

D 2 - 5

## 変形したベントナイト混合土の遮水性能

(正)宇佐見貞彦、○(賛)工藤賢悟、(正)今泉繁良、  
(賛)加藤啓樹、(正)柴田健司  
特定非営利活動法人 最終処分場技術システム研究協会 (NPO・LS 研)

### 1. はじめに

わが国の廃棄物最終処分場に用いられる遮水工構造の一つとして、透水係数が  $10\text{nm/s}$  以下で厚さが  $50\text{cm}$  以上の粘性土の上に厚さが  $1.5\text{mm}$  の遮水シートを敷設する構造が定められており、現地発生土にベントナイトを混合して基準を満たすようにしたベントナイト混合土が使用されている。ベントナイト混合土は未固結の粒状材料であるため、遮水工の基盤が変形したりすると、ベントナイト混合土層自体も変形し、一定の変形量になるとせん断クラックが発生する<sup>1)</sup>。

本研究は、せん断クラックを発生させたベントナイト混合土の透水係数が、せん断を受けないときの透水係数と比べてどの程度変化するかについて実験的に評価したものである。

### 2. ベントナイト混合土層の変形実験方法<sup>1)</sup>

ベントナイトとして密度  $= 2.86\text{ (g/cm}^3\text{)}$ 、膨潤力  $= 38\text{ (ml/2g)}$  のアメリカ産のものを用い、母材として最大粒径  $10\text{mm}$  の砂質土(SF)に分類される砕石砂を用いて、ベントナイト添加率  $10\%$ 、含水比  $15\%$  の条件で混合したあと、幅  $20\text{cm}$ 、長さ  $80\text{cm}$ 、深さ  $48\text{cm}$  の鉄製土槽内に敷き均し、目標締固め度を  $95\%$  として、油圧ジャッキを用いて厚さ  $10\text{cm}$  または  $20\text{cm}$  の混合土層を作成した。なお、ベントナイト添加率  $10\%$  における最適含水比は  $10.6\%$ 、最大乾燥密度  $1.880\text{g/cm}^3$  であったが、変形実験での含水比を最適より多くし、締固め度を  $95\%$  に設定したのは、劣悪な条件を想定したためである。

鉄製土槽内に上部に凹部を有するコンクリート製底盤を設置した後、この上に作成した混合土層を置き (図-1(a))、さらにその上に砂層とエアバッグを置いた後、鉄製上蓋を土槽に固定した(図-1(b))。この混合土層に対して、エアバッグを介して圧力を  $10\text{kN/m}^2$  ずつ段階的に増大させ混合土層をせん断・曲げ変形させた。

変形実験の終了後、図-2(a)に示すように混合土層のクラックが発生している位置と発生していない位置から、内径  $10\text{cm}$  の鋼製カッターリング (図-2(b)参照) を用いて、透水

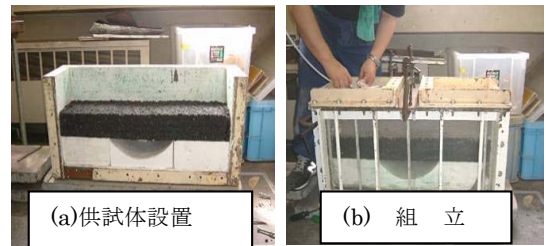
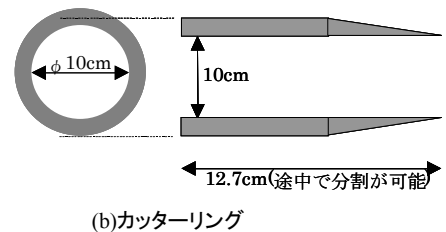


図-1 変形実験の装置



(b)カッターリング

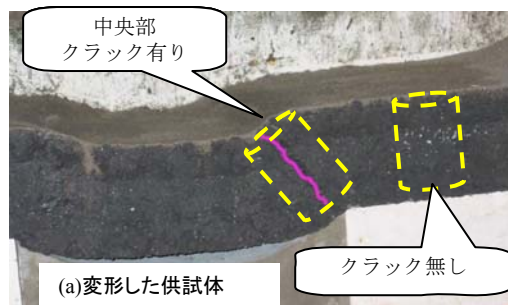


図-2 変形実験後の混合土から供試体の採取状況



(c)透水試験用供試体作成

【連絡先】〒108-0074 東京都港区高輪 3 丁目 23 番 14 号 シャトー高輪 401 特定非営利活動法人 最終処分場技術システム研究協会 TEL03-3280-5970 FAX 03-3280-5973 E-mail:lisa@bd6.so-net.ne.jp

【キーワード】最終処分場、ベントナイト混合土、変形追従性能、せん断破壊、透水係数

試験用の供試体を削り取った（図-2(c)参照）。その後、マイターボックスを用いて、長さ 10cm となるように供試体の上下面の整形を行った。

### 3. 透水実験装置

通常、室内で行う透水係数の測定には定水位型と変水位型の二つの方法が用いられており、剛壁のモールド内に締め固めた試料を供試体として使用するのが一般的である。しかし、ベントナイト混合土のような透水係数が  $10^{-7}$ cm/s よりも小さい材料に対して剛壁モールドを用いた透水試験を行うと、飽和完了の確認が不可能であること、試験期間の短縮のため動水勾配を大きくすると剛壁と供試体との間に側壁漏れが生じる恐れなどが指摘されている。そこで、本実験では、供試体に背圧を与えることで気泡を最小化でき、B 値の計測により飽和状態の確認が可能で、水頭差を 1~5000cm 程度まで自由に設定できるなどの長所を持つ、図-3 に示すたわみ性壁透水試験装置を用いた。

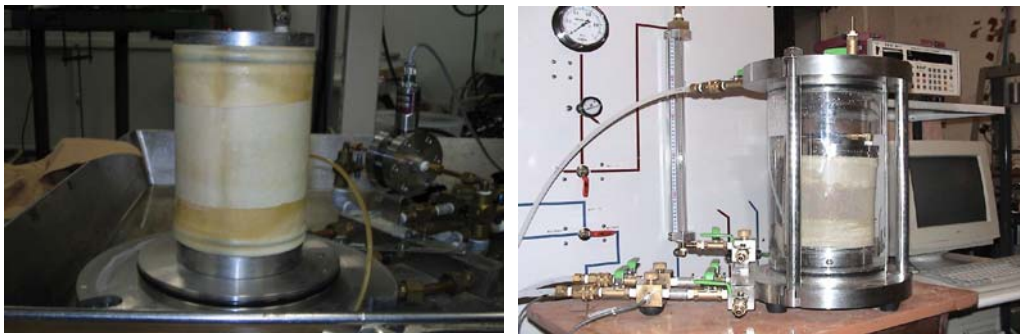


図-3 透水試験供試体の設置状況および圧力室

### 3. 実験結果

図-4 は、B 値が 0.95 以上であることで供試体の飽和を確認したあとの経過時間に伴う透水係数の様子を示したものである。また、表-1 は飽和が完了して透水係数を計測した直後と 100 時間経過後の値をまとめて示したものである。

これらの図表に見られるように、いずれの供試体においても測定値の傾向は同様で、クラックの発生した位置から

採取した供試体の透水係数は、クラックの無い位置から採取したものより、経過時間が数十時間までは 5

~10 倍大きい値を示している。しかし、100 時間経過すると両供試体の透水係数はほぼ同じ値となっていることがわかる。これは、時間の経過に伴ってベントナイトの膨潤が進行し、空隙を充填した結果と推測される。また、計測開始直後にいずれの透水係数も  $1 \times 10^{-6}$ cm/s より大きいのは、せん断・曲げ変形を受けたことによって、肉眼では確認できなかった微妙な粒子構造変化が生じた結果によるものと考えられる。図-4 には、せん断・曲げ変形を受けていないベントナイト混合土の透水性の変化を知るために、混合土を直径 10cm のモールド内で締め固め、透水試験を実施した結果を「モールド」と記して示してある。このときの透水係数は計測時間の経過に伴う変動が小さいのが特徴である。この計測結果と比べると、変形実験

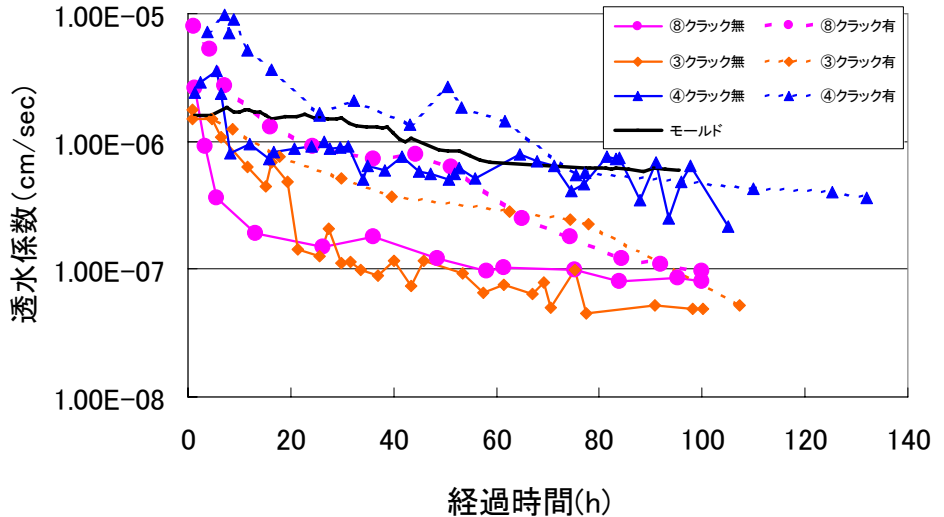


図-4 供試体飽和完了後の透水係数の経時変化

後に採取した供試体の透水係数は、透水試験開始直後にかなり大きな値となっている。

表-1 透水試験結果まとめ

供試体 No.	混合土層 厚さ(mm)	締固め度 (%)	クラック無し		クラック有り	
			初期透水係数	100 時間経過後	初期透水係数	100 時間経過後
②	100	98.3	$8.0 \times 10^{-6}$	$1.14 \times 10^{-7}$	$9.0 \times 10^{-6}$	$5.94 \times 10^{-7}$
③	100	99.4	$1.5 \times 10^{-6}$	$4.85 \times 10^{-8}$	$1.7 \times 10^{-6}$	$5.26 \times 10^{-8}$
④	100	94.6	$7.2 \times 10^{-6}$	$2.17 \times 10^{-7}$	$2.4 \times 10^{-6}$	$3.65 \times 10^{-7}$
⑧	200	95.2	$2.6 \times 10^{-6}$	$6.80 \times 10^{-8}$	$7.9 \times 10^{-6}$	$8.27 \times 10^{-8}$

表-2 は、透水試験において飽和が完了するまでに供試体に流入させた概略水量を示したものである、表-1 に示した全ての試験に対して計測したものではないが、クラックの位置から採取した供試体の水量は、クラックが発生していない供試体よりも 30~70% 多くの水量が必要となっている。

表-2 飽和までに必要な概略流入水量 (cm<sup>3</sup>)

供試体 No.	クラック無し	クラック有り
③	245	320
⑧	255	430

#### 4. まとめ

ベントナイト混合土は、その下にある基盤が圧縮・圧密沈下したり、土が流出したりすると、それに追従して変形する。そのとき、せん断・曲げ変形を受けることになり、土粒子の配列が変化し、変形が大きいとクラックが生じることになる。本研究では、ベントナイト混合土層に変形を生じさせた後、そこから不攪乱の供試体を切り出して、透水試験を実施した。試験の数は多くはないが、今回の実験で得られた主な結果を下記に示す。

- ① 変形を受けたベントナイト混合土の透水係数は 1 オーダー程度増大する。
- ② クラックが発生している位置から採取した供試体の透水係数は、クラックが発生していない位置から採取した供試体の値より大きい。
- ③ しかし、供試体の飽和が完了後 100 時間以降の透水係数に関しては、両位置から採取した供試体の値はほぼ等しくなる。したがって、100 時間（約 4 日）で、ベントナイトの膨潤により、ベントナイト混合土の透水係数は基準値を満足するレベルに回復するものと考えられる。
- ④ 供試体が飽和状態になるまでに流入させた水量は、クラックが発生した位置からの供試体の方が多い。

今後は、変形速度を遅くした変形実験を行い、クラックの発生状況を確認するとともに、変形を受けたベントナイト混合土の透水性をより詳細に検討していく予定である。

**謝辞：**本研究は、NPO・LS 研が平成 17 年度に実施した研究の一部である。記して感謝の意を表します。

**NPO/LS 研 参加メンバー：**花嶋正孝 (LS 研理事長)、古市 徹 (北海道大学)、小谷克己 (太洋興業(株))、今泉繁良 (宇都宮大学)、宇佐見貞彦 (八千代エンジニアリング(株))、工藤賢悟 (日本国土開発(株))、伊藤隆彦 (大成ロテック(株))、大川啓輔 (株ウエスコ)、八田晃治 (太洋興業(株))、原田高志 (株ブリヂストン)、柴田健司 (株大林組)、加藤啓樹 (ボルクレイ・ジャパン(株))、瀧澤卓也 (日本技術開発(株))、野々田充 (日本道路(株))

また、実験に際しては宇都宮大学工学部の吉直卓也技官に多くの協力を頂きました。お礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 宇佐見貞彦、工藤賢悟、今泉繁良、加藤敬樹、柴田健司；最終処分場に活用するベントナイト混合土の変形性能と設計手法の提案、第 17 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp. 935-937、2006