

# 廃棄物処分場 一体型複合遮水シート工法の開発

## Development of Triple Liner System for Waste Disposal Sites

赤井 智幸\* 松本 哲\* 前田 敏\*\*

Tomoyuki Akai Akira Matsumoto Satoshi Maeda

嘉門 雅史\*\*\*

Masashi Kamon

(2004年7月5日 受理)

キーワード：廃棄物処分場，遮水工，一体型複合遮水シート，鉛直遮水，ジョイント部

### 1. はじめに

平成10年6月の「一般廃棄物の最終処分場およ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」の改正<sup>1)</sup>(総理府と環境省の共同命令)により、廃棄物処分場の表面遮水工としての遮水層の構造基準が、遮水性能や安全性において従来よりも、一層厳しく規定された。本報告に示す技術開発の目的は、上述の命令改正を受けて、従来工法に比べてより信頼性の高い新たな廃棄物処分場遮水工法を提供することである。すなわち、従来工法における遮水性能や安全性の面での不安を解消すべく、三層構造の一体型複合遮水シート(以下、複合シート)を開発し<sup>2)</sup>、遮水工法としての適用性を実規模現地施工実験(以下、施工実験)および、その解析により検討した。その内、ここでは主として複合シートを用いた鉛直遮水壁の施工実験の結果を中心に、それに基づく鉛直遮水工法に係わる内容について報告する。

### 2. 複合シートによる鉛直遮水工法

#### (1) 複合シートの概要

複合シートは、二重遮水シート間に二液常温硬化型ポリウレタンを注入し、中間保護層を形成するもので、

ポリウレタン硬化後、図1に示すように二重遮水シートと遮水性中間保護層を持つ三重遮水構造の複合シートとなる<sup>3)</sup>。中間保護層は、材料の良好な充填性によりボイドのない遮水層を形成し、ポリウレタン硬化後の性能は遮水性、可とう性(地盤変状追従性)に優れる。また、仮に遮水シートに欠陥があっても、液状ポリウレタンが注入時に欠陥部分にも充填されるので、遮水シートが不可避に有している欠陥をも修復できる利点がある。

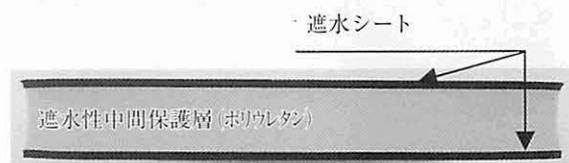


図1 複合シート断面

#### (2) 鉛直遮水工法の概念

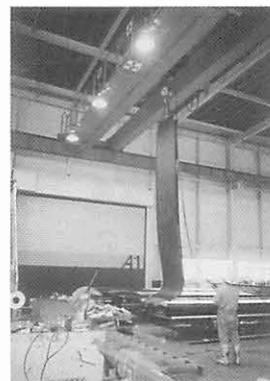


図2 複合シート製作

複合シートを用いた鉛直遮水工法の概念は、例えば海面処分場の場合、あらかじめ工場で長方形の複合シートを製作し(図2)、海面処分場周辺に先行掘削した溝に複合シートを順次建込むものである(図3)。

\* 化学環境部 繊維応用系

\*\* 東洋建設株式会社

\*\*\* 京都大学

各複合シート間は図4に示すようにジョイント部のかん合継手で連結する。ジョイント部連結時、現場において液状ポリウレタンを注入(図5)するので、ポリウレタン硬化後には、ジョイント部も「二重遮水シート+遮水性中間保護層」の三重遮水構造となる。

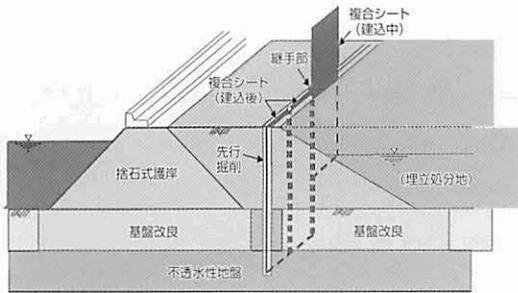


図3 鉛直遮水壁概念図

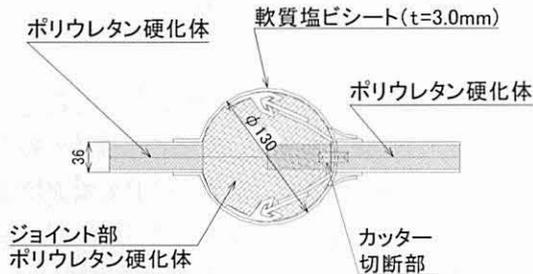


図4 ジョイント部構造図

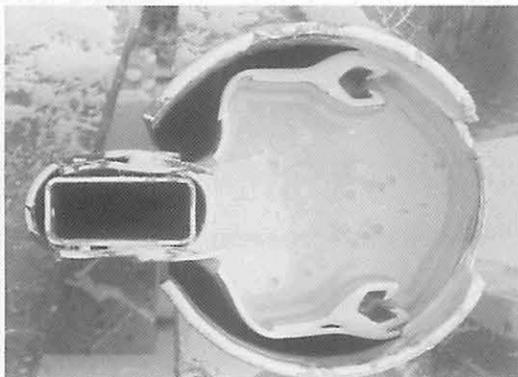


図5 ポリウレタン注入状況

### 3. 鉛直遮水壁の施工実験および結果

#### (1) 施工方法

複合シートを用いた鉛直遮水壁の施工実験を実規模で行い、現場での施工性、遮水性能を確認した。ジョイント部の施工に関しては、ポリウレタンの比重が約1.3、地盤の泥水比重が約1.6であったため、ポリウレタン注入時にポリウレタン液面と泥水液面との高低差

を約2.5m以上確保することで圧力調整し、ジョイント部の拡径を図った。施工時の管理値として、本体部の厚さ精度±10%、打設精度±10cm(法線の出入り)、遮水性は透水係数 $k=10^{-12}$ cm/s以下を目標とした。施工実験で築造する鉛直遮水壁の概略形状は、図6に示すように延長約19m、深さ約10m、厚さ36mm(遮水シート3mm×2枚+遮水性中間保護層30mm)とした。遮水壁の1単位は長さ2.1m×深さ10mとし、その大きさの複合シート9枚を工場製作して現地に搬入した。

現地では、TRD掘削機で先行掘削した溝(幅55cm)に、建込みガイドを装着したシート建込み機を用いて複合シートを建て込んだ(図7、図8参照)。建込み後、不要となった建込みガイドは土中で二分割して引き抜き、後続の複合シートの建込みガイドとして用いた。

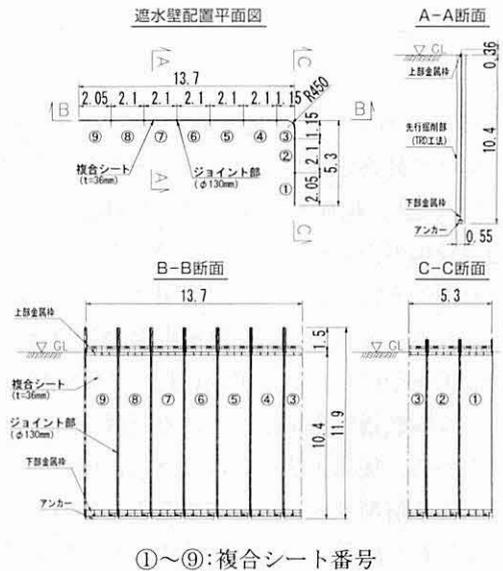


図6 鉛直遮水壁配置図(単位:m)



図7 複合シート建込み機械配置



図8 複合シート建込み状況

(2) 鉛直遮水壁の出来形確認方法

施工後の鉛直遮水壁の出来形は、特にジョイント部に着目して確認した。すなわち、先ず施工直後(ポリウレタン注入7日後)のジョイント部の厚みを、非接触磁気信号検出器を用いる磁気センサで計測した。この検出器は磁気変調方式であり、発磁体から発せられる磁界を高精度に検出できる。その磁束密度は、およそ距離と指数関係があるので、あらかじめ距離と出力値の関係を検定しておけば、中間に非磁性体が存在しても距離相当の電圧出力が得られ、検定グラフから距離を求めることができる。磁気センサは、図6中の複合シート⑧と⑨間のジョイント部の深度方向3ヵ所の位置(GL-1.0m, GL-5.0m, GL-9.0m)で、図9に示すように取り付けた。さらに、そのジョイント部に関し、施工直後に遮水壁表層部周辺を掘削して遮水壁の一部を切り出し、厚み計測を行った(GL-1.5mの位置で実施)。

また、約1ヶ月間にわたり図10に示す方法で現地遮水性確認試験を行った。この試験はジョイント部2ヶ所(図6の複合シート①と②間および⑥と⑦間)で行った。

以上の計測と試験から、ジョイント部の構造と施工方法の妥当性、品質を確認した。

さらに、1年後に遮水壁周辺を掘り返して全体的な出来形確認と、採取したサンプルを用いた室内試験でジョイント部の遮水性と一体性を検証した。掘り返し、ならびにサンプリングは遮水壁の周囲に鋼矢板による土留めを行い、遮水壁周辺を慎重に掘削して遮水壁を露出させ、遮水壁の2ヶ所のジョイント部の各々上部、中部、下部から合計6箇所のサンプル(直

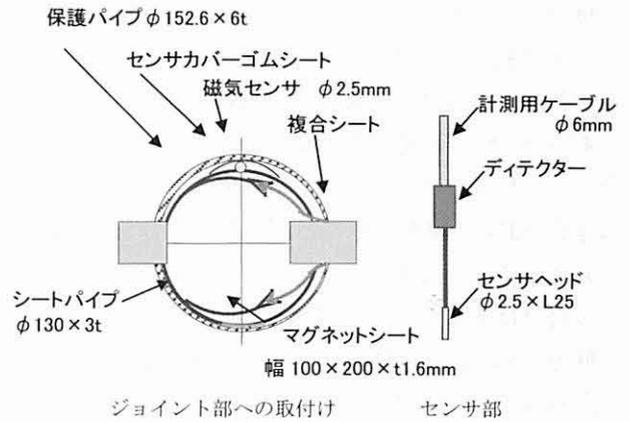


図9 磁気センサの取付け

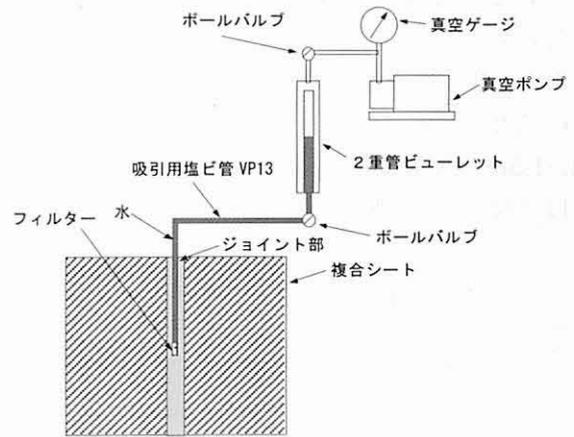


図10 現地遮水性確認試験

径約130mm、厚み約100mm)を切り出した。それらを用いて、ジョイント部の遮水性および一体性確認試験を行った。すなわち、遮水性確認試験ではジョイント部の側面方向より、一体性確認試験の場合にはジョイント部の断面方向より高水圧(0.1, 0.3MPa)をそれぞれ作用させ、12日間連続で透水試験を行い、ジョイント部の遮水性と一体性を評価した。

(3) 施工性

施工は大きな問題もなく実施することができた。すなわち、先行掘削を確実にすれば、設計段階で想定した通り、複合シートと建込みガイドの自重約6.5tとシート建込み機の押込み力(常時15.5kN程度)により掘削地盤に容易に挿入可能であった。

一般部の複合シートと隅角部では建込み時の施工性に大差はなかった。また、建込みガイド引抜き時にジョイント袋部の切断に伴うポリウレタンの漏れにより、建込みガイドと複合シートが接着し、最大約301kNの引き抜き力が作用した。全般的には初めに引き抜くフランジ側の建込みガイドは引き抜きにくく、もう片側は引き抜きやすい状況であった。

複合シートの厚さに関しては、施工実験用に複合シートを9枚作製したが、各複合シート間の厚さのばらつきは、平均厚さに対して-7.5%~+10.7%の範囲であった。厚み不足のないように管理値を設定して複合シート製作を行った結果、管理値からのマイナス側偏差を-1%に押さえることができ、複合シート製作における管理手法を確立できた。なお、若干厚い側に偏った感はあるが、これは製作工場設備(天井クレーン能力)の制約から複合シート製作用型枠に十分な剛性をもたすことができなかつたためであり、本格的な製造に向けて改善を図る。

法線の出入りに関しては、複合シート建込み時の法線の出入りは、目標管理値±100mmの許容範囲内で施工できた。

表1に複合シート⑧と⑨間のジョイント部における磁気センサ法による厚さ測定結果を示す。また、GL-1.5mの位置で行った切出し法による測定状況を図11に示す。その測定厚さは110mmであった。

表1 ジョイント部厚さ

測定	測定深さ (m)	複合シート⑧,⑨間		
		目標 管理値 (mm)	実測値 (mm)	偏差 (mm)
ポリウレタン 注入時	GL-1.0	90以上	119.8	29.8
	GL-5.0	90以上	111.2	21.2
	GL-9.0	90以上	91.3	1.3

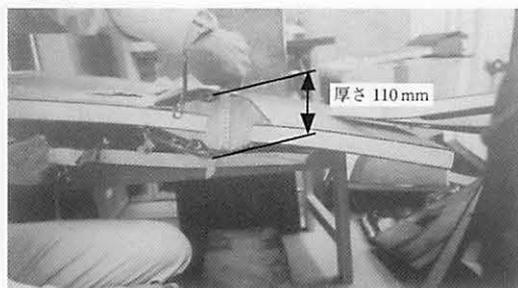


図11 ジョイント部厚さ測定

したがって、両方法による測定結果から、ジョイント部のポリウレタン厚さは、目標管理値90mmに対し、90~120mmと十分な厚さが確保できた。また、複合シート①, ②間および⑥, ⑦間のジョイント部で行った現地遮水性確認試験の吸引量から算出した透水係数は、前者の場合、 $k=1.42 \times 10^{-13} \text{cm/s}$  (14日間計測)、後者は $k=1.44 \times 10^{-13} \text{cm/s}$  (37日間計測)であり、両者とも目標透水係数 $k=10^{-12} \text{cm/s}$ 以下を達成できた。

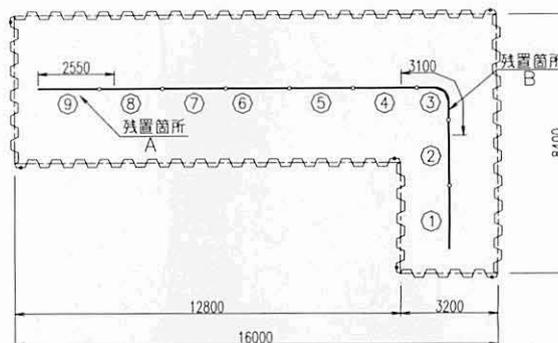


図12 残置箇所の位置

(4) 鉛直遮水壁の出来形

掘出し後の全体確認のため、図12および図13に示す端部2.55mの残置部Aとコーナー部3.10mの残置部Bの2箇所を掘削完了まで残置した。残置部の複合シートは、下端まで健全な状態が確認でき、合計3箇所のジョイント部も外観上、確実に築造できていることが確認できた。ジョイント部のサンプリング箇所の出来形測定では、表2(表中の記号は図14参照)および図15に示すように、いずれも目標管理値である90mmを上回っていた。また、サンプリングしたジョイント部の遮水性確認試験および一体性確認試験の結果、各試験においてジョイント部(上部、中部、下部)からの透水量は全く無く(透水量ゼロ)、ジョイント部の高い遮水性と一体性が確認できた。

4. まとめ

鉛直遮水壁の実規模施工実験の結果、複合シートによる鉛直遮水壁の築造に関する施工性は良好であり、施工精度に関しても満足しうるものであった。また、遮水壁の掘出し等による出来形確認の結果、確実な遮水壁が築造できており、施工法の確実性が実証できた。以上の結果に基づき、対象の地盤条件に応じて適切な

表2 ジョイント部の出来形測定結果

採取位置		W (mm)	L (mm)
複合シート ③,④間	上	132	165
	中	114	175
	下	141	155
複合シート ⑧,⑨間	上	115	198
	中	108	195
	下	110	200
Ave.		120	181

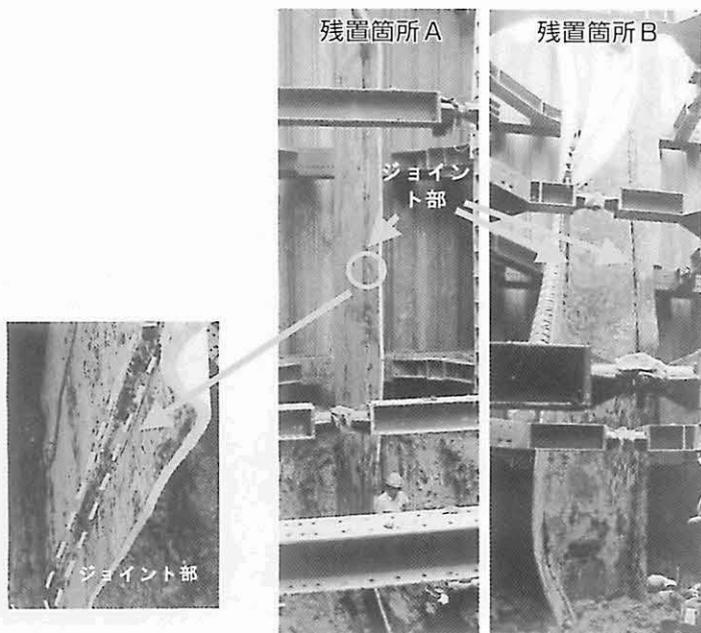


図13 残置箇所全景

選定ができるように先行掘削等の工法比較表を作成するとともに、施工深度30mまでの対応が可能な建込ガイドおよび使用機械の諸元を整理して一連の施工要領をとりまとめ、複合シートによる鉛直遮水工法として工法確立が図れた。

この工法が我が国の廃棄物処理に与える特筆すべき利点は、本工法による遮水壁が遮水性、地盤変状追従性、せん断強度等を兼ね備えており、これを廃棄物処分場の鉛直遮水構造に適用した場合、ジョイント部や隅角部においても遮水性能が低下しないという点である。したがって、廃棄物処分場建設における従来工法に比べて、一層高度な安全性と信頼性を提供できる。

本工法は、新設・既設海面処分場、陸上処分場をはじめ、既存の汚染物質の封じ込めや地下水位上昇に伴う弊害の防止対策にも適用でき、その用途は多岐にわたると考えている。

なお、本報告はジオシンセティックス技術研究会の協力の下、当所と下記の12機関(順不同)が平成14、15年度環境省次世代廃棄物処理技術基盤整備事業補

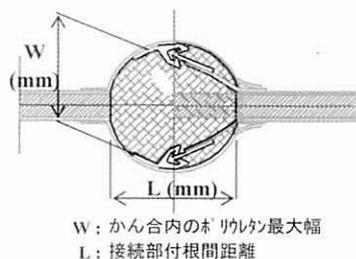


図14 ジョイント部出来形の測定部位

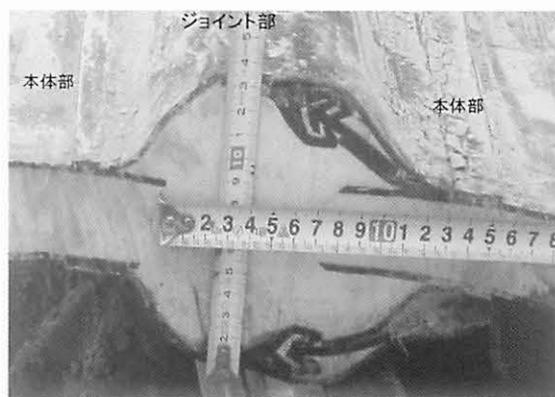


図15 ジョイント部の出来形

助金による技術開発として共同実施した成果を取りまとめたものであり、関係各位に感謝いたします。

東洋建設株式会社、東亜建設工業株式会社、株式会社大林組、株式会社奥村組、不動建設株式会社、株式会社鴻池組、五洋建設株式会社、錦城護謨株式会社、横浜ゴム株式会社、シーアイ化成株式会社、太陽工業株式会社、財団法人地域地盤環境研究所

### 参考文献

- 1) 大蔵省印刷局：官報号外121号(1998)
- 2) 嘉門雅史, 赤井智幸, 松本 哲, 柳原純夫, 塩田憲司, 岩田 潔：材料, 51(2002) p.13
- 3) M. Kamon, T. Akai, K. Iwata, T. Nomura and O. Yaida: Proceedings of the Seventh International Conference on Geosynthetics, Edited by Ph. Delmas, J. P. Gourc, International Geosynthetics Society, Nice (2002) p.561