

## 飽和過程におけるベントナイトの膨潤挙動に関する実験的研究(その2)

鹿島建設(株) 正会員 ○藤崎 勝利 小林 一三  
中畠 誠門 北本 幸義

### 1. はじめに

筆者らは、放射性廃棄物処分施設で検討されている多重バリア構造において、建設・操業中、および再冠水時のベントナイト層の膨潤挙動が、セメント系の構造体に与える影響の評価手法を開発することを目的として実験的研究を行なっている。これまでに、ベントナイトの締固め時の含水比と膨潤圧の関係、および簡易な土槽実験結果について報告している<sup>1)</sup>。本文では、これらに引き続いて、ベントナイトの締固め曲線と膨潤圧の関係、およびベントナイト層が不均一に膨潤した場合を模擬した一次元土槽実験結果について報告する。

### 2. 締固め曲線と膨潤圧の関係

#### (1) 試験概要

土質材料の締固め工では、締固め曲線と強度特性、透水性の関係<sup>2)</sup>に立脚して、締固め時の条件が設定される。ベントナイト層の施工においては、この考え方に加えて、膨潤圧にも配慮する必要があると考えられる。そこで、前報で使用した膨潤圧試験装置<sup>1)</sup>を用いて、ベントナイトの締固め曲線と膨潤圧の関係を調べることにした。ベントナイトには、最大粒径  $D_{max}=4.75\text{mm}$  に調整した原鉱ベントナイトを用いた。

#### (2) 試験結果

試験結果を表-1 に、原鉱ベントナイトの締固め曲線(5Ec)と平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  の関係を図-1 に示す。図-1 中には、前報<sup>1)</sup>で報告した試験結果のうち締固めエネルギー5Ec で締め固めた case.3, case.5 も併せて示した。表-1 に示すように、平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  に達したときの供試体飽和度  $Sr_f$  (24 時間水浸した原鉱ベントナイトの土粒子密度  $\rho_s=2.73\text{Mg/m}^3$  を用いて算出) は 100% を若干超過する値となった。平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  を締固め時の含水比  $w$  についてプロットすると、図-1 に示すように最適含水比  $w_{opt}$  付近を頂点とした凸型の関係が得られた。このことから、発生する平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  は締固めの状態に影響を受けると言える。これまでに得られてきた全ての試験結果をプロットして描いた平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  と乾燥密度  $\rho_d$  の関係を図-2 に示す。図-2 によると、平衡膨潤圧  $\sigma_{sf}$  は乾燥密度  $\rho_d$  とほぼ線形の比例関係を示すことがわかる。

### 3. 不均一な膨潤状態を模擬した一次元土槽実験

#### (1) 実験モデル

図-3 に示す一次元実験モデル(幅 700mm, 奥行き 150mm)を使用して、ベントナイト層が不均一に膨潤した状態の膨潤圧  $\sigma_s$  の分布を測定した。ベントナイト層(原鉱ベントナイト,  $D_{max}=4.75\text{mm}$ )は実験に要する期間を考慮して、層厚キーワード 人工バリア, ベントナイト, 締固め, 膨潤圧

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 0424-89-7698

表-1 膨潤圧試験結果

	締固め条件		供試体作成時			平衡膨潤圧時			
			$w_0$ (%)	$\rho_d$ ( $\text{Mg/m}^3$ )	$Sr_0$ (%)	$\sigma_{sf}$ (MPa)	$w_f$ (%)	$Sr_f$ (%)	
2006 実施	case.1	wopt-3.9%	5Ec	18.0	1.58	67.5	0.96	27.5	103.0
	case.2	wopt	5Ec	21.9	1.61	86.3	1.08	26.6	104.3
	case.3	wopt+3.1%	5Ec	25.0	1.56	91.0	0.62	29.7	108.2
	case.4	wopt+8.1%	5Ec	30.0	1.44	91.4	0.23	34.0	103.6
2005 実施	case.1	wopt-7.4%	5Ec以上	14.5	1.60	56.0	1.00	26.1	100.9
	case.2	wopt-7.3%	5Ec以上	14.6	1.55	52.4	0.77	28.2	101.1
	case.3	wopt-7.3%	5Ec	14.6	1.50	48.6	0.55	30.1	100.2
	case.4	wopt-0.7%	5Ec以下	21.2	1.50	70.6	0.48	29.9	99.5
	case.5	wopt+4.1%	5Ec	26.1	1.50	86.9	0.50	32.7	108.9

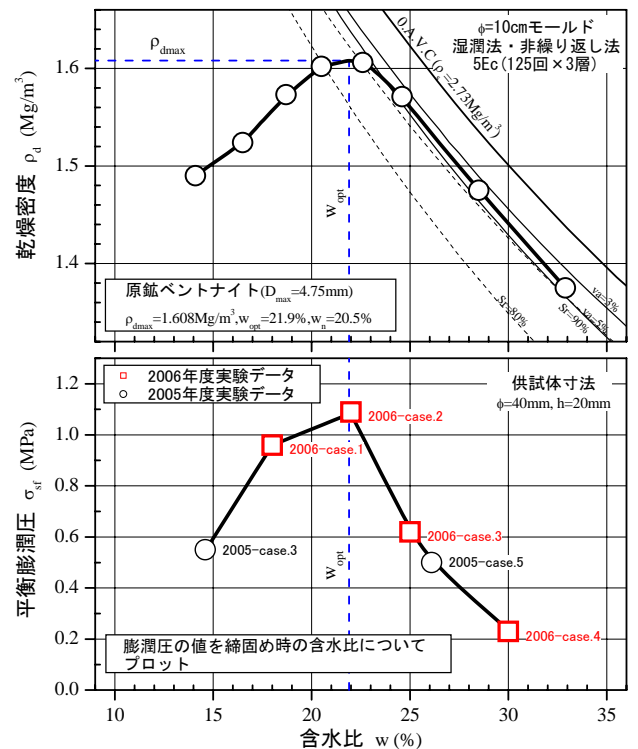


図-1 締固め曲線と平衡膨潤圧の関係

を20mmとし、 $w_0=14.5\%$ 、 $\rho_d=1.5\text{Mg/m}^3$ の状態に締め固めた。実験は、土槽底部両端から水を給水（最大水頭差1m程度）することでベントナイト層を不均一に膨潤させ、拘束板に設置した小型圧力計（13個）で膨潤圧 $\sigma_s$ を測定した。なお、ベントナイト層の表面には砂を敷き、拘束板と密着させた。実験状況を写真-1に示す。

(2) 膨潤圧および含水比測定結果

膨潤圧分布図を図-4に、90日経過後に土槽を解体して測定した含水比の分布図を図-5に示す。図-2に示したように、乾燥密度 $\rho_d=1.5\text{Mg/m}^3$ の場合の平衡膨潤圧 $\sigma_{yf}$ は0.5MPa程度である。図-4によると、給水位置直上付近のch-2およびch-12の膨潤圧 $\sigma_s$ は20日経過後で0.5MPa程度であり、ほぼ平衡状態に達していると判断できるが、この時点で中央付近ch-6~9では膨潤圧 $\sigma_s$ が測定されなかった。このことから、ベントナイト層が不均一に膨潤すると、給水位置からの距離によっては膨潤圧 $\sigma_s$ に平衡膨潤圧 $\sigma_{yf}$ 程度の差（図-4の場合、0.5~0.6MPa）が生じると言える。なお、90日経過後においても膨潤圧 $\sigma_s$ は均等にはならなかった。一方、90日経過後の含水比は、図-5に示すように全て飽和含水比 $w_{sat}$ （30.1%）を超過し、平均含水比（36.1%）から、飽和度 $S_r$ を算出すると120%となった（ $w_{sat}$ 、 $S_r$ ともに、24時間水浸した原鈹ベントナイトの土粒子密度 $\rho_s=2.73\text{Mg/m}^3$ を使用して算出）。なお、実験中の拘束板の変形は微小であり、土槽を解体する際は可能な限り除荷による吸水を防止しており、過度に膨潤したとは考えにくい。このことから、これには膨潤によってベントナイトの土粒子密度 $\rho_s$ が変化する等の微視的な要因が影響したものと考えられるが、その詳細を解明するには今後さらに検討が必要と考えている。

4. おわりに

本文では、ベントナイトの締め固め曲線と膨潤圧の関係、およびベントナイト層が不均一に膨潤した場合を模擬した一次元土槽実験で得た膨潤圧分布、含水比分布について報告した。今後も、引き続き実験的な検討を行ない、建設・操業時、および再冠水時のベントナイトの膨潤挙動について検討する予定である。

<参考文献>1)藤崎, 小林他: 飽和過程におけるベントナイトの膨潤挙動に関する実験的研究, 土木学会第60回年次学術講演会, 第III部門, pp.115\_116, 2)例えば, (社)地盤工学会: 土の締め固めと管理, 第1章 総論, pp.20\_27, 1991

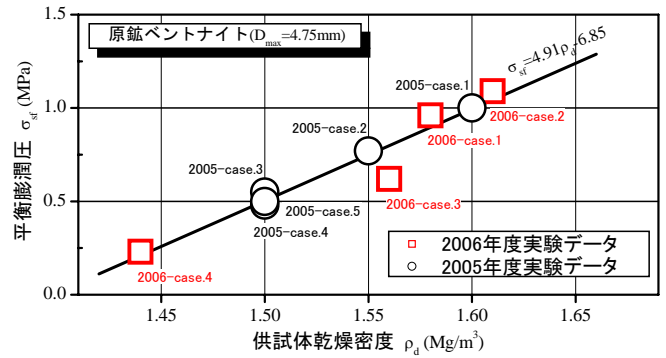


図-2 供試体乾燥密度と平衡膨潤圧の関係

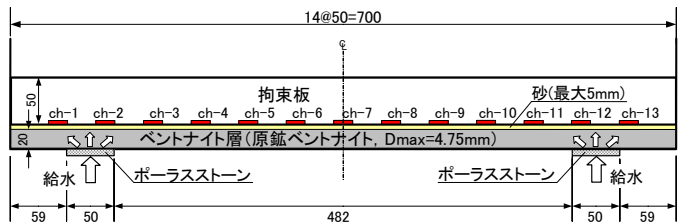


図-3 一次元実験モデル



写真-1 実験状況

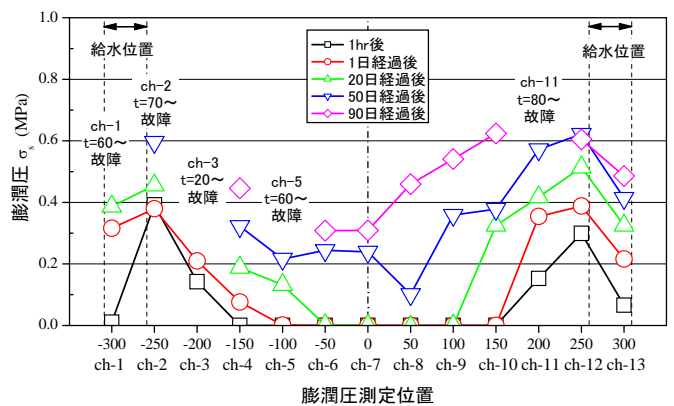


図-4 膨潤圧分布図

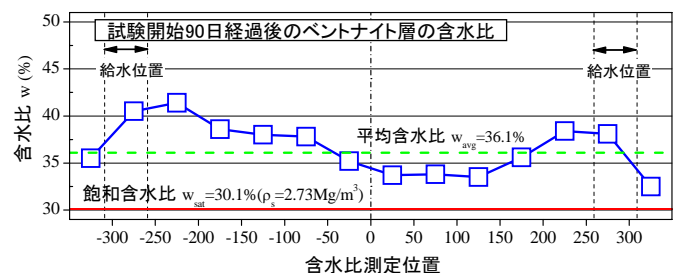


図-5 含水比分布図(90日経過後)