

泥水式シールド工法における重金属汚染土浄化システムの開発 その2

— 高比重泥水からの特殊鉄粉分級試験 —

戸田建設（株） 正会員 ○小林 修 中山卓人
市川政美 田中 孝

1. はじめに

現在、首都圏では鉄道や道路整備を目的としたシールド工事での大深度・大断面施工が増加している。地質的にみると大深度となる地下 40 m 以深では上総層群が多く堆積し、この上総層群の固結シルト層からは環境基準値を超える砒素をはじめとする自然由来の重金属の溶出が確認されている。大断面でのシールド工事では大量の掘削土砂が発生するため、この土砂が重金属汚染土である場合、処理に大きなコストが必要となる。

そこで、シールド工事から発生する汚染土を特殊鉄粉を使用し、基地内で浄化処理し無害なものとして処分することでコスト削減を可能とする重金属汚染土浄化システムの開発を実施している。

重金属汚染土浄化システムは、主に以下に示す 2 つの工程から成る。

工程 1：汚染土を含む泥水に特殊鉄粉を添加、攪拌することで泥水中の有害重金属を鉄粉に吸着させる。

工程 2：重金属を吸着させた鉄粉を泥水中から分級・回収および再利用する。

本稿では、前稿（その 1）で確認した**工程 1**の基礎実験の次の段階である**工程 2**を対象として、泥水中から鉄粉を分級機を使用して分級・回収する実験を行ったので、その結果を報告する。

以下に基礎実験の概要と結果を示す。

2. 泥水からの特殊鉄粉分級試験

2.1 試験材料

(1) 特殊鉄粉

写真－1に特殊鉄粉の外観、**表－1**に特殊鉄粉の物性を示す。今回使用した鉄粉は重金属の吸着性能を有する特殊鉄粉であり、砒素のほかに鉛、セレン(VI)など複数の重金属へ適用可能である。



写真－1 特殊鉄粉の外観

表－1 特殊鉄粉の物性

主成分	Fe (90 %以上)
かさ密度	3.0 g/cm ³
粒径	平均 100 μm

(2) 試料土

試料土には、笠岡粘土を使用した。**表－2**に試験で使用した笠岡粘土の物性を示す。

表－2 笠岡粘土の物性

粒度	200 メッシュ (74 μm) 残渣：7 %以内 250 メッシュ (61 μm) 残渣：12 %以内
真比重	2.60～2.75
pH	6.5～8.5

(3) 分級機

分級機として、遠心分離機、磁気選別機の 2 種類を使用した。各分級機の外観を**写真－2**、**3**に、各分級機の性能を**表－3**に示す。



写真－2 遠心分離機



写真－3 磁気選別機

表－3 各分級機の性能

分級機	寸法	処理能力
遠心分離機	幅 2.0 m×長さ 2.8 m ×高さ 2.0 m	遠心力：50 G～200 G 処理量：最大 8 m ³ /h
磁気選別機	幅 0.8 m×長さ 1.0 m ×高さ 1.5 m	磁力：6,000 ガウス 処理量：最大 0.8 m ³ /h

キーワード：重金属、自然由来、鉄粉、分級、泥水式シールド工法

連絡先 戸田建設（株）土木工事技術部 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL03-3535-1614 FAX03-3535-1524

2.2 実験方法

図-1に試験フロー、表-4、5に各試験条件を示す。粘土溶解槽に試料土、水を加え、比重1.2~1.4の泥水に調整する。比重調整した泥水をポンプにて攪拌槽へ送り、ここで試料土重量に対して2%の鉄粉を添加し、均一に攪拌する。次に鉄粉を含む泥水をポンプで圧送し、分級機にて鉄粉を含む重金属汚染土と浄化土に分級した。この時の送泥量は、分級機の処理能力に応じて、遠心分離機時は2~6 m³/h、磁気選別機時は0.2~0.6 m³/hとした。ポンプでの通水時間は3分間とし、開始2分後に各泥水をサンプリングし泥水比重、鉄粉量、土砂量等を計測した。

2.3 実験結果・考察

図-2、3に泥水比重1.4での各分級機の鉄粉回収率と浄化土の割合を示す。鉄粉回収率と浄化土の割合は、下記の式より求める。今回の実験では、鉄粉回収率90%以上を目標値とした。

$$(\text{鉄粉回収率}) = \frac{(\text{重金属汚染土中の鉄粉量})}{(\text{重金属汚染土中の鉄粉量}) + (\text{浄化土中の鉄粉量})} \times 100$$

$$(\text{浄化土の割合}) = \frac{(\text{浄化土泥水容積})}{(\text{重金属汚染土泥水容積}) + (\text{浄化土泥水容積})} \times 100$$

遠心分離機の鉄粉回収率をみると、遠心力を50 Gとすると最大でも86%であり目標値である90%を下回る結果となったが、遠心力を100 G以上とすると最大で99%となりすべての送泥量で90%以上を達成した。一方、磁気選別機では、すべての送泥量において98%以上を示し、目標値である90%以上の鉄粉回収率を達成した。

浄化土の割合に着目すると、遠心分離機では、送泥量2 m³/h、遠心力50 Gの場合、95%に達したが、遠心力を増加させ200 Gとすると75%まで低下する結果となった。そのほかの送泥量でも遠心力の増加により浄化土の割合が低下する傾向があることが明らかとなった。磁気選別機で送泥量を0.2 m³/hとし、回転数を2.5 rpmから5.0 rpmに増加させても、浄化土の割合は95%から93%と低下幅は小さかった。したがって、鉄粉回収率が最も良い遠心力(200 G)もしくは回転数(2.5 rpm)で浄化土の割合を比較すると、遠心分離機より磁気選別機のほうが浄化土の割合が高い結果となった。

3. まとめ

今回の実験では、遠心分離機、磁気選別機のいずれでも投入した鉄粉の90%以上は回収できることが確認できた。今後、このシステムの実用化を目指すべく、重金属汚染土が発生する現場にて実証実験を行う予定である。

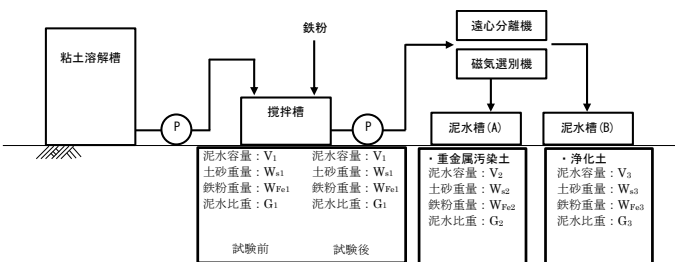


図-1 試験フロー

表-4 試験条件
(遠心分離機)

試験ケース	泥水比重	送泥量 (m ³ /h)	遠心力 (G)	粘性 (cP)
1	1.2	2	50	-
2	1.2	4	50	-
3	1.2	6	50	-
4	1.2	2	100	-
5	1.2	4	100	-
6	1.2	6	100	-
7	1.2	2	200	-
8	1.2	4	200	-
9	1.2	6	200	-
10	1.4	2	50	50
11	1.4	4	50	50
12	1.4	6	50	50
13	1.4	2	100	50
14	1.4	4	100	50
15	1.4	6	100	50
16	1.4	2	200	50
17	1.4	4	200	50
18	1.4	6	200	50
19	2	2	200	100
20	2	4	200	150
21	2	6	200	300
22	2	2	200	350
23	2	4	200	500

表-5 試験条件
(磁気分離機)

試験ケース	泥水比重	送泥量 (m ³ /h)	回転数 (rpm)	粘性 (cP)
1	1.2	0.2	2.5	-
2	1.2	0.4	2.5	-
3	1.2	0.6	2.5	-
4	1.4	0.2	2.5	200
5	1.4	0.2	2.5	300
6	1.4	0.2	2.5	530
7	1.4	0.2	5.0	-
8	1.4	0.2	5.0	250
9	1.4	0.2	5.0	330
10	1.4	0.4	2.5	-
11	1.4	0.6	2.5	-
12	1.4	0.6	2.5	-

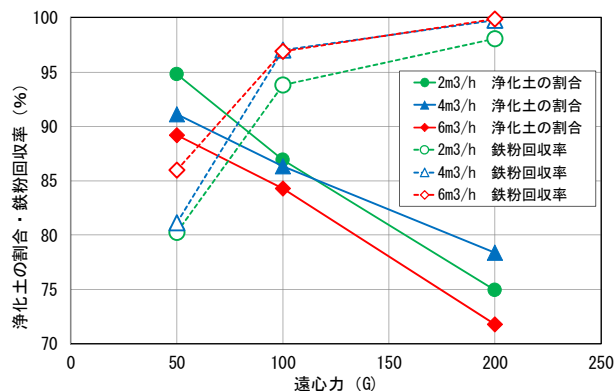


図-2 遠心分離機試験時の浄化土の割合と鉄粉回収率
(表-3の試験ケース10~18をグラフにした)

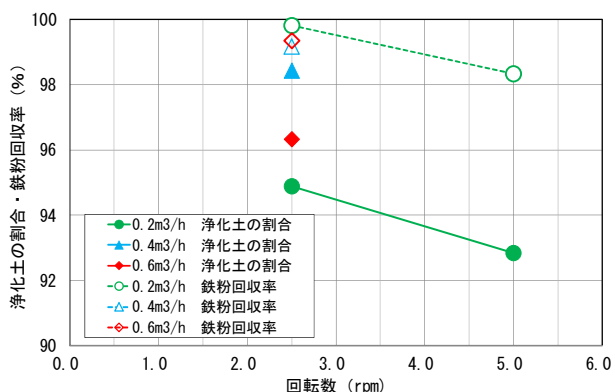


図-3 磁気選別機試験時の浄化土の割合と鉄粉回収率
(表-4の試験ケース1~3、11、12をグラフにした)