特集≫ 防災,安全/安心を確保する社会基盤整備

無排泥粘土遮水壁工法の開発

エコクレイウォールⅡ工法

池 田 幸一郎・宇 梶 伸

エコクレイウォール II 工法 (以下「本工法」という) は、河川堤防や調整池などの漏水防止、汚染土壌の溶出拡散防止などに適用する遮水壁工法である。

大型等厚式施工機械等により、少量の掘削液を用いて全層横引き掘削を行い単一土層に粒度調整した後に、粉体状の粘土鉱物であるエコクレイウォール材(以下「本ウォール材」という)にて混合撹拌することで、高い遮水性能を持つ遮水壁を造成する工法である。施工時に排泥が発生せず、セメントを使用する従来工法に比べて材料生成時に伴う CO_2 発生量を削減でき、環境負荷を大幅に削減することが可能である¹⁾。 キーワード:ソイルベントナイト、地中連続遮水壁

1. はじめに

近年,土壌・地下水汚染の原位置封じ込めや調整池 の漏水防止などに適用する遮水壁の遮水性能向上や経 済性のある施工法が求められている。

本ウォールは、高い遮水性能と変形追随性を有する 遮水壁工法である。施工時の排泥を無くすことで、経 済性のある遮水壁を造成することが可能である。

土壌・地下水汚染の原位置封じ込めや調整池の漏水 対策などに適用する遮水壁の造成を目的とするもので ある。

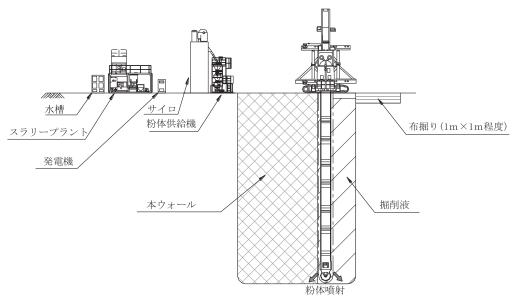
少量の粘土鉱物スラリー液(本ウォール掘削液)を

用いて等厚式あるいは柱列式の施工機械により地盤中を掘削し、粉体状の粘土鉱物である本ウォール材を溝中の掘削土砂と原位置混合撹拌することで、環境配慮型の粘土遮水壁を造成する工法である。図—1に施工の概要を示す。

2. 特長

(1) 遮水性能

本ウォールによる遮水壁の透水係数は、等厚式で $k = 1.0 \times 10^{-9} (m/s)$ 以下、柱列式では $k = 1.0 \times 10^{-8} (m/s)$ 以下と非常に優れた遮水性能が得られる。



図─ 1 木工法の施工概要

(2) 長期耐久性

自然界に存在する粘土鉱物を使用することから,壁 体の劣化が非常に少なく,長期耐久性に優れた遮水壁 が造成可能である。

(3) 地震に対する信頼性

本ウォール壁体は変形追随性および自己修復性を有しており、地震等の外力によって壁体にクラック等を生じず、信頼性に優れた性能を有している^{2).3)}。

(4) 吸着性

粘土鉱物を用いた壁体であるため、壁体自体に重金 属などの汚染物質を吸着する能力が得られる。また、 セシウムに対する優れた吸着能力も確認されている。

(5) 経済性

施工時に排泥の発生がほとんど無く、処理費が生じないことから経済性に優れている。

3. 施工機械

主要な施工機械を表―1に示す。等厚式施工の場合には**写真**―1に示す機械を、柱列式施工の場合に

表一1 主要施工機械

名 称	形式・仕様等	
大型等厚式施工機	等厚施工の場合	
柱列式施工機	柱列施工の場合	
全自動プラント	24 m³/hr 級	
粉体供給機	FR500EC 型	
本ウォール材サイロ	容量 30 m³	
空気圧縮機	10.5 m ³ , 0.7 MPa	
レシーバタンク	$3 \sim 8 \text{ m}^3$	
除湿機	$17 \text{ m}^3/\text{h}$	
集塵機	8インチ	



写真— 1 等厚式施工機械



写真-2 柱列式施工機械



写真-3 材料供給機械

は写真―2の機械を用いる。

本ウォール材は**写真**—3に示す機械で供給される。 写真にて左からサイロ, 粉体供給機, レシーバタンク, 全自動プラント等である。

4. 施工手順

等厚式施工機による施工手順を図―2に示す。まず本ウォール材を混合した安定液にて先行掘削工を行い、戻り横行の後に、本ウォール材粉体を噴射し、混合撹拌することで遮水壁(本ウォール)を築造する。地中に写真―4に示すような遮水壁が形成される。

5. 施工事例 4)

(1) 工事概要

平成12年9月の東海豪雨では矢作川にて越水や漏水等が発生し、その災害防止対策を目的に漏水対策護

1 先行掘削



ポスト先端より掘削液(本ウォール掘削液)を注入しながらカッターチェーンを回転させカッターポストを横引きすることにより、掘削を行います。

2 戻り横行



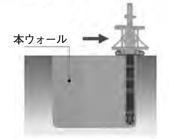
造成部のスタート位置まで 引き返します。

3 粉体噴射 (混合・撹拌)



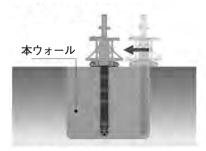
粉体を噴射しながら カッターチェーンを回転させ 混合撹拌を行います。

4 先行掘削



本ウォール造成後に掘削液に て先行掘削を行います。

5 戻り横行(ラップ施工)



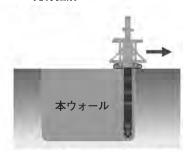
本ウォール造成最終位置まで 引き返し、ラップ掘削を行います。

6 粉体噴射 (混合・撹拌)



ラップ部施工後、 本ウォールを造成します。

7 先行掘削



本ウォール造成完了後、 先行掘削を行います。

図―2 本ウォール造成撹拌手順(大型等厚式施工機)



写真-4 等厚式の改良状況

岸工事が順次実施されている。施工位置 (**写真**—5)では、平成25年度から愛知県が県道 (都)豊田則定線の改良に伴う橋梁の架け替えを行い、これと併せた漏水対策工事が行われた。

(2) 施工目的

施工目的は堤防基礎地盤のパイピング防止である。 (図-3)。一般的には川表への鋼矢板打設によって浸透を防止するが、当該現場は砂礫層が主体の硬質地盤のため鋼矢板の打設は困難と判断された。そのため、



写真一5 施工位置 5)

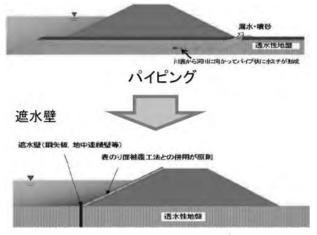
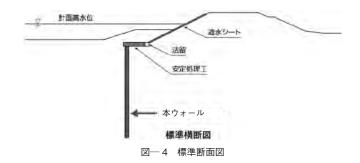


図-3 パイピングのメカニズム 5)



ソイルセメント連続壁工法である TRD 工法が計画されていたが、発注者の施工承認により、使用機械が同様で施工性に問題がなく、同等以上の遮水性能を確保できる本工法が用いられた(図—4)。

(3) 施工状況

施工深度は $16.816 \sim 17.817 \,\mathrm{m}$ と比較的深く,不透水層に $1.0 \,\mathrm{m}$ 貫入とした。対象地盤は玉石混じり砂礫や粘土混じり砂礫で,換算 N 値 $100 \,\mathrm{e}$ 超える硬質地盤である(図-5)。

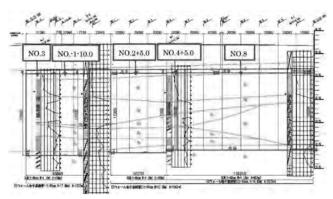


図-5 土質縦断図および試料採取位置

カッターポスト建込み時にジャーミングトラブルが確認されたため、続く先行掘削ではジャーミング対策を行った。1パスの先行掘削において計画液量の1/3程度で撹拌し、掘削トレンチ内の混合土に懸垂力(粘着力)を持たせ、カッターチェーンの回転により玉石を地上に排出させることでジャーミングの低減を図った。その際に地上部に排出された玉石は径250 mm 程度であった(写真一6)。

施工時における排泥量はごく少量で,ガイド用トレンチ内(幅1.0 m×深1.0 m)に収まり,排泥の場外搬出のない無排泥施工となった。

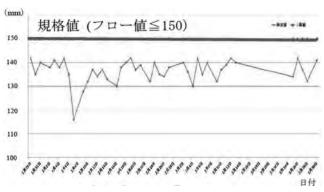
(4) 品質管理

(a) テーブルフロー試験

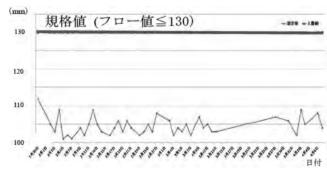
施工時の流動性については、テーブルフロー試験 (JIS R 5201 セメントの物理試験方法)にて管理し、



写真―6 採取された玉石



図―6 掘削液のテーブルフロー



図─7 造成時のテーブルフロー

掘削時のフロー値が 150 mm 以下, 造成時のフロー値 が 130 mm 以下を規格値とした(図-6, 7)。

(b) ウェットサンプリング資料による透水試験

施工ライン上の5カ所の位置(図—5)で、試料採取器によるウェットサンプリングを実施した。深度方向に3深度(GL-3 m、GL-10 m、GL-16 m)の試料採取を行い、全ての試料において要求性能($k=1.0 \times 10^{-8}$ m/s 以下)を満足している(表—2)。

6. おわりに

エコクレイウォールは優れた遮水性能を有するとと もに、遠心模型実験にて、平均せん断ひずみが15% に達しても遮水性能に大きな変化は見られない⁶。

採取位置 (測点 NO.)	GL-3m	GL-10m	GL-16m
NO3	5.11×10^{-10}	7.01×10^{-10}	2.61×10^{-10}
NO1-10.0	2.73×10^{-11}	4.59×10^{-11}	1.46×10^{-10}
NO.2+5.0	7.53×10^{-10}	9.04×10^{-10}	4.94×10^{-10}
NO.4+5.0	5.89×10 ⁻¹¹	5.88×10 ⁻¹¹	2.98×10 ⁻¹⁰
NO.8	7.94×10^{-10}	5.37×10^{-10}	7.03×10 ⁻¹⁰

表-2 ウェットサンプリングによる透水係数 (m/s)

一級河川矢作川にて漏水対策を目的として採用され、要求性能を満足している。今後の河川堤防における浸透対策としての災害防止、並びに低炭素、循環社会の推進に寄与できれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 一般財団法人 土木研究センター: 建設技術審査証明報告書 土木系材料・製品・技術, 道路保全技術(建技審証 第 0701 号) 無排泥粘土遮水壁工法「エコクレイウォール II 工法」内容変更・更新, 2017.
- 2) 栗原太志・乾 徹・勝見 武・嘉門雅史・荒木 進:地中連続遮水壁 に用いるソイルベントナイトの動的特性と地震時挙動, 第45回地盤 工学研究発表会発表講演集, pp605-606, 2010.
- 3) 乾 徹・高井敦史・栗原太志・勝見 武・嘉門雅史:遠心模型実験に よるソイルベントナイト地中連続遮水壁の地震時挙動の評価,材料, Vol59, No1, pp84-88, 2010.
- 4) 前田浩司・池田幸一郎:無排泥粘土遮水壁工法による河川漏水対策工事の施工,第25回調査設計施工技術報告会,3-1,地盤工学会中部支部,2016
- 5) 豊橋河川事務所ホームページ: 平成27年度矢作川事業概要, http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/jigyou/yahagigawa/outline/pdf/

- jigyou_yaha27.pdf. "ホーム/豊橋河川事務所のご案内/事業概要/ 矢作川/平成 27 年度矢作川事業概要", 2017.7.25 時点.
- 6) 田村成仁・高井敦史・乾 徹・栗原太志・勝見 武・荒木 進・嘉門 雅史:ソイルベントナイト鉛直遮水壁の変形挙動と遮水性に関する検 討,第48回地盤工学研究発表会講演集,pp2187-2188,2013.



[筆者紹介] 池田 幸一郎 (いけだ こういちろう) ライト工業㈱ 技術営業本部 都市技術設計部 グループ長



宇梶 伸 (うかじ のほる) ライト工業㈱ 技術営業本部 都市技術設計部 部長