

## D 4 - 3

## 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

(正)宇佐見貞彦<sup>1)</sup>, ○工藤賢悟<sup>2)</sup>, (正)今泉繁良<sup>3)</sup>, 加藤啓樹<sup>4)</sup>, (正)柴田健司<sup>5)</sup>

1) 八千代エンジニアリング(株), 2) 日本国土開発(株), 3) 宇都宮大学, 4) (株)ボルクレイ・ジャパン, 5) (株)大林組

## 1. はじめに

廃棄物最終処分場では、汚染水が周辺の地盤・地下水へ浸透拡散することを防ぐため、平成10年以降、遮水シートと粘性土を組み合わせた遮水構造が多く使用されている。使用する粘性土は、透水係数が10nm/s以下で厚さが50cm以上であることが規定されているが、天然の粘土の入手が困難なわが国では、現地発生土にベントナイトを混合したベントナイト混合土が使用されている。

ところで、廃棄物埋立ての進行に伴い、廃棄物荷重が増大し処分場の基礎地盤は圧縮・圧密変形する。また、地下集排水管周辺の埋戻し土が洗掘を受けたり、集排水管が上載荷重により変形し、ベントナイト混合土層下の地盤に空間や局部沈下が生じることもある。このような場合、ベントナイト混合土層は変形して追従しなくてはならないが、変形が大きいと破壊に至ることがある。

本研究は、ベントナイト混合土層の下の基礎地盤が沈下した場合、ベントナイト混合土層がどの程度変形に追従できるのか、また、どのような破壊形態を示すかについて、二次元模型地盤で確認し、ベントナイト混合土層の変形性能を評価し、設計手法を提案するものである。

## 2. 実験の概要

## 2.1 ベントナイト混合土の特性

## (1)ベントナイト

ベントナイトはアメリカ・ワイオミング産ベントナイトを用いた。ベントナイトの特性は、密度=2.86 (g/cm<sup>3</sup>)、膨潤力=38 (ml/2g)、pH=9.8、液性限界=581%、塑性限界=38%であった。

## (2)砕石砂

ベントナイト混合土の母材は、砕石砂を使用した。内径10cm、容積1,000cm<sup>3</sup>の鋼製モールドと質量2.5kgのランマーを用いて、湿潤土を突固め層数3層、各層の締固め回数25回の非繰返し法で締固め試験を実施した結果、最大乾燥密度2.11g/cm<sup>3</sup>、最適含水比9.6%が得られた。なお、砕石砂は、日本統一土質分類に基づき砂質土(SF)と分類された。

## (3)ベントナイト混合土

砕石砂にベントナイトを10%添加し、目標含水比を15%として締固め、変形試験用の供試体を作成した。供試体の幅は20cm、長さは80cmで、厚さは5cm~20cmに変化させた。

## 2.2 ベントナイト混合土層の変形実験方法

変形実験は、図-1の要領で実施した。まず、上部に凹部を有するコンクリート製底盤を鉄製土槽内に設置し(図-1(a))、その上に別途締固め作成したベントナイト混合土供試体を載せ(図-1(b))、砂層・エアバック・鉄製上蓋・変位計を装着した(図-1(c)参照)あと、以下の手順で破壊するまで変形(図-1(d))させた。

① コンプレッサからのホースを鉄製上蓋を通過させて、エアバックに接続した。

② エアバックの空気圧力を10kN/m<sup>2</sup>ずつ増大させ、そのときのベントナイト層中央部の鉛直変位量を計

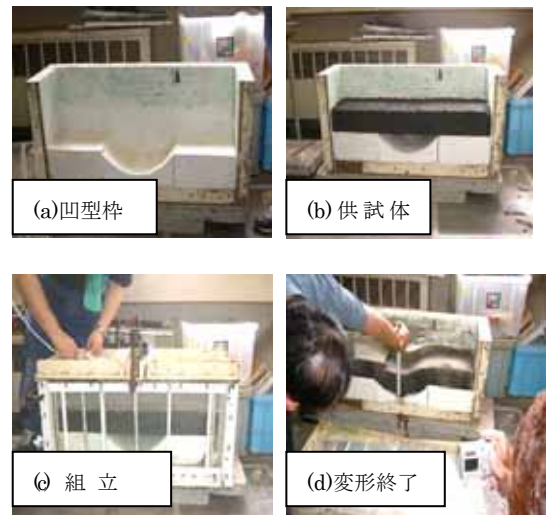


図-1 実験装置と変形実験手順

【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, 設計手法提案

- ③ 測した。なお、空気圧力は、1 分間の鉛直変位量がベントナイト混合土層下部に設けたコンクリート
- ④ 製基盤の凹部幅の 1/100 となった後、次の圧力を加えるようにした。
- ⑤ ベントナイト混合土層の変形状況とクラック発生状況を、前面アクリル板を通してビデオで撮影した。

鉛直変位量が大きく増大し、ベントナイト混合土層が破壊した時点で試験を終了した。

### 2.3 実験ケース

実験は、まず、ベントナイト混合土層の厚さを 100mm、底盤凹部の幅を 300mm に固定し、深さを 30, 50, 80mm と変化させた表-1 に示すNo.①～⑤(第 1 シリーズと呼ぶ。図-2 上)参照)を実施した。この第 1 シリーズでは、実際の沈下形状を模擬して凹部を円形にした。また、ベントナイト混合土層の締固め度を、93%～99%に変化させた。

次に、底盤上部の凹部の深さを 80mm の角型凹型として、その幅を 400mm と 500mm に、ベントナイト混合土層の厚さを 50, 100, 200mm と変化させたNo.⑥～⑩(第 2 シリーズと呼ぶ。図-2 下)参照)を実施した。

締固め度は 95%以上を目標とした。

### 3. 実験結果

変形実験において、中央沈下量が大きく増大して止まらなくなり始めたときの荷重(最大荷重)と中央沈下量を、一覧表として示したのが表-2 である。表-2 には、(0.5×凹幅/供試体厚さ)を「せん断スパン比」と定義した値も示してある。

表-2 からわかるように、第 1 シリーズで凹部深さが 30mm の場合(No.①)は、最大荷重が 166.7kPa と他の実験に比べて大きい値を示した。しかし、沈下量は 14mm で、凹部の底まで追従することはなかった。また、凹部深さが 80mm で、締固め度が 93%のNo.⑤は、中央沈下量が 30mm で、第 1 シリーズの中で最大の沈下量を示した。第 1 シリーズにおけるベントナイト混合土層に発生した亀裂の状況は、全てが底盤凹部の肩に当たる混合土下面から上方に斜めに亀裂が進行するからせん断ひび割れが先行した後凹部中央の混合土層下面に曲げひび割れが発生(図-2 上)するものであった。

第 2 シリーズのNo.⑥, ⑦, ⑧は載荷スパンを 400mm に固定し、供試体の厚さを変化させたものである。厚さが薄いNo.⑥は自重だけで 40mm 沈下し、載荷圧を与えた直後に供試体中央下面の亀裂が卓越して破断した。No.⑦は厚さ 100mm で、最大荷重は 58.8kPa, No.⑧の厚さは 200mm で最大荷重は 98kPa となり、剛性(EI)が高くなると最大荷重が増加する

表-1 実験のケース

凹部の幅	厚さ	厚さ	厚さ
	50mm	100mm	200mm
300mm		①, ②, ③, ④, ⑤	
400mm	⑥	⑦	⑧
500mm		⑨	⑩

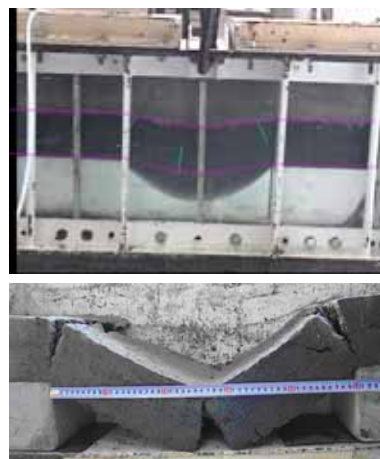


図-2 最終変形状況

表-2 全実験結果

実験 No.	凹部深さ mm	厚さ mm	スパン	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Dc%	最大荷重 kPa	クラックの種類	中央沈下量 mm	せん断スパン比
1S ①	30	100	300	1.84	97.90	166.70	なし	14.00	1.5
1S ②	50	100	300	1.84	98.30	88.26	せん断	12.00	1.5
1S ③	80	100	300	1.87	99.35	107.80	せん断	14.50	1.5
1S ④	50	100	300	1.78	94.60	98.00	せん断	11.00	1.5
1S ⑤	80	100	300	1.74	93.00	68.65	せん断・曲げ	30.00	1.5
2S ⑥	80	50	400	1.85	98.40	0.00	せん断・曲げ	40.00	4
2S ⑦	80	100	400	1.88	100.31	58.80	曲げ・せん断	23.70	2
2S ⑧	80	200	400	1.79	95.20	98.00	せん断	39.67	1
2S ⑨	80	100	500	1.84	98.30	29.40	曲げ・せん断	12.81	2.5
2S ⑩	80	200	500	1.76	93.70	107.80	せん断	30.00	1.25

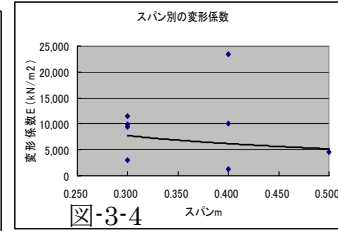
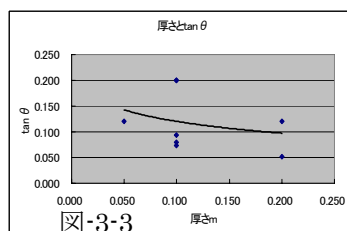
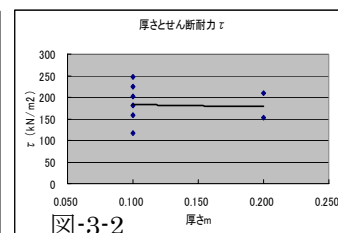
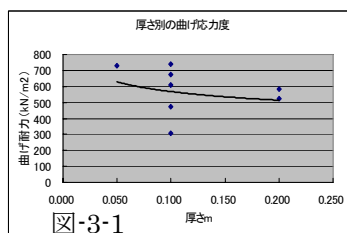


図-3 試験結果解析図

ことがわかった。また、厚さを 100mm とし、凹部幅が異なる No.⑨, ⑦, ⑤を比較したとき、せん断スパン比の減少とともに最大荷重が増大するという傾向もわかった。第 2 シリーズにおける亀裂の発生状況は凹部肩付近に発生するせん断亀裂と凹部中央に発生する曲げ亀裂の混在として観察され、せん断スパン比が大きくなると曲げ亀裂が卓越する傾向が見られた。

図-3 は、供試体を弾性体単純梁とみなして解析し、ベントナイト混合土層厚さと曲げ応力度、せん断応力、沈下角度の関係等を示したものである。解析結果にばらつきが見られるが、その近似線は水平に近いものとなった。表-3 は、図-3 の解析値の平均値を示したものであり、ベントナイト混合土層を設計する際の基準値になると考える。

図-4 は、厚さ 50cm のベントナイト混合土層上に埋立て密度 1.7g/cm<sup>3</sup>、埋立て深さを 10m の廃棄物が存在する様子を示している。そして、このベントナイト混合土層下に布設した管が埋立て荷重で 7% だけ変形した場合、ベントナイト混合土層が安全であるかについて、掘削幅 L を変化させたときのベントナイト混合土層に生じる曲げ応力度、沈下角度、せん断応力を単純梁理論で解析した。変形係数は表-3 の値とした。解析結果は図-5 のとおりである。図-5 から、曲げ破壊の限界はスパン 1.1m であり、その時の沈下角度は  $\tan\theta=0.1$ (10%勾配) となり、表-3 の  $\tan\theta$  に達している。一方、せん断応力度は図-5-3 から、スパン 0.7m で限界となる。以上より、ベントナイト混合土の破壊は、せん断破壊先行で発生すると予測でき、側溝の幅を 70cm 以下且つ管径を 500mm 以下にするか、変形が小さいコンクリート管を使用する必要がある。

#### 4. まとめ

ベントナイト混合土層は変形追従性能が低い。したがって、設計時においては、下記の項目を検討する必要がある。

- (1) 厚さが 50cm のベントナイト混合土層の不等沈下は 10% 勾配以下に抑える。
- (2) ベントナイト混合土層が変形すると予測される箇所は、せん断破壊しないように地盤の支持力を照査し、せん断破壊が予測される場合は地盤改良等で補強する。
- (3) ベントナイト混合土層下に集水管を敷設する場合は、管の変形量と掘削幅を調整する。

#### 5. 今後の課題

ベントナイトの添加量と含水比の変化が、変形性能にどのような影響を与えるかについての研究が今後の課題と考えている。また、変形時の遮水性の変化の把握についても課題である。

謝辞：本研究は、NPO・LS 研の平成 17 年度研究成果の一部である。ここに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))、伊藤隆彦(大成ロテック(株))、日置和昭(不動建設(株))、大川啓輔(株ウエスコ)、八田晃治(太洋興業(株))、坪井政行(東洋ゴム工業(株))、花見秀二(東ソー・ニッケミ(株))、原田高志(株ブリヂストン)、額額卓也(日本技術開発(株))、野々田充(日本道路(株))

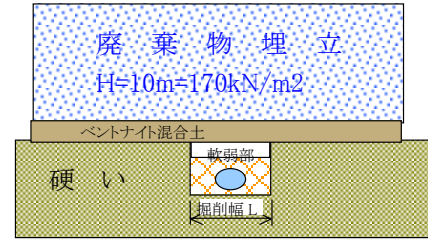


図-4 処分場の埋立モデル

表-3 混合土の限界強度と変形係数

変形係数E=	5000.0	kN/m <sup>2</sup>
限界曲げ応力度 $\sigma$ =	600.0	kN/m <sup>2</sup>
限界せん断応力度 $\tau$ =	175.0	kN/m <sup>2</sup>
限界たわみ $\tan\theta$ =	0.100	

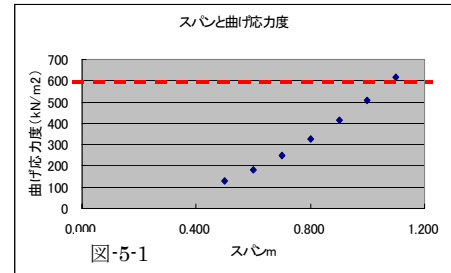


図-5-1

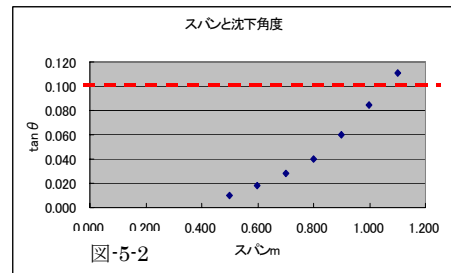


図-5-2

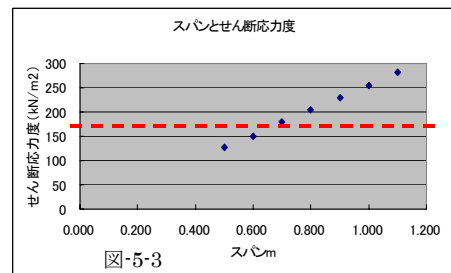


図-5-3

図-5 解析結果