

青森・岩手県境不法投棄対策における浸出水貯留池の土質遮水層の建設

Construction of Compacted Clay Liners in Leachate Impounding Basin, Unlawful Dumping of Waste at Aomori-Iwate Prefectural Border

宇良直子 (うりょう なおこ)

㈱間組 技術・環境本部 環境事業開発部

佐藤善栄 (さとう よしえい)

㈱間組 東北支店土木部 青森県境作業所所長

則松 勇 (のりまつ いさむ)

㈱間組 技術・環境本部 環境事業開発部 主任

舟山重則 (ふなやま しげのり)

㈱間組 東北支店土木部 課長

1. はじめに

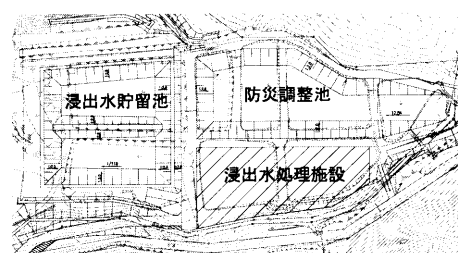
青森県田子町と岩手県二戸市にまたがる27 haの広大な土地に、焼却灰、堆肥、汚泥、廃油、RDFなど推定82万 m^3 もの産業廃棄物が不法に投棄され、大きな社会問題となっている。廃棄物からは主にテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ジクロロメタンおよびベンゼンなどの揮発性有機化合物や、一部に鉛、ダイオキシン類が基準を超過して検出されるなど、複合汚染の状況を呈している¹⁾。この問題は1998年12月に発覚し、青森、岩手両県は行政代執行により原状回復に着手することとなった。原状回復事業の基本方針は廃棄物の全量撤去であるが、本格撤去までの間は、廃棄物表面には全面的に遮水シートを敷設し浸出水量の低減を図っている。本報は、この原状回復事業のうち、特に浸出水貯留池の土質遮水層施工とその管理手法について報告するものである。

2. 工事の概要

不法投棄現場には基盤に凝灰角礫岩（難透水性）が分布し、その層厚も十分に厚いことから汚染拡散防止対策の底面遮水層としての機能が期待できる。このことを利用し、地下水汚染の拡散を防ぐため、不法投棄現場には地中に鉛直遮水壁を設置する。同時にその遮水壁によって、投棄現場内からの浸出水を集め、浸出水貯留池に導く。貯留池からは計画処理水量を浸出水処理施設に取り入れて汚染物質を除去し、処理後に近くの沢へ放流することになっている¹⁾。本工事は、雨水の流量を調整するための防災調整池の建設、および廃棄物からの浸出水を処理施設で処理するまでの流量調整池となる浸出水貯留池の建設よりなる（図—1）。防災調整池、浸出水貯留池の規模等は以下のとおりである。

・ 防災調整池 12 000 m^3 ・ 浸出水貯留池 12 300 m^3
 （土質遮水層 3 290 m^3 遮水シート 6 230 m^2 ）

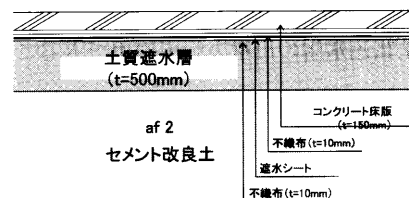
なおこの両池の建設予定地は、以前投棄されていた廃棄物から発生する浸出水を一時貯留していた場所であり、この池には軟弱な降下火砕物（af 2層）が約2～3 m堆積していた。このため本工事では、まずこの軟弱土に対してセメント系改良材混合による地盤改良を行っている。



図—1 現場平面図



写真—1 浸出水貯留池



図—2 底盤部断面図

3. 浸出水貯留池における遮水工の概要

浸出水貯留池は、底盤部および、1：2.0勾配の法面部よりなり、中仕切堤により二つに分かれた形状となっている（写真—1参照、写真は平成16年12月9日現在の状況）、また、浸出水貯留池は不法投棄現場内からの浸出水が流入してくる。そのため、図—2に示すように廃棄物最終処分場における遮水工の構造基準（「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」の一部改正）と同等の二重遮水構造（土質遮水層（透水係数 $1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 以下、層厚50 cm以上）+遮水シート）となっている。

4. 土質遮水層

4.1 現地発生土について

本工事では地盤改良工事が先行して行われていたため、

論文

現場より発生する土はすべてセメント改良土であった。そのためまずセメント改良土の土質遮水材料としての性能を評価するために、セメント改良土のみの透水係数を測定した。また、その改良土に対して、遮水性を高めるため、乾燥重量比でベントナイトを10%添加した材料（自然含水比状態）についても透水係数を測定した。透水係数については、通常、実施工におけるばらつきなどを考慮して、室内透水試験では構造基準よりも1オーダー低い透水係数（ 1.0×10^{-7} cm/sec 以下）を目標値としている。図-3よりセメント改良土は、目標の透水係数を満足していない。さらにセメント改良土にベントナイトを10%添加した材料についても目標値は満足しなかった。これは、セメント改良により土粒子同士が団粒化し、ポーラスリッチな構造となっていたためと推測される。さらにベントナイトを10%添加した材料においても、ベントナイトの団粒化によって生じた空隙を十分に閉塞することができなかったものと考えられる。以上のことから、セメント改良した現地発生土を、土質遮水層の母材として使用することは不相当であると判断し、母材として購入土を使用することにした。なお、購入土は現場付近から入手可能な砂質系の材料とした。購入土および購入土+ベントナイト10%添加の土質遮水材料の粒径加積曲線を図-4に示す。

4.2 配合試験

図-5に、購入した土と、その土に乾燥重量比でベントナイトを10%添加した材料についての透水試験の結果を示す。購入土のみではいずれの含水比においても目標透水係数を満足できなかったが、購入土にベントナイトを添加したところ、含水比 w : 22~32%の範囲で室内試験の目標透水係数 1.0×10^{-7} cm/sec 以下となり、購入土は土質遮水層の母材として使用できることが確認

できた。なお、ベントナイトの配合率は、購入土の最小透水係数が 10^{-6} cm/sec オーダーであったこと、また粉体と土の均一混合性などを考慮して10%とした。

4.3 施工管理値の決定

土質遮水層の施工に際し、管理値として含水比と締固め度を決定する必要がある。まず含水比については、透水係数を満足し、施工性および施工中に予想される乾燥等を考慮して、管理含水比を最適含水比+1%である24%と設定した（ベントナイト混合土の締固め曲線については図-6参照）。また、締固め度については、設定した管理含水比のもとで、透水係数と締固め度の関係を調べた結果、締固め度95.5%以上で所定の透水係数を満たすことを確認した（図-7）。

4.4 土質遮水層の安定性について

1:2.0勾配法面部については、土質遮水層の長期安定性を確認するため、円弧すべり（安全率が最小となるすべり面を検出）、および複合すべり（あらかじめすべり面を特定）の両観点から、常時・地震時について検討した。なお土質定数は、三軸圧縮試験より得られる結果（ c, ϕ ）を使用した。複合すべり面の形状を図-8に、用いた土質定数、計算条件を表-1に、また計算の結果を表-2に示す。計算の結果、本工事にて施工した土質遮水層は、1:2.0勾配法面部において常時・地震時ともすべりに対して十分な安全率を有していることがわかった。

4.5 現場試験施工

以上の結果を用いて、現場試験施工を行った。現場試験施工の目的は、室内試験で求められた締固め度を達成するための締固め仕様（締固め回数・使用する機械）の決定と、最終仕上がり厚さを50 cm とするための、まき出し厚さの決定である。また同時に透水係数の確認も行

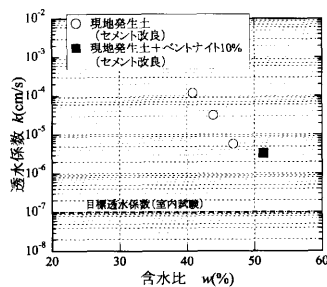


図-3 セメント改良土の透水試験結果

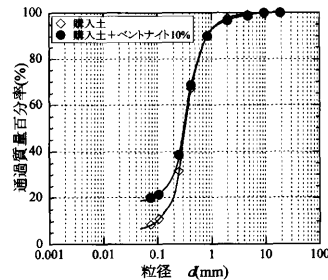


図-4 購入土の粒度試験結果

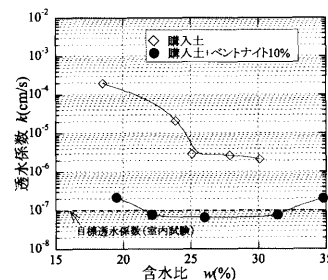


図-5 購入土の透水試験結果

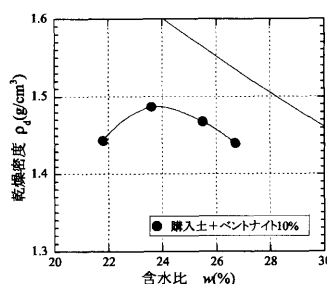


図-6 購入土の締固め曲線

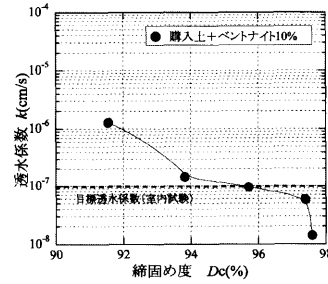


図-7 購入土の締固め度と透水係数の関係

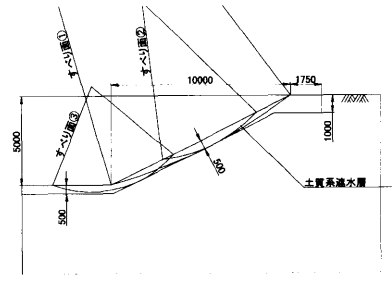


図-8 1:2.0法面における安定性の検討断面（複合すべり）

表—1 すべりの安定計算に用いた土質定数・計算条件

湿潤単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	14.7
飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m ³)	15.7
粘着力 c (kN/m ²)	2.729
内部摩擦角 ϕ (°)	32.47
設計水平震度 k_h (-)	0.12
貯水池内水位	考慮しない
地下水位	考慮しない
上載荷重	考慮しない

表—2 安定計算結果

検討方法	すべり面		安全率	判定
円弧すべり	(安全率が最小となるすべり面)	常時	2.539	>1.2 ⇒ OK
		地震時	1.986	>1.0 ⇒ OK
複合すべり	すべり面①	常時	3.697	>1.2 ⇒ OK
		地震時	2.917	>1.0 ⇒ OK
	すべり面②	常時	3.468	>1.2 ⇒ OK
		地震時	2.720	>1.0 ⇒ OK
	すべり面③	常時	6.183	>1.2 ⇒ OK
		地震時	4.230	>1.0 ⇒ OK

い、透水係数が現場での目標値 (1.0×10^{-6} cm/sec 以下) を満たしていることを確認した。

(1) ベントナイト混合土の製造

使用する母材とベントナイトの混合は、自走式土質改良機 (SR-P1200, 日立建機製) を使用した。混合状況を口絵写真—1 に示す。この機械は、コンベヤスケールで母材の質量を直接計測し、比例制御方式により、設定した添加率にてベントナイトを定量混合することができる。また母材は日々含水比が変化するため、毎朝混合前に母材の含水比を確認し、加水が必要であると判断した際は、混合後のベントナイト混合土の含水比が一定値となるよう、混合途中で加水できるしくみになっている。なお、混合後の土質遮水材料から無作為にサンプリングを行い、所定の含水比となっていること、ベントナイトの添加率が10%以上になっているかどうかを確認している (ベントナイトについてはメチレンブルー吸着法を用いた)。

(2) ベントナイト混合土の転圧仕様の決定

口絵写真—2 に底盤部の締固め状況、口絵写真—3 に法面部の締固め状況を示す。転圧は、底盤部法面部とも2層に分けて行った。転圧に使用した機械は、底盤部をタイヤローラーとした。1:2.0勾配法面部については急斜面であるため通常のタイヤローラー等の転圧機械では登坂できないことが経験上明らかである。よって今回は法面部が1段であり、底盤部からの転圧が可能であるため、0.7 m³ 級バックホウでの転圧を試みた。転圧仕様を決定するため、転圧回数 4, 6, 8 回…ごとに締固め度を測定し 4.3 節より締固め度 95.5% 以上となる転圧回数を調べ、これを施工締固め回数とした。なお締固め度は散乱型 RI 密度測定器を用いて測定した。また転圧終了後の沈下量から、遮水層仕上がり厚さが 50 cm 以上となるよう、転圧前のまき出し厚さを決定した。さらに転圧終了後に室内透水試験用のモールドを採取し、透水試験を行い、透水係数 1.0×10^{-6} cm/sec 以下となること

表—3 決定した転圧仕様

底盤部	1層あたりのまきだし厚さ	28cm
	転圧機械	タイヤローラー
1:2.0法面部	転圧回数	8回以上
	1層あたりのまきだし厚さ	30cm
	転圧機械	バックホウ (0.7m ³ 級)
	転圧回数	6回以上

表—4 本施工における透水試験結果

1 回目	$6.97 \times 10^{-7} \sim 9.88 \times 10^{-7}$ cm/sec	底盤部
2 回目	$1.26 \times 10^{-8} \sim 3.85 \times 10^{-7}$ cm/sec	法面部
3 回目	$1.34 \times 10^{-8} \sim 2.15 \times 10^{-8}$ cm/sec	法面部
4 回目	$1.13 \times 10^{-8} \sim 1.55 \times 10^{-8}$ cm/sec	底盤部
5 回目	$1.23 \times 10^{-8} \sim 1.39 \times 10^{-8}$ cm/sec	法面部
6 回目	$1.23 \times 10^{-8} \sim 2.09 \times 10^{-8}$ cm/sec	法面部

を確認した (底盤部: $1.25 \times 10^{-8} \sim 2.73 \times 10^{-8}$ cm/sec, 1:2.0勾配法面部: $7.15 \times 10^{-8} \sim 1.75 \times 10^{-7}$ cm/sec)。このようにして決定した転圧仕様を表—3 に示し、これを現場管理値とした。

4.6 本施工

現場試験施工にて決定した管理値を用いて、本施工を実施した。管理単位面積ごとに室内透水試験用のサンプリングを行い、計 6 回透水試験を実施した。その結果、すべての試料採取場所において透水係数が 1.0×10^{-6} cm/sec 以下になることを確認した (表—4)。なお、遮水層は、転圧終了後直ちに農業用ビニルシートを敷設し、乾燥による含水比の低下を防止した。また、降雨時には、ベントナイト混合土の製造および転圧を中止し、ベントナイト混合土の泥ねい化を防止した。

5. おわりに

本報では、浸出水貯留池の施工とその管理手法について述べた。遮水層の施工において、底盤部はタイヤローラーで、1:2.0勾配法面部は 0.7 m³ 級バックホウで締固めることにより、厚さ 50 cm、透水係数 1.0×10^{-6} cm/sec 以下を満足する土質遮水層を構築することができた。土質遮水材料は購入した砂質土にベントナイトを乾燥重量比で 10% 添加したベントナイト混合土を使用した。

また同時に 1:2.0勾配法面部における土質遮水層の長期的安定性を確認するために、三軸圧縮試験を実施し、ベントナイト混合土の土質定数を求め、すべり解析の結果から安全であることを確認した。

最後に本工事の遂行にご尽力いただいた青森県特別対策局県境再生対策室、ならびに財団法人青森県建設技術センターに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 大日向勝美・和田卓也・井口昭則: 青森・岩手県境不法投棄現場における廃棄物分布状況と汚染拡散防止対策, 不法投棄・不適正処分場に係る環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, pp. 29~34, 2004.

(原稿受理 2005.2.16)