

水平井戸による循環型汚染地下水浄化工法の開発

—マルチ水平ウェル工法—

土木本部 土木部 中村憲司
土木本部 土木部 笹間和也

1. はじめに

近年の世界的な環境保全の高まりの中、日本においても最近相次いで土壌・地下水汚染修復関連の法律・基準・資格制度が整備され、平成15年2月に「土壌汚染対策法」が施行されている。このような背景の中、工場跡地等の再開発事例に適応する汚染土壌修復技術は大きく進展しているが、未だ、既存建物下の汚染修復は工期・工費共に負担が大きく新たな技術開発が必要となっている。

そこで汚染地下水の浄化精度の向上及び工費・工期の縮減を図るために、汚染された土壌中に水平方向の井戸を築造し、復水システムにより効率よく浄化できる施工法を開発した。

2. 本工法の概要と特徴

2.1 本工法の概要

本工法は、小口径管推進工法を利用して水平揚水井戸を構築し、曝気処理・加熱処理及び活性炭吸着処理等を実施後、処理水を地盤中に復水・循環させることにより、比較的小規模な敷地面積における汚染地下水浄化を低コストで可能とした水平井戸浄化システムであり、既存建物下での施工を可能としている。図-1、2に適用イメージを示す。また開発仕様を表-1に示す。

2.2 主な特徴

現在、既存建物下の土壌浄化を行う場合、地上より斜め方向に浄化井戸を築造して行う方法があるが、建物下に処理できないV字領域が発生するなど、完全浄化に不安を残す。本工法は、施工機械の小型化によって狭い場所でも施工可能とし、更に到達立坑を必要とせず、1箇所の小型立坑から特殊なスリットを有した水平井戸を放射線状に複数築造することで前記問題点を解決した。主な特徴を以下に示す。

- ①循環型システムなので自然環境への負荷を低減できる。(地下水水位の変動や地盤沈下等の恐れが少ない等)
- ②復水に薬剤を溶解することで浄化期間の短縮が可能。
- ③施工機械の小型化により、狭い場所での施工が可能。(φ2000の小型立坑から施工可能)
- ④1箇所の立坑から水平井戸を複数築造できるので、低コストでの施工が可能。
- ⑤水平井戸が直線なので井戸の位置を確かかつ容易に確認でき、杭基礎等の障害物がある場合でも施工可能。
- ⑥施工精度が高いため浄化箇所をピンポイントで効果的に浄化することが可能。

- ⑦水平井戸内に設置する特殊フィルターにより礫分の流入を抑制することで、井戸の機能を長時間確保できる。また特殊フィルターは交換が可能。
- ⑧地下での施工のため騒音・振動が少ない。

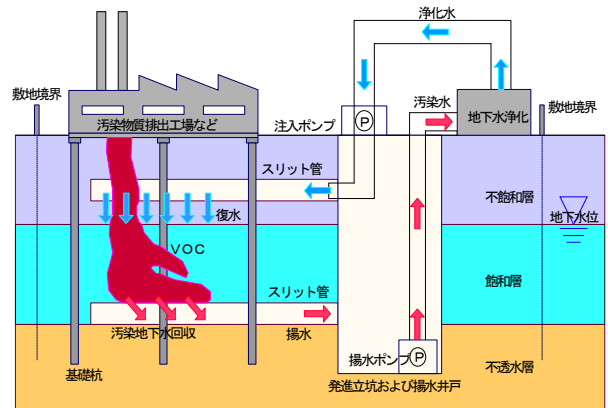


図-1 水平井戸浄化工法イメージ (断面図)

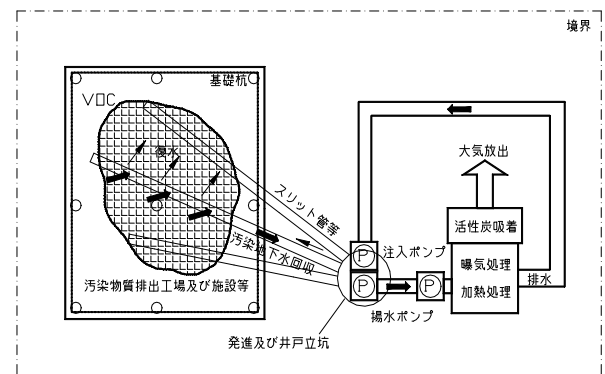


図-2 水平井戸浄化工法イメージ (平面図)

表-1 開発仕様

目的	土壌・地下水浄化
特殊性	既存建屋下
対象深度	最大深度 10m 程度
対象敷地面積	1,000m ² 程度
対象汚染物質	揮発性有機化合物(VOC)
浄化対象	地下水
推進システム	直線 L=50m 程度 人孔築造(点検坑兼用) 発進立坑深さ H=10m 程度 到達立坑は不要 土質：砂質土、粘性土

3. モデル実験

3.1 実験概要

汚染地下水を経済的に効率良くかつ安全に浄化するためには、揚水量及び復水量のバランスが非常に重要となる。そこで基本的な復水機能を確認するため、大型水槽を用いた復水モデル実験により、循環方式における復水機能の検証、並びに浸透流解析結果との比較を行った。

3.2 実験装置

大型水槽 (B2000×H1500×D750) に揚水管 1 本と復水管 4 本を設置し、珪砂を充填後、所定の位置まで注水し飽和層と不飽和層を形成させた。実験モデルを図-3に、大型水槽を写真-1にそれぞれ示す。

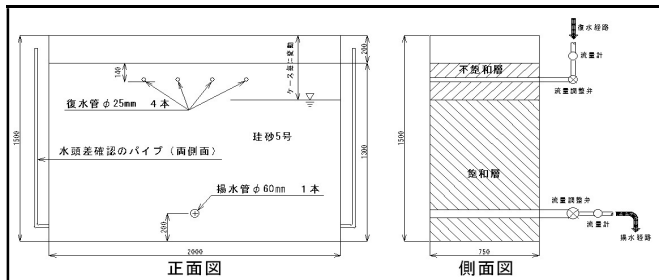


図-3 大型水槽形状



写真-1 大型水槽

3.3 計測項目及び方法

- ①揚水量及び復水量：流入部、排水部に設置した流量計にて測定する。
- ②水頭差の変位：水頭差は、水槽の両サイドに水頭確認用のパイプを立ち上げ、目視にてその位置を確認する。

3.4 実験ケース

揚水量及び復水量の流量を変化させ水位面がどのように変化するか、4つのケースを設定し実験を行った。実験ケースを表-2に、実験結果を図-4に示す。また、モデル実験を行う一方で、実験値が理論値とどのような関係にあるのかを確認するため浸透流解析（復水解析ツール）にてその比較を行った。解析条件を次に示す。

流量条件、初期水頭：実測データ

透水係数： $k_6=5.64 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$ 温度補正済

表-2 実験ケース

ケース	揚水量:復水量	ケース	揚水量:復水量
①	1.00 : 1.00	②	1.00 : 1.08
③	1.00 : 1.43	④	1.00 : 0.70

3.5 実験結果

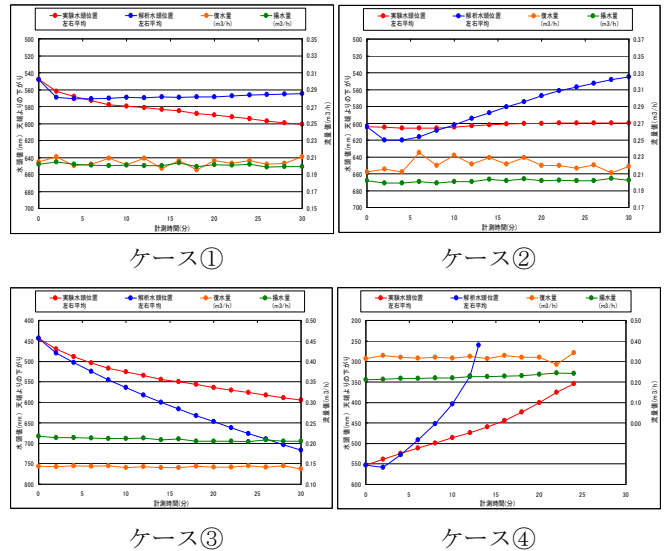


図-4 復水・揚水量-水頭位置の結果

3.6 実験結果の分析と実施工への展開

実験結果の分析
①復水側の浸透の遅れにより水位変動が発生する。
②一定以上の注水を行うと限界注水量が存在し、地表面まで影響が及ぶことが確認できた。
③水位変動を制御する為には、揚水量と復水量を個別に制御することが必要である。
実施工への展開
①各種地盤でのデータの蓄積が必要。
②情報化施工の実施が必要。
③解析ツールの改善が必要。

4. おわりに

実験により循環方式の水平井戸システムの基本的な特性を捉えることができた。今後は、更なる集水・復水機能の検証を行い、精度の向上を図り、土地所有者や汚染原因者等が無理なく速やかに改善措置を実施し、周辺住民に安心・安全な環境を与えられる効率的な浄化処理システムとしていきたいと考える。

最後に、本開発は、建設工事における省力化技術の共同開発を目的とした自動測量研究会の当社他7社 ((株)新井組, 真柄建設(株), (株)松村組, 村本建設(株), (株)森本組, (株)ベストエンジニアリング, 栗本化成工業(株)) で共同開発されたものであり、関係各位に心よりお礼申し上げます。

Key Words : 土壌浄化, 水平井戸, 浸透流解析, 復水機能, スリット管



中村憲司

笹間和也