

# 緩衝材原位置締め工法の検討 - 膨潤試験 -

東京電力(株) 正会員 小野文彦, 増田良一  
 ハザマ 正会員 今井久, トシテュク フィ オソ, 雨宮清

## 1. はじめに

緩衝材に要求される性能に、止水性、自己シール性がある。この性能を確保するためには緩衝材の膨潤特性（膨潤圧、膨潤量）が一つの指標となる。本研究は、緩衝材を原位置締め工法にて設置する際、緩衝材の要求される性能を満たす適切な材料配合（ベントナイト、珪砂、水）を把握するため、室内試験にて基礎データを取得するものである。ここでは、現在までに得られた膨潤圧試験に関するデータを中心に、緩衝材の配合と膨潤圧の関係、既存の膨潤圧推定式の適用性について検討した結果を示す。

## 2. 膨潤試験

膨潤試験として膨潤圧試験、膨潤量試験を実施した。

### (1) 膨潤圧試験

膨潤圧試験は所定の珪砂混合率  $R_s(\%)$  (珪砂乾燥質量 / 全乾燥質量)、乾燥密度  $\rho_d$ 、含水量 (初期含水比  $w_0$ ) で締め固められた径 60mm × 高さ 20mm の試料に側方拘束条件下で下方から水分を供給し、吸水に伴う試料高さ方向の膨潤圧を測定するものである。この試験では 膨潤変形量 0 の場合、膨潤変形許容量 1mm (初期高さに対する変形許容量の割合 = 5%) の 2 種類の試験を連続して の順で実施した。試験装置の概要図を図 1 に示す。

### (2) 膨潤量試験

膨潤圧試験と同じ形状の試料を用い、試料側方は拘束し、試料下方から水分を供給し高さ方向の膨潤量を計測する試験である。

### (3) 試料

試験に用いた試料の配合を表 1 に示す。膨潤圧試験は表 1 に示す珪砂混合率  $R_s(\%)$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、初期含水比  $w_0$  の組み合わせが異なる case1 ~ case9 ケース、膨潤量試験は case1 ~ case3 ケースを実施した。ベントナイトはクニゲル V 1 を用いた。珪砂は 3,4,5,6,7 号珪砂を同じ重量比で配合したものをを用いた。初期含水比は基本的に別途実施した締め固め試験で得た最適含水比を適用した。case9 は最適含水比よりも小さい初期含水比を設定した。配合設定は膨潤圧試験での膨潤圧が 1.0MPa 以上となることを目安として配合の検討、設定を実施した。試験誤差を把握するため各ケースとも 2 試料で試験を実施した。配合設定は膨潤圧試験での膨潤圧が 1.0MPa 以上となることを目安として配合の検討、設定を実施した。試験誤差を把握するため各ケースとも 2 試料で試験を実施した。

## 3. 計測データ

### (1) 膨潤圧試験

膨潤圧試験の計測データの一例として case1, case2 の膨潤圧の経時変化を図 2 に示す。400 時間の手前で膨潤圧が一度 0 になっている。これは許容膨潤変形量 0 として試験をし、200 時間経過後膨潤圧が安定したために許容膨潤変形量を 1mm に変更したことによる。この時点でロードセルと試料の隙間を 1mm 設けたために除荷されたことを示し、この後さらに膨潤変形によりロードセルに試料が接触し膨潤圧が再び発生・増加している。

膨潤変形許容量 1mm とすると膨潤変形許容量 0 に対し最大膨潤圧力が 1/2 以下に減少する。

図 3 に試験結果として乾燥密度と膨潤圧力との関係を示す。試験結果は珪砂混合率によりプロット形状を変え、膨潤変形許容量 1mm は白抜きとしている。乾燥密度が大きいほど、また珪砂混合率が小さいほど膨潤圧力が大きくなる傾向がみられる。

小峯らはモンモリロナイトの膨潤体積ひずみ (%)  $\epsilon_{sv}^*$  と膨潤圧  $\sigma_v$  の

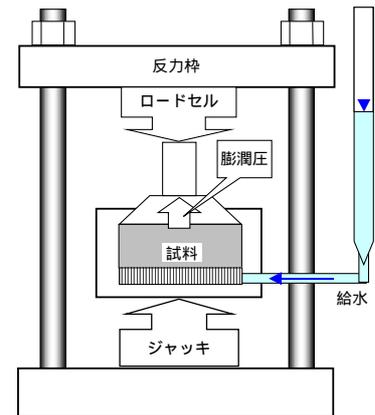


図 1 膨潤圧試験器

表 1 試料の配合

	珪砂混合率	乾燥密度	初期含水比
	$R_s(\%)$	$\rho_d(\text{Mg/m}^3)$	$w_0(\%)$
case1	20	1.80	14.0
case2	20	1.70	17.7
case3	30	1.80	13.1
case4	20	1.60	21.2
case5	50	1.80	13.5
case6	30	1.60	20.7
case7	30	1.70	18.2
case8	30	1.75	16.7
case9	30	1.75	10.0

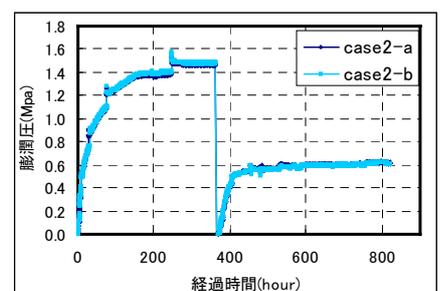
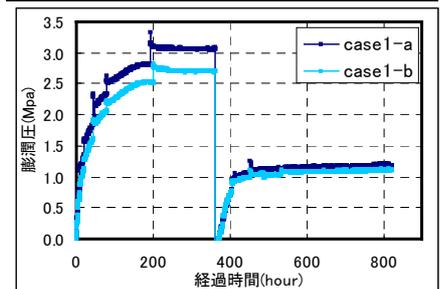


図 2 膨潤圧の経時変化

高レベル放射性廃棄物、緩衝材、膨潤圧、ベントナイト、室内試験

連絡先: 〒100-0011 東京都千代田区内幸町 1-1-1 TEL: 03-4216-4976 FAX: 03-3596-8562

〒305-0022 茨城県つくば市荻間西向 515-1 TEL: 0298-58-8813 FAX: 0298-58-8819

関係を整理し、関係式を示している。小峯らのデータに今回の計測結果も含め  $\sigma_v^*$  と膨潤圧  $\sigma_v$  の関係を整理すると、次式(1)のように関係づけられる。

$$\sigma_v = 15.0 + \frac{36768.0}{\varepsilon_{sv}^* - 130.9} \quad (1)$$

核燃料サイクル開発機構 (JNC) は有効ベントナイト密度と膨潤圧の関係式を(2)式で示している。図5に有効ベントナイト密度について整理した今回の計測結果を示す。今回の計測結果は式(3)で近似される。

$$\sigma_v = EXP(3.97\rho_{be}^2 - 7.71\rho_{be} + 2.38) \quad (2)$$

$$\sigma_v = EXP(9.26\rho_{be}^2 - 21.4\rho_{be} + 18.08) \quad (3)$$

case8 と case9 は初期含水比が異なる場合の比較である。図3に示すように初期含水比の小さい case9 は case8 よりも大きな膨潤圧を示し初期含水率が膨潤圧の大きさに影響することを示している。

### (2) 膨潤量試験

図6に膨潤試験のデータを示す。試料中央を頂点に凸型に膨潤するため試料中央と周囲4点を計測し膨潤量を計測している。図中、周囲平均はこの周囲4点の平均値を示す。膨潤は試験開始から130日あまり経過後も続き、初期形状の5倍ほどの高さに至っている。

### 4. まとめ

砂混合率  $R_s$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、初期含水比  $w_0$  をパラメータに膨潤圧試験、膨潤量試験を実施した。この結果以下の結果を得た。

膨潤圧の当初目標である 1MPa を上回る配合としては、

$R_s = 20\%$  で  $\rho_d = 1.70 \text{ Mg/m}^3$  ( $w_0 = 17.7\%$ )

$R_s = 30\%$  で  $\rho_d = 1.75 \text{ Mg/m}^3$  ( $w_0 = 10.0\%$ )

膨潤変形を初期試料高さの 5% 程度許容すると、変形を許さない場合に対して膨潤圧は 50% 以下となる。

膨潤圧には初期含水比が影響し、初期含水比の小さい方が大きい膨潤圧を生じる。

モンモリロナイトの膨潤体積ひずみ  $\varepsilon_{sv}^*$  および有効ベントナイト密度  $\rho_{bde}$  から膨潤圧を整理することができ、その関係は数式で表現される。

膨潤量試験では 130 日あまり経過後も膨潤は続き、初期形状の 5 倍ほどの高さに至っている。

### 5. 今後の予定

今後の試験検討予定を以下に示す。

データの信頼性、試験の再現性を確認する試験

初期含水比の膨潤圧に与える影響についての試験

初期含水比の影響、圧力履歴の影響を把握する目的で

初期状態から 1mm の膨潤を許容した際の試験

【参考文献】1) 小峯秀雄, 緒方信英: 放射性廃棄物処分のための砂・ベントナイト混合材料の膨潤特性とその評価法, 電力中央研究所報告, 研究報告 U96029, 1997

2) 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』地層処分研究開発第2次取りまとめ 第 分冊 地層処分の工学技術 JNC TN1400 99-022 pp. 105- 111, 1999

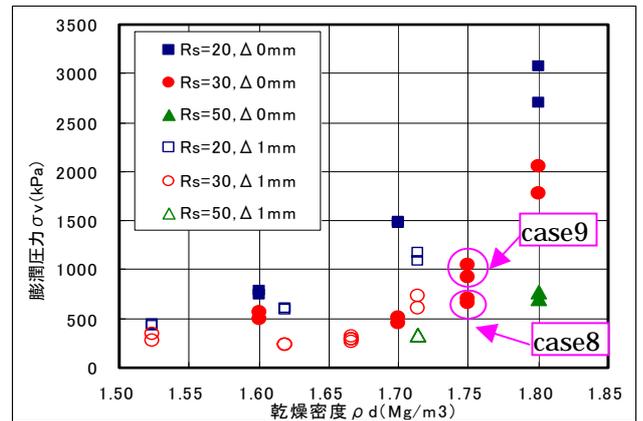


図3 計測された膨潤圧力と乾燥密度

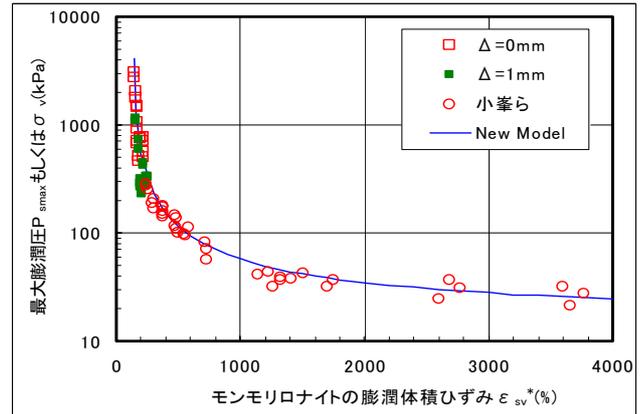


図4 モンモリロナイトの膨潤体積ひずみと膨潤圧力

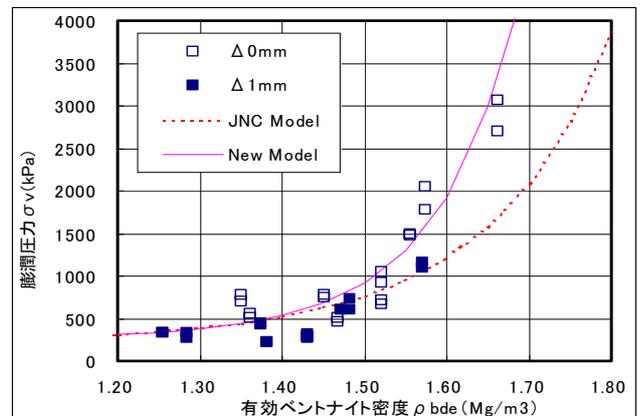


図5 有効ベントナイト密度と膨潤圧力

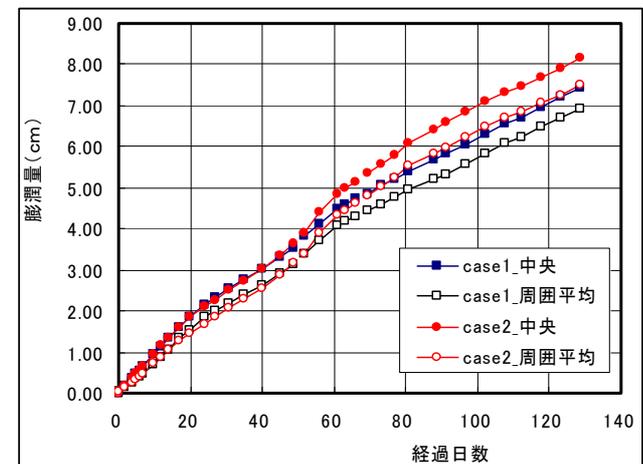


図6 膨潤量の経時変化