

無排泥粘土遮水壁工法による河川漏水対策工事の施工

株式会社近藤組 正会員 前田 浩司
ライト工業株式会社 正会員 ○池田 幸一郎

1. はじめに

昨今、記録的な豪雨による河川災害が頻繁に発生している。平成 24 年 7 月九州北部豪雨では、福岡県を流れる矢部川が、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では鬼怒川が決壊し、甚大な被害が生じたのは記憶に新しい。決壊原因にはパイピングや越流、浸透破壊などが考えられ、その対策が全国の河川で急がれている。このほど、主材料を粉体状の天然粘土鉱物（以下、EC ウォール材）を用いた、高い遮水性能と長期耐久性能および変形追従性能¹⁾を有する粘土の遮水壁を造成するエコクレイ（以下、EC）ウォール工法により、河川堤防のパイピング防止を目的に施工を行った。本稿にて報告する。

2. 工事概要

平成 12 年 9 月の東海豪雨では、矢作川において越水や漏水等が発生したため、災害防止を目的とした漏水対策護岸工事が順次実施されている。施工位置（写真-1）は、平成 25 年度から愛知県が実施する県道（都）豊田則定線の改良に伴う高橋橋梁の架替えと併せて漏水対策工事が行われており、この対策が実施されると、豊田市内の一連区間の整備が完了する²⁾。



写真-1 ECウォール施工位置

(国交省中部地方整備局豊橋河川事務所 HP より)

3. ECウォール工法の適用

本工事は、堤防基礎地盤のパイピング防止を目的としている（図-1）。一般的な工法としては、川表への鋼矢板に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であり、鋼矢板の打設は困難であったことから、ソイルセメント連壁工法である TRD 工法にて計画されていた。このため、発注者の施工承認により施行機械が同じで施工性に問題がなく、遮水性能も同等以上を確保できる EC ウォール工法で実施した。

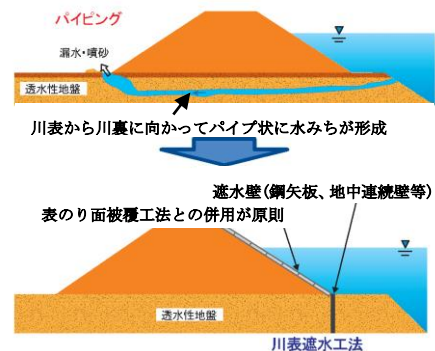


図-1 パイピングのメカニズム

(国交省中部地方整備局豊橋河川事務所 HP より)

4. ECウォール工法の施工方法（3パス施工）

ECウォール工法は、カッターチェーン方式による等厚式施工機械を用いて少量の掘削液で先行掘削（1パス）した後、戻り横行（2パス）にてスタート位置に戻り、最後の横行にて ECウォール材を地中で混合攪拌（3パス）する（図-2）。ECウォール材は、湿潤状態にある掘削液混合土の水分子を吸水膨潤することで土粒子間の空隙を充填し、排泥を発生させずに遮水壁を造成する。

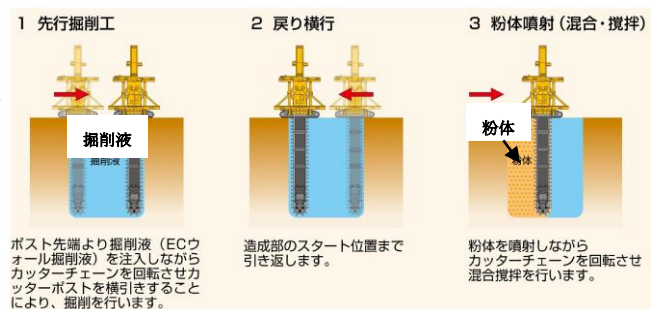


図-2 ECウォール工法施工手順図

Title:Construction of Non-Displacement Type Impervious Clay Wall to Mitigate Seepage in River Embankment
Kouchirou Ikeda(RAITO KOGYO CO.,LTD.)

5. 施工配合

施工前に当該現場の土質を採取し、**図-3**に示す EC ウォール室内配合試験フローに沿って室内配合試験を行った。要求遮水性能は透水係数 $k=1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 以下であることから、EC ウォールの透水係数を 1/5 に設定し、室内目標透水係数 $k=2.0 \times 10^{-9} \text{m/s}$ とした。また、掘削液は 5% 濃度に調合し、対象土量 1m^3 当たり $200 \sim 300 \text{L/m}^3$ (注入率 20 ~ 30%) を投入した。

混合攪拌試験は、掘削液混合試験および粉体混合試験の 2 つに対して行い、各混合試験毎にテーパーフロー試験 (JIS R 5201) 結果が既定の範囲内に収まるとともに、要求性能が確保できる最適配合とした。室内配合試験結果より、掘削液および粉体の対象土量 1m^3 当たりの EC ウォール材総添加量は 102.5kg/m^3 と決定した (表-1)。

表-1 当該現場 EC ウォール配合試験結果

配合 No.	混合試料		粉体配合量 (ECウォール材配合量) (kg)	T.F. (130以内)	透水係数 (m/s) (2.0×10^{-9} 以下)	ペントナイト量 掘削液+粉体 (100kg程度)
	試料土 (m^3)	掘削液 (L/m^3)				
1			80	105	2.71×10^{-9}	90.0
2	1	250L (注入率25%)	90	103	6.37×10^{-10}	102.5
3			100	103	4.60×10^{-10}	115.0

6. 施工時の工夫

当該現場の施工数量を**表-2**に示す。施工深度は 16.8~17.8m と比較的深く、不透水層に貫入長 1.0m とする。対象地盤は玉石混り砂礫や粘土混じり砂礫で換算 N 値 100 を超える硬質地盤 (**図-4**) である。施工開始位置でのカッターポストの建込み作業の際、ジャーミングトラブルが確認された。このため先行掘削中にカッターポストのジャーミングが想定された。そこで、1 パスの先行掘削では、計画液量の 1/3 程度で攪拌し、掘削トレンチ内の掘削混合土に懸垂力(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、ジャーミングを低減しながら先行掘削を行った。尚、地上部に排出された玉石は礫径 250mm 程度であった (**写真-2**)。また、施工時における排泥量はごくわずかで、ガイド用トレンチ内 (1.0m×1.0m) に収まり、排泥の搬出がなかったことから実質的に無排泥施工ができた。

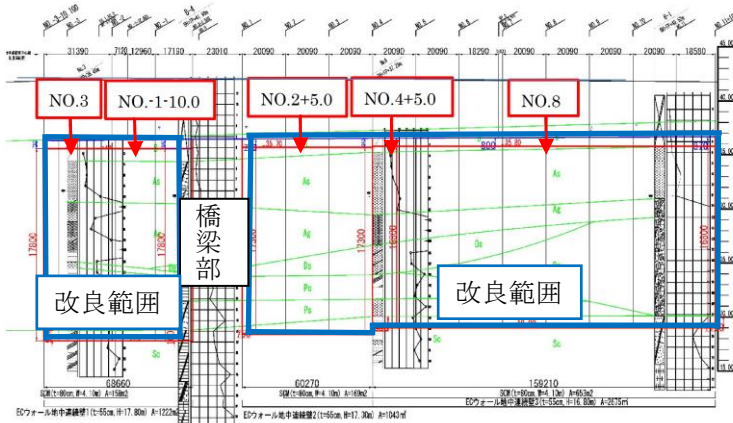


図-4 土質縦断面図および試料採取位置



写真-2 地上に排出された玉石

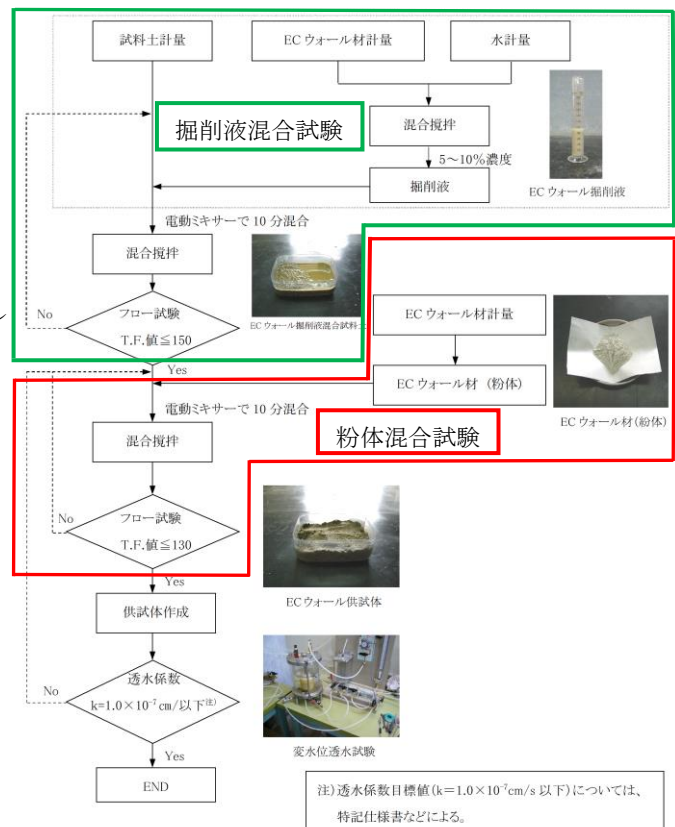


図-3 EC ウォール室内配合試験フロー

表-2 施工数量

施工延長	288.14m
壁 厚	550 mm
壁 深 度	16.8~17.8m
壁 面 積 橋梁部	4,940 m ²
要求品質	壁体透水係数 $k=1.0 \times 10^{-8} \text{m/s}$
遮水壁施工期間	平成 27 年 1 月 ~ 平成 27 年 4 月

7. ECウォール工法の品質管理

管理項目を表-3に示す。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、掘削時のフロー値が150mm以下、造成時のフロー値が130mm以下になることを規格値とした（図-5、図-6）。

表-3 ECウォール工法の施工管理³⁾

ECウォール施工	施工中	材料使用量	設計値以上	施工日毎	納入量と残存量の対比
		掘削液配合	計画値±2%	1回/日	比重計
		掘削時の流動性	T.F. ≤ 150	1回/日	テーブルフロー試験器
		造成時の流動性	T.F. ≤ 130	1回/日	テーブルフロー試験器
		施工速度	50~100mm/分	造成1m毎	ストップウォッチ
		粉体量の確認	設定値±2%	造成中随時	専用管理計器
		法線位置	設計±30mm	掘削中随時	トランシット(目視)
		鉛直精度	±1/250以上	掘削中随時	モニター(監視)
		掘削深度	設計値以上	深度変更毎 (1回/2000m ²)	残尺測定
	施工後	造成壁の遮水性	透水係数 1.0×10^{-7} cm/s 以下	1回/2000m ²	ウェットサンプリング



図-5 掘削液のテーブルフロー試験結果

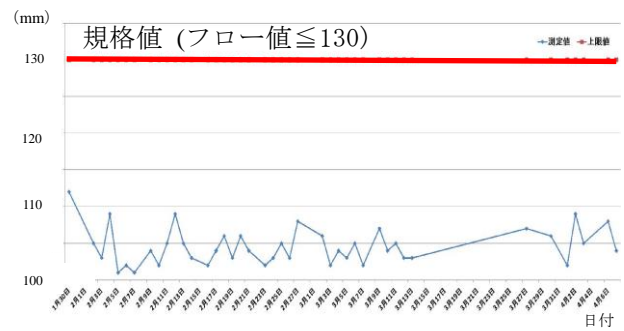


図-6 造成時のテーブルフロー試験結果

8. 品質確認試験

施工ライン上の5カ所の位置（図-4）で、試料採取器によるウェットサンプリング採取方法（図-7）によって、深度方向に3深度（GL-3m、GL-10m、GL-16m）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）を満足している事を確認した（表-4）。

図-7 試料採取器によるウェットサンプリング採取方法

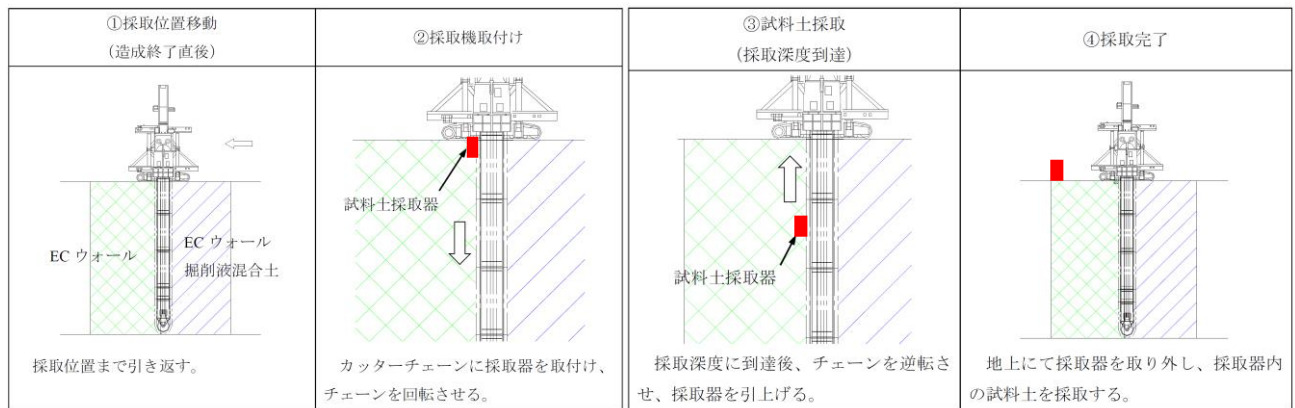


表-4 各ウェットサンプリング位置における透水係数 (m/s)

採取位置 (測点 NO.)	GL-3m	GL-10m	GL-16m
NO.-3	5.11×10^{-10}	7.01×10^{-10}	2.61×10^{-10}
NO.-1-10.0	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}

9. ECウォールと護岸の一体化

原設計では、TRD工法の施工時に発生する排泥を再利用することで、法留とTRD壁の継ぎ目を一体化する計画であった(図-8)。ECウォール工法は排泥がほとんど発生しないため、写真-4に示すバックホウ型の攪拌機を用いて安定処理工(ソイルセメント)を造成することで、護岸の遮水シート、法留、安定処理工並びにECウォールが一体となり、河川水の浸透を防ぐ構造としている。安定処理工は、原設計(TRD工法)と同じ設計基準強度 $quck=500(kN/m^2)$ および、透水係数 $k=1.0 \times 10^{-8}(m/s)$ に設定した。室内配合試験結果より、高炉セメントB種にて添加量 $170kg/m^3$ 、水セメント比 $W/C=100\%$ と設定した。図-9にECウォールと護岸の一体化モデル図を示す。

表-5 安定処理工の品質確認

採取位置	一軸圧縮強度 (kN/m ²)			平均強度 (kN/m ²)	目標強度 (kN/m ²)	透水係数 (m/s)
	1 供試体	2 供試体	3 供試体			
NO.9	1,071	956	924	984	500	2.71×10^{-9}
NO.3	1,150	1,009	1,259	1,139		2.06×10^{-10}
NO.-2	1,149	1,190	1,072	1,137		2.16×10^{-11}



写真-3 安定処理工のエリア



写真-4 安定処理工の施工状況

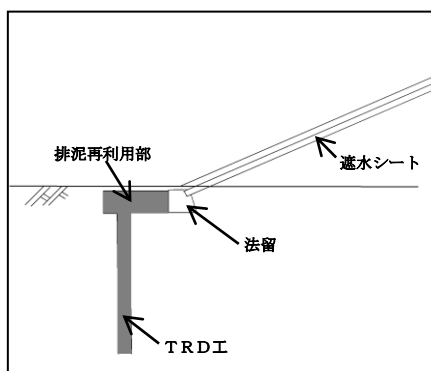


図-8 TRD工法による施工方法⁴⁾

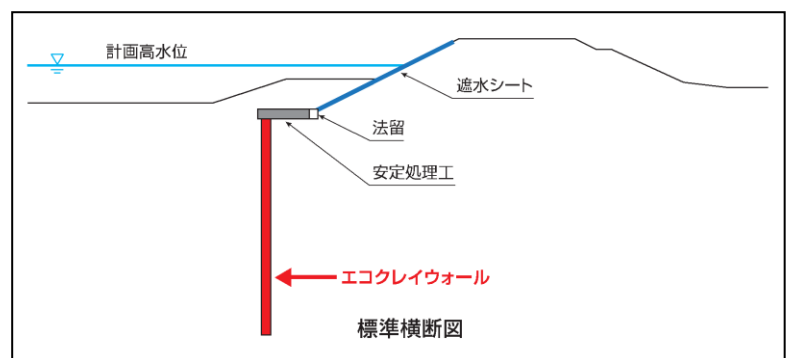


図-9 ECウォールと護岸の一体化構造

10. おわりに

一級河川矢作川にて漏水対策を目的として、ECウォール工法が初めて採用され、要求性能を満足し、施工を終了することができた。今後の河川堤防における浸透防災対策として実績を重ね、河川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。

参考文献

- 1) 栗原太志・乾徹・勝見武・嘉門雅史・荒木進(2010): 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.
- 2) 平成27年度事業概要矢作川, 国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所, 豊橋河川事務所 HP.
- 3) 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(建技審証 第0701号)「エコクレイウォール工法」内容変更・更新平成24年5月102頁.
- 4) 真柄護岸工事TRD工法報告書平成12年10月 建設省東北地方整備局新庄工事事務所21頁.