

# 廃棄物最終処分場適正閉鎖工事 —新しい原位置攪拌混合ソイルセメント壁構築工法 (CSM 工法)—

則松 勇・辻本 洋次郎・齋藤 隆

大分県豊後大野市にある旧東部清掃センター埋立処分場は、平成10年3月の旧厚生省生活衛生局水道環境部長通知「一般廃棄物最終処分場の適正化について」において不適正処分場と指摘を受け、国庫補助事業を活用し、国の閉鎖基準に適合する処分場へ向け対策を実施した。対策工としては、主に埋立地への周辺からの地下水流入の防止および浸出水（汚水）の下流地下水への流出を防止するための鉛直遮水壁の構築、雨水の埋立地への浸透を制御するための最終覆土工からなる。最終処分場の閉鎖基準である鉛直遮水壁は壁厚50cm以上、透水係数 $1 \times 10^{-6}$  cm/s以下が求められており、本工事では鉛直遮水壁工（ソイルセメント壁）の構築工法として、原位置攪拌混合工法であるTRD工法とCSM工法を併用した。最終処分場の鉛直遮水壁構築としては我が国において初の適用であるCSM（カッターソイルミキシング）工法は、従来行われてきた鉛直遮水壁工法と比べると、岩盤の削孔能力に優れており他の機械による先行削孔なしで遮水壁が構築できることが可能である。

キーワード：廃棄物最終処分場、適正閉鎖、鉛直遮水壁、ソイルセメント壁、CSM工法

## 1. はじめに

大分県豊後大野市にある旧東部清掃センター埋立処分場は、埋立面積14,200 m<sup>2</sup>、埋立容量71,000 m<sup>3</sup>の焼却残渣、不燃物・粗大ゴミ選別残渣が埋立てられている一般廃棄物最終処分場で、昭和51年6月に埋立が開始され平成10年3月に埋立が終了している。表—1に本処分場の概要を示す。

表—1 処分場の概要

施設名称	大野広域連合旧東部埋立て処分場
施設所管	大野広域連合
設置場所	大分県大野郡三重町大字上田原1973
埋立対象物	焼却残渣、不燃・粗大ゴミ選別残渣
埋立形式	衛生的嫌気性埋立
埋立場所	山間
施設全体面積	23,700 m <sup>2</sup>
埋立地面積	14,200 m <sup>2</sup>
埋立容量	71,000 m <sup>3</sup>
埋立開始年	昭和51年6月
埋立終了年	平成10年3月
共用期間	21年10ヵ月

本処分場は平成10年3月の旧厚生省生活衛生局水道環境部長通知の「一般廃棄物最終処分場の適正化について」において不適正処分場と指摘を受け、国庫補

助事業を活用し、国の閉鎖基準に適合するように対策を実施中である。

対策工としては、

- ①主に埋立地への周辺からの地下水流入の防止および浸出水（汚水）の下流地下水への流出を防止するための鉛直遮水壁の構築
- ②雨水の埋立地への浸透を制御するための最終覆土工からなる。

本施工では鉛直遮水壁工（ソイルセメント壁）の構築工法として、原位置攪拌混合工法であるTRD工法とCSM工法を併用した。

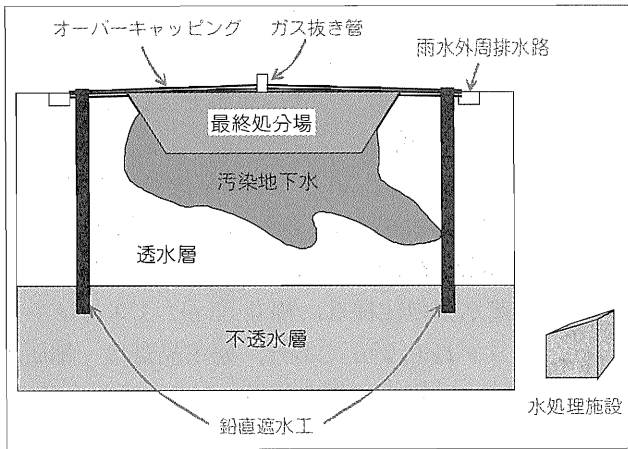
## 2. 最終処分場の適正閉鎖

閉鎖が必要な処分場とは、一般的に埋立地からの浸出水が公共の水域や地下水を汚染する可能性がある処分場である。その対策としての適正閉鎖技術とは

- ・主に遮水工の整備
- ・最終覆土の整備
- ・水処理施設の整備

からなる。図—1に適正閉鎖の概念図を示す。

本処分場では、既設の水処理施設があることから、適正化事業においては遮水工の整備と最終覆土の整備を実施している。そのうち、遮水工の整備は浸出水の埋立処分場外への流出防止、埋立地外からの地下水の



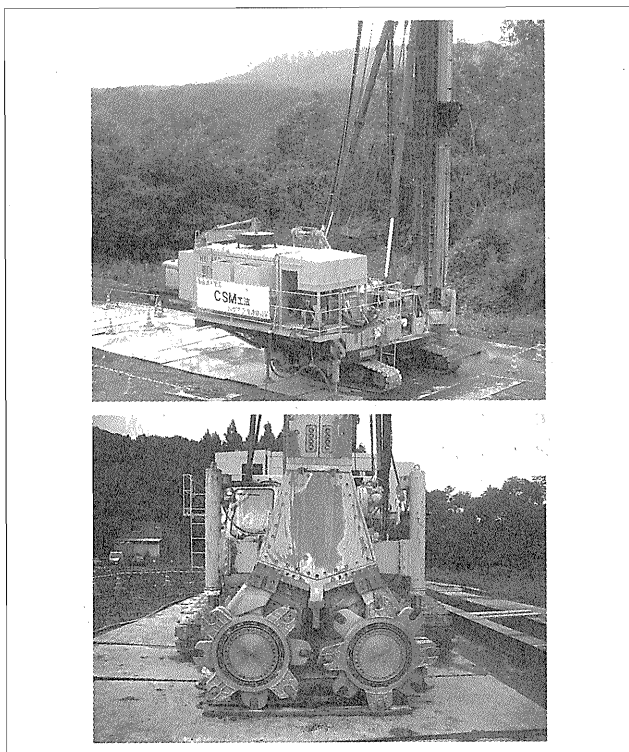
図一 適正閉鎖概念図

流入防止および浸出水量の削減を目的に鉛直遮水壁を構築とするものである。鉛直遮水壁工は、平成10年6月16日付けの改正共同命令（総理府・厚生省令第2号）<sup>1)</sup>の新構造基準の適用を原則と考え、以下のよう

- 鉛直遮水壁の幅は0.5m以上、遮水壁の遮水性は、透水係数で $1 \times 10^{-6}$  cm/s以下とする。
- 鉛直遮水壁は、経済性、施工性を考慮し、遮水性の高いソイルセメント壁とする。

### 3. 鉛直遮水壁工法

近年、最終処分場適正閉鎖工事で採用される鉛直遮



写真一 CSM工法

水壁工法には

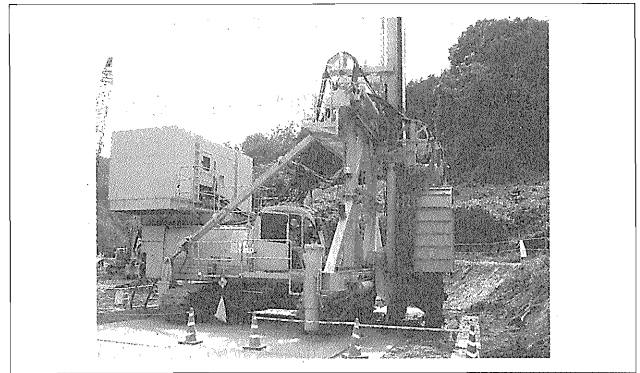
- ソイルセメント壁
- 薄鋼板による連続壁
- 遮水シートによる連続壁

がある。そのうち、ソイルセメント壁構築工法には原位置攪拌混合工法としてCSM工法、TRD工法、SMW工法等がある。以下に各工法の概要を述べる。

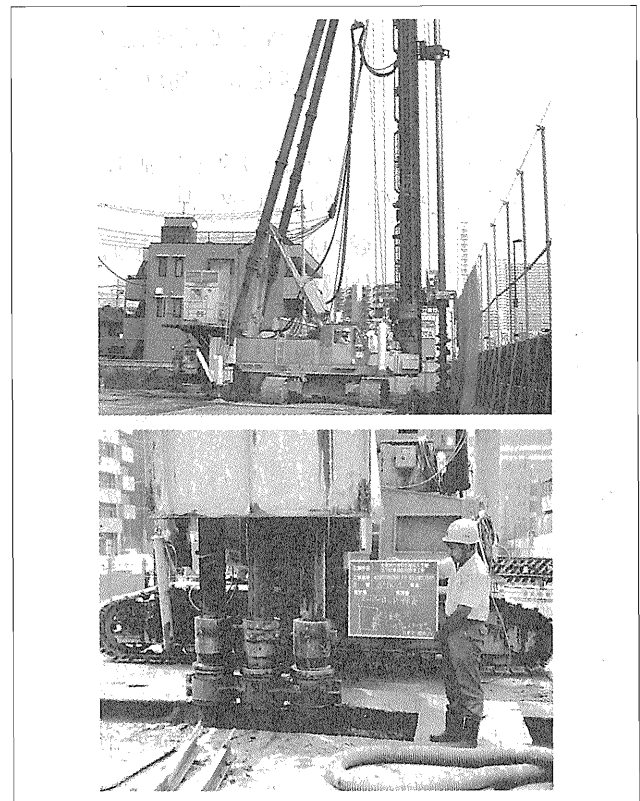
#### (1) CSM工法

水平多軸回転カッタを用いて鉛直方向に掘削を行いながら、原位置土とセメントミルクを地中で混合攪拌し、矩形のソイルセメント壁を構築する。矩形連続壁の連続性を維持するためラップ施工となる。

写真一にCSM工法の施工状況およびカッタの外



写真二 TRD工法



写真三 SMW工法

観を示す。

## (2) TRD (Trench Cutting Re-mixing Deep wall method) 工法

地中に挿入したチェーンソー型のカッタを回転させ、地盤を切削しながら、水平方向に連続した溝を掘削、固化液の注入および原位置土との混合攪拌を行い、ソイルセメント壁を構築する。

写真—2にTRD工法の施工状況を示す。

## (3) SMW (Soil Mixing Wall) 工法

多軸(3軸, 5軸)オーガにて鉛直方向に削孔と同時にセメントミルクを注入し混合攪拌を行い、柱列式のソイルセメント壁を造成する。

柱列式連続壁の連続性を維持するためラップ施工となる。写真—3にSMW工法の施工状況を示す。

## 4. CSM (Cutter Soil Mixing) 工法

本処分場では、鉛直遮水壁工法として一部にCSM工法が採用された。CSM工法は最終処分場適正閉鎖工事における鉛直遮水壁としては国内初の適用である。CSM工法は透水係数 $1 \times 10^{-6}$  cm/s以下のソイルセメント壁を構築することが可能で以下のような特徴がある。

- 水平多軸回転カッタを用いた掘削・攪拌方式の採用により、玉石混じり砂礫や硬質地盤(～40 N/mm<sup>2</sup>)においても先行削孔等の補助工法なしで施工が可能である。
- 継手部はカッティング方式のラップ施工とするため、壁体の連続性に優れている。
- カッタユニットに傾斜計を挿入してあり、モニタでカッタポストの位置傾斜をリアルタイムに確認ができる。
- 鉛直方向に削孔を行うため、コーナー部においても通常の施工サイクルにて施工が可能である。

## 5. 施 工

### (1) 工事概要

工事概要を以下に示す。

- 工 事 名：大野広域連合旧東部埋立処分場適正閉鎖工事
- 工 期：平成17年3月16日～平成18年3月15日
- 主要工事：鉛直遮水壁工 8,022 m<sup>2</sup>, 造成工事

遮水壁内(廃棄物) 18,000 m<sup>3</sup>, 遮水壁外(普通土) 12,000 m<sup>3</sup>, 雨水排水設備工 一式, 発生ガス対策設備工 一式他

鉛直遮水壁工 8,022 m<sup>2</sup>のうち、下流側 5,626 m<sup>2</sup>をロックオーガ(φ600)による先行削孔+TRD工法で施工し、上流側 2,396 m<sup>2</sup>をCSM工法により施工した。CSM遮水壁の仕様は、幅0.55 m, 1エレメント2.4 m, ラップ長0.2 mであり、要求品質は一軸圧縮強度0.5 N/mm<sup>2</sup>以上、透水係数 $=1.0 \times 10^{-6}$  cm/s以下であった。

### (2) CSM工法導入までの経緯

本工事の鉛直遮水壁は、ロックオーガにより先行削孔を行い、その後TRD工法でソイルセメント壁を構築する計画であった。しかし、この場合、ロックオーガの削孔に時間がかかるため、工期内に工事を終わらせるためには、ロックオーガ4台、TRD機2台が必要になり、10,000 m<sup>2</sup>の施工ヤードに大型機械が数多く配置され、コスト面もさることながら、安全面も危惧された。

そこで、硬質地盤においても補助工法なしでソイルセメント壁が構築可能なCSM工法の適用性について検討を行った。

本工事の計画段階で、場内12本のボーリング調査を行い、鉛直遮水壁の深度、工法等が決められていた。しかし、上流部の遮水壁近傍での資料不足、下流域での廃棄物位置の確認のため、さらに12箇所の調査ボーリングを実施し、岩盤の性状を確認した。その結果、

①上流側エリアは鉛直遮水壁の根入れ層である岩盤の強度が25～34 N/mm<sup>2</sup>である。

②下流側エリアは廃棄物下部に比較的硬質な火砕流堆積物が分布し、その下部にある根入れ層は風化の影響が少なく30～80 N/mm<sup>2</sup>と強度が大きい。

ということがわかった。

CSM工法は一軸圧縮強度が30～40 N/mm<sup>2</sup>以下であれば削孔可能であるとされていることから、現地にて試験施工を行い、導入の可否を判断することとなった。

### (3) 試験施工

試験施工の目的は、CSM機で当現場の岩盤が削孔可能なこと、また、構築されたソイルセメント壁が所定の品質(一軸圧縮強度0.5 N/mm<sup>2</sup>以上、透水係数 $1 \times 10^{-6}$  cm/s以下)を満足するかの確認をするためである。

表-2 試験施工予定数量

番号	種別	壁厚 (m)	掘削長 (m)	壁深度 (m)	壁面積 (m <sup>2</sup> )	壁体積 (m <sup>3</sup> )
No.1	先行エレメント	0.550	2.400	12.62	30.3	16.7
No.2	後行エレメント	0.550	2.000	11.22	22.4	12.3
No.3	先行エレメント	0.550	2.400	10.79	25.9	14.2
計			6.800	34.63	78.6	43.2

試験施工は、既ボーリング箇所近傍において、設計の鉛直遮水壁の内側に1エレメント幅2.4mの壁を3エレメント(0.2mラップ)分を施工した。このときの水平延長は6.8mである。表-2に試験施工予定数量を示す。

試験施工後の品質管理結果より、ウェットサンプリング、ボーリングコアともに一軸圧縮強度、透水係数とも所定の品質を満足していることがわかった。これ

表-3 CSM工法機械一覧

機械・資材名		規格・形状・寸法等	数量
施工機本体 DHP-80 BCM-5型	本体	全装備重量: 85.0 t 平均接地圧: 1.12 kg/cm <sup>2</sup> 最大接地圧: 1.24 kg/cm <sup>2</sup>	1式
	掘溝性能	最大掘削深度: 35.0 m 掘溝幅: 550 mm 出力軸トルク: 最大 45 kN-m ホイール回転数: 最大 40 rpm	
	油圧ユニット	HD 460, 260 kW	
クレーン	65 ton 吊りクローラクレーン	1台	
油圧ショベル	0.4 m <sup>3</sup>	1台	
敷鉄板	1,524 mm×6,096 mm×22 mm	40枚	
空気圧縮機	定格出力: 175 PS 5 m <sup>3</sup> /min	1台	
ハイウォッシャー	高圧洗浄機 3.7 kW	2台	
全自動プラント	性能: 24 m <sup>3</sup> /h	1台	
セメントサイロ	30 ton 縦型	1台	
発電機	規格: 125 kVA	1台	
水槽	規格: 25 m <sup>3</sup>	2台	
溶接機	規格: 200 A	1台	
測量機器	トランシット・レベル	1式	

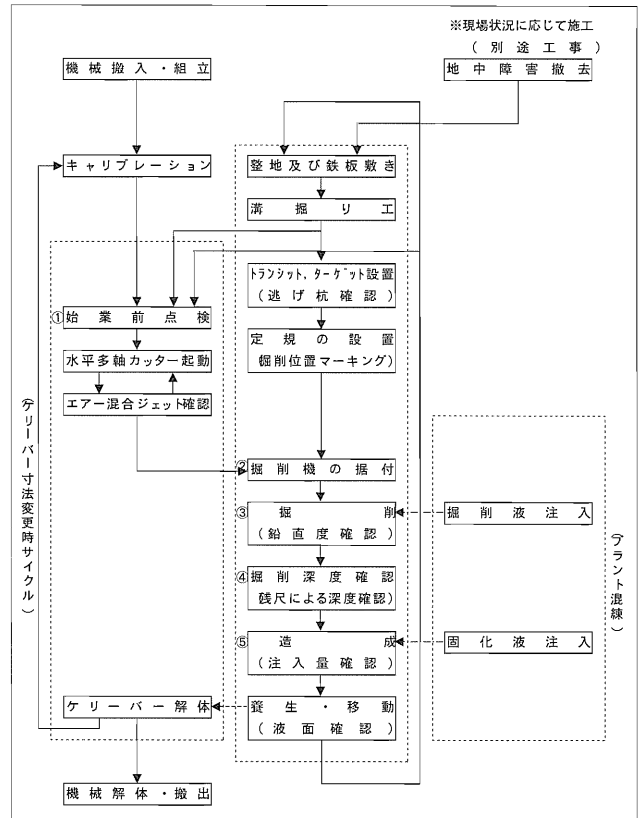


図-3 CSM工法フロー図

表-4 ソイルセメントの配合

工種	種別	セメント C (kg)	ベントナイト B (kg)	水 W (L)	B/W, W/C (%)	注入量 (L)
TRD工 CSM工 共通	掘削液	0	13	260	5	266
	固化液	250	12	500	200	587
	(掘削液+固化液)	250	25	760	304	853

らより、当工事の上流側エリアでCSM工法の適用が可能であることが確認された。

(4) 本施工について

平成17年7月末よりCSM工法による鉛直遮水壁構築を開始した。表-3にCSM工法機械一覧を、図-2に施工平図面を示す。

また、CSM工法によるソイルセメント壁構築のフローを図-3に示す。なお、ソイルセメントの配合は、現地より採取した資料で配合試験を行い、表-4に示す配合とした。

遮水壁の造成手順は、1エレメントおきに2.4mの壁を3~4エレメント先行構築した後、後行エレメントを施工した。

本工事の鉛直遮水壁は平面的なコーナー部が多く、また、根入れ層のラインに応じて深度を変えているので、深度の高低差が大きくなっている。

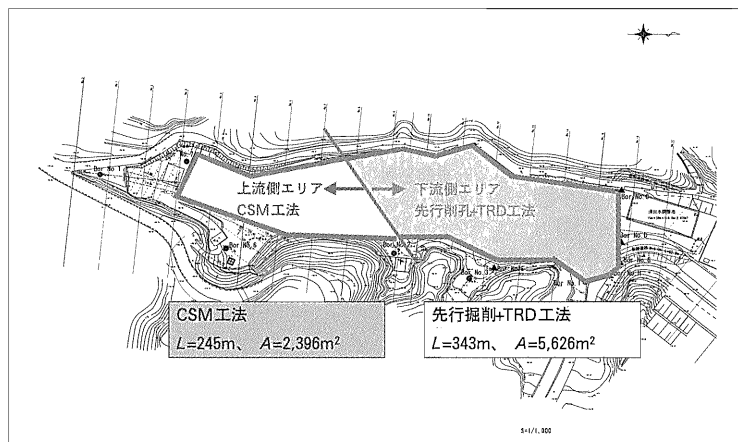


図-2 鉛直遮水壁工施工平図面

表-5 ウェットサンプリング品質管理結果

施工日	材 齢	試験日 (日)	一軸圧縮強さ N/mm <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )		透水係数 (cm/s)	
			測定値	平均値		
平成 17 年 7 月 20 日	7	平成 17 年 7 月 27 日	1.80 (1,797)	1.94 (1,940)	$1.42 \times 10^{-8}$	
			2.04 (2,041)			
			1.98 (1,981)			
	28	平成 17 年 8 月 17 日	3.57 (3,572)	3.54 (3,542)		$4.06 \times 10^{-9}$
			3.54 (3,540)			
			3.52 (3,515)			
平成 17 年 9 月 1 日	7	平成 17 年 9 月 8 日	0.67 ( 670)	0.82 ( 822)	$7.63 \times 10^{-7}$	
			0.91 ( 905)			
			0.89 ( 891)			
	28	平成 17 年 9 月 29 日	1.76 (1,759)	1.91 (1,913)		$1.90 \times 10^{-7}$
			2.11 (2,107)			
			1.87 (1,873)			
平成 17 年 9 月 15 日	7	平成 17 年 9 月 22 日	0.90 ( 895)	0.87 ( 864)	$3.21 \times 10^{-8}$	
			0.86 ( 860)			
			0.84 ( 837)			
	28	平成 17 年 10 月 13 日	2.03 (2,029)	2.21 (2,214)		$4.46 \times 10^{-7}$
			2.29 (2,289)			
			2.32 (2,323)			

従来の TRD 工法では平面コーナー部で一度カットポストの抜き差しが必要である。また、TRD 工法では、深度が変わると、施工能率が下がってしまう。しかし、CSM 工法は 1 エlement 2.4 m の壁を構築していくため、平面上のコーナー部では機械の移動だけで済む。

また、深度に関しても 1 エlement 毎に変わっても全く施工ロスが発生しない。このように、最終処分場の鉛直遮水壁構築には非常に適していることが実施工でも確認できた。

工事は順調に進み、2005 年 10 月末には完了した。表-5 にウェットサンプリングにより実施した一軸圧縮強度試験、透水試験の結果を示した。また、表-6 には構築した鉛直遮水壁（ソイルセメント壁）をボーリングして得られたコアの一軸圧縮強度および透水試験結果を示す。これら品質管理結果より十分な品質が確保されていることが確認された。

## 6. おわりに

最終処分場の鉛直遮水工構築に CSM（カットソイルミキシング）工法を適用した事例を報告した。

表-6 ボーリングコア品質管理結果

施工日	材 齢	試験日 (日)	供試体採取深度	一軸圧縮強さ N/mm <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	透水係数 (cm/s)
平成 17 年 10 月 19 日	28	平成 17 年 11 月 16 日	1 GL-2.20~ -2.50m	1.03 (1,030)	$7.18 \times 10^{-7}$
			2 GL-3.70~ -4.00m	1.50 (1,495)	$6.51 \times 10^{-7}$
			3 GL-4.10~ -4.40m	1.58 (1,575)	$4.96 \times 10^{-7}$
平成 17 年 9 月 16 日	61	平成 17 年 11 月 16 日	1 GL-2.20~ -2.50m	3.49 (3,486)	$3.90 \times 10^{-8}$
			2 GL-3.60~ -3.90m	3.16 (3,159)	$2.11 \times 10^{-8}$
			3 GL-4.20~ -4.50m	3.21 (3,208)	$1.63 \times 10^{-8}$

CSM 工法は、従来行われてきた鉛直遮水壁工法と比べると、岩盤の削孔能力に優れており、他の機械による先行削孔なしで遮水壁構築できること、十分な品質が確保できることも確認された。

特に、最終処分場での鉛直遮水壁のように、平面的なコーナー部が多い場合は、従来の TRD 工法と比べると機械移動に手間がかからず、工程の短縮および工費の低減が可能となり、極めて有効な施工法であるものと考えられる。

JCMA

### 《参考文献》

- (社)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領、2001 年 11 月

### 【筆者紹介】



則松 勇 (のりまつ いさむ)  
株式会社間組  
技術・環境本部  
環境事業部環境技術課  
主任



辻本洋次郎 (つじもと ようじろう)  
株式会社間組  
九州支店土木部  
三重作業所  
所長



齋藤 隆 (さいとう たかし)  
株式会社間組  
九州支店土木部  
三重作業所  
主任