

## PCE 汚染サイトに対する鉄粉浄化壁工法の適用に関する設計検討について

鹿島建設(株) 正 浜村憲 川端淳一 河合達司 伊藤圭二郎

## 1. はじめに

揮発性有機塩素化合物（以下 cVOCs）に汚染された地盤に対して、cVOCs を分解無害化するための還元剤として働く 0 価の鉄粉を攪拌混合する工法<sup>1)</sup>がある。鉄粉の cVOCs 分解速度は鉄粉の種類や地下水水質によって異なる<sup>2)</sup>ことや、地下水流速、地下水中 cVOCs 濃度、浄化目標期間等の条件から、目標分解速度を得るための鉄粉混合量の検討が必要である。本稿では、短期間で鉄粉混合量を評価できるバッチ実験<sup>3)</sup>によって鉄粉混合量を検討し、その妥当性を確認するため実際に PCE 汚染サイトにてジェットブレード工法<sup>14)</sup>を用いて鉄粉を地盤に混合する実験施工を行った結果について報告する。

## 2. 設計検討

## 2-1 対象サイトの状況と目標分解速度の設定

対象サイト施工配置図を図-1に示す。施工前の地下水採水（観測井戸 M1 及び C1~3）により PCE 濃度は表-1 のようにほぼ 0.1mg/L（環境基準値の 10 倍）であることが確認されたため、設計での初期濃度を 0.1mg/L とした。次に、揚水井戸 P にて揚水試験を行い、揚水井戸からの距離と水位低下量の関係及び初期水位分布の測定より揚水時の地下水流速分布を計算した。その結果、揚水量が 16L/min のときに図-1 の上から下に実流速で最大 30cm/day 程度（間隙率 0.3 を仮定）の地下水流れを作成できる結果となった。鉄粉混合体は  $\phi$ 3.0m の円柱形<sup>4)</sup>で造成するため、観測井 M5~8 で採取される地下水は 10 日間以上鉄粉混合体と接触する。このため設計での鉄粉と地下水との接触時間を 10 日とした。以上の設計条件と、鉄粉による cVOCs 分解反応を一次反応であると仮定した式(1)より、鉄粉混合体内を 10 日間通過する PCE 汚染地下水を環境基準値 0.01mg/L 以下に浄化するためには、 $K=0.01$  (1/hour) の分解速度定数が必要であり、これを目標分解速度とした。

$$C = C_0 e^{-Kt} \dots (1)$$

C：鉄粉混合体通過後の濃度（環境基準値，0.01mg/L）

C<sub>0</sub>：鉄粉混合体通過前の濃度（現場地下水汚染濃度，0.1mg/L）

K：分解速度定数（バッチ実験から求められる定数，1/hour）

t：鉄粉混合体と地下水の接触時間（10day × 24hour）

## 2-2 室内バッチ実験による鉄粉配合の検討

目標分解速度を満たす配合を検討するために室内バッチ実験を行った。バッチ実験の条件及び実験ケースを表-2に示す。容積が 28mL のバイアル瓶を用いて現場地下水に PCE を 1mg/L となるように添加し、PCE 濃度の経時変化をヘッドスペース-PID ガスクロマトグラフ法にて測定した。

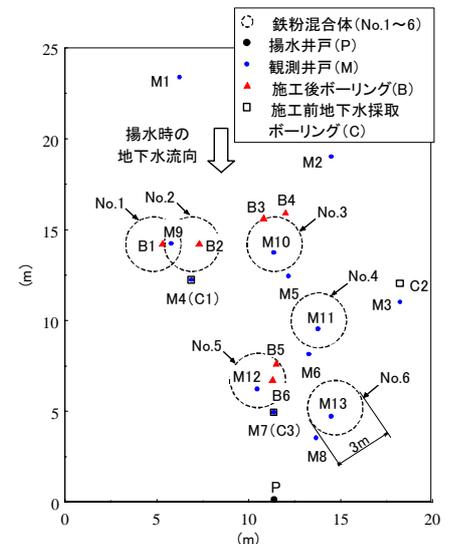


図-1 施工配置図

表-1 施工前のPCE地下水濃度分析結果

	PCE濃度(mg/L)
M1	0.10
C1	0.13
C2	0.01
C3	0.14

表-2 バッチ実験条件

	鉄粉A	鉄粉B	鉄粉C
鉄粉量(g)	0.6	0.6	0.6
PCE溶液(mL)	10	10	10
コスト	△	○	○

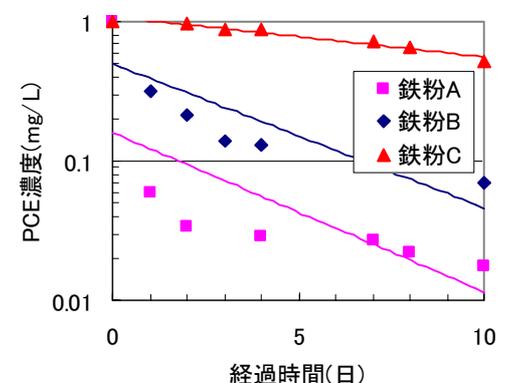


図-2 バッチ試験結果

キーワード VOC 汚染地盤 鉄粉浄化壁 分解速度 トリータビリティ試験 実験施工

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 0424-89-77303.

ここで、バッチ実験での cVOCs 水溶液と鉄粉の比率については、実地盤での地下水と鉄粉の関係に近似できることがカラム実験との相関により検討されていることから、ここでも鉄粉と cVOCs 水溶液の比率を現場での地下水と鉄粉量の比率として設計した。

バッチ実験の結果を図 - 2 に示す。鉄粉 A と鉄粉 B で目標分解速度である 0.01 (/hour) を満足する結果となった。表 - 2 に示したコスト面での評価から、鉄粉 B を用いることとした。また、cis - DCE や TCE 等の分解生成物については PCE 初期濃度の 1/10 以下であり、 $0.1\text{mg/L}$  の PCE を分解した場合には環境基準値を上回ることはない結果が得られた。

### 3. 実験施工

#### 3-1 施工及び観測井配置

図 - 1 のように 6 本の鉄粉混合体を造成する配置で実験施工を行った。直径 3m の鉄粉混合体を 6 本造成し、鉄粉混合体中心部及び地下水下流側に観測井戸を計 10 本設置した。

実地盤はほとんど地下水の動きのない場所であり、設計時に検討した揚水量により施工後の地下水流れを制御した。

#### 3-2 浄化効果の確認

鉄粉混合体より鉄粉混合砂のボーリングコアを採取し、目標とする分解能力を有しているかどうかの確認試験を行った。サンプル 5g に  $1\text{mg/L}$  の PCE 溶液 10mL を添加したバッチ実験を行い、分解能力を確認した。分解能力の評価方法については、既知量の鉄粉と実地盤より採取した砂を目標とする割合で混合し、バッチ実験により分解速度を求め基準分解速度とした。その結果を表 - 2 に示す。鉄粉混合体中心からの距離が 1.5m 以内のサンプルについて、基準とする 0.01 (1/hour) 以上の分解効果を有していることを確認した。

観測井より採取した地下水中の PCE 濃度分析結果を図 - 3 及び図 - 4 に示す。混合体内及び、混合体と 10 日間以上接触した地下水と推定される下流側でも環境基準値以下となることを確認した。

### 4. まとめ

3.ままでに示した過程を図 - 5 に示すフロー図に整理した。このフロ - 図に基づいて設計した鉄粉量をジェットブレンド工法により地盤中に攪拌混合することにより鉄粉混合体を造成し、所定の浄化効果を確認することができた。

#### 参考文献

- 1) 例えば、伊藤圭二郎、川端淳一、河合達司、石井明俊、上沢進：ウォータージェット工法を用いた原位置 VOC 浄化技術：土壤環境センター技術ニュース第 6 号，2003，pp.1-6．など
- 2) 浜村憲，川端淳一，伊藤圭二郎：地下水性状による鉄粉の分解反応性の違いとトリータビリティ実験の重要性について：第 40 回地盤工学研究発表会講演集，2005，(投稿中)
- 3) 伊藤圭二郎，河合達司，川端淳一：鉄粉混合砂カラム実験とバッチ実験の相関性及び浄化壁の耐久性について：第 59 回土木学会年次学術講演会講演概要集，2004
- 4) ジェットブレンド工法による鉄粉の PCE 汚染地盤への混合とその浄化効果について：第 40 回地盤工学研究発表会講演集，2005，(投稿中)

表-3 土壌サンプルのPCE分解速度

サンプル名	施工中心からの距離 (m)	サンプルの分解速度 (基準:0.01>) (/hour)
B1-1	0.5	0.02
B1-2		0.03
B2-1	1.0	0.02
B2-2		0.04
B3-1	1.5	0.03
B3-2		0.02
B4-1	1.7	0.00
B4-2		0.00
B5-1	1	0.03
B5-2		0.03
B6-1	1.3	0.03
B6-2		0.04

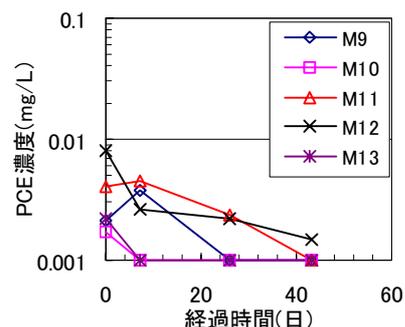


図 - 3 混合体内 PCE 濃度

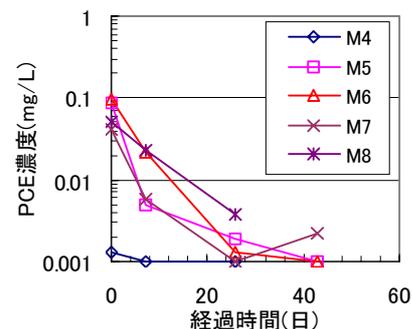


図 - 4 下流側 PCE 濃度

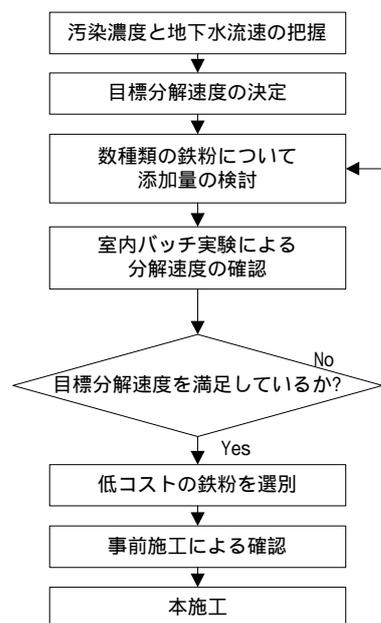


図 - 5 設計フロー