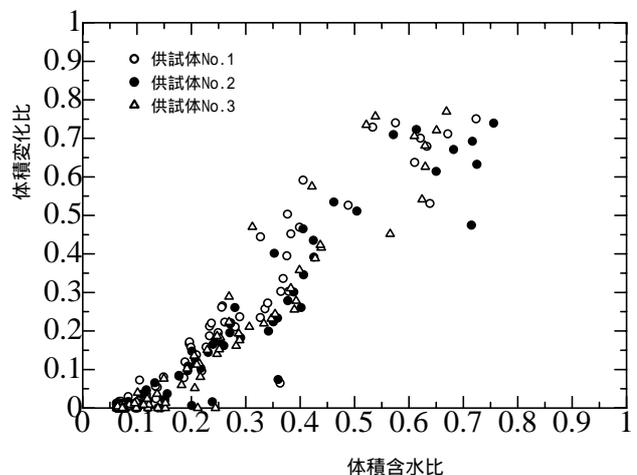


Fig. 6 体積変化比 - 体積含水比関係（供試体 B）