

ひ素含有シールド発生土の濯ぎ洗い処理によるひ素溶出量低減に関する実験的検討

西松建設株式会社 正会員 ○地井 直行
 西松建設株式会社 正会員 石渡 寛之

1. 概要

泥水式シールド工法（図1）において、掘削土に送泥水が添加された泥水状の発生土（以下、シールド発生土とする）は通常、分級機による一次処理によって細粒分（シルト分、粘土分）が除去され、一次処理土として回収される。一方で、掘削対象の地盤中に自然由来のひ素が含有することで、一次処理土のひ素溶出量が指定基準（0.01 mg/L）を超過する事例がしばしば見受けられる。一般的に、細粒分は比表面積が大きくひ素が土粒子表面により吸着しやすいため、ひ素溶出量が高くなる傾向がある。そのため、一次処理によって除去しきれない細粒分が一次処理土中に含まれることで指定基準を超過する可能性がある。

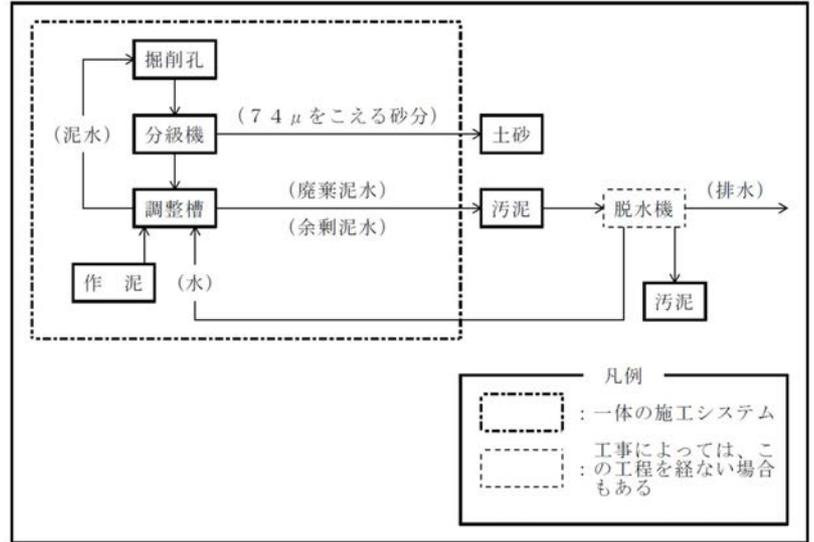


図1 泥水循環工法の一例¹⁾

本実験では、実際のシールド掘削区間のボーリングコア試料を用いた室内模擬実験を行い、一次処理土を濯ぎ洗い処理することで、更なる細粒分除去およびひ素溶出量低減について検討し、その効果について評価した。また、濯ぎ洗い処理に現地地下水を使用した際の影響についても検討した。

2. 実験方法

本実験では図2の手順で実験を実施した。各工程の詳細な手順は下記の通りである。なお、原土は実際の掘削対象区間および掘削深度の自然由来ひ素を含有するボーリングコア試料（シルト混じり細砂）を採取して使用した。また、地下水試料には現地の地下水を採取して用いた。

- ①送泥水作製：原土に対して水道水を添加して約40 wt%溶液を作製し、ボールミルを使用して280 rpmで5 min処理した。処理後、上水を回収し、比重1.2 g/cm³およびファンネル粘性25秒程度に調整した。
- ②排泥水作製：原土に対して送泥水を添加して約34 wt%溶液を作製し、280 rpmで5 min処理した。
- ③篩い分け：排泥水を75 mm篩を用いて篩分けし、75 μmオーバー分を模擬一次処理土として回収した。
- ④濯ぎ洗い：得られた模擬一次処理土に対して、湿潤重量比で1.57倍の地下水、もしくは希硫酸を用いてpH調整した水道水を添加して濯ぎ洗い処理し、洗浄処理土を回収した。

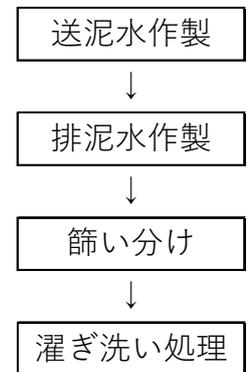


図2 本実験の手順

上記手順によって回収した洗浄処理土は、溶出試験（環境庁告示第46号）に準拠してひ素溶出量を評価した。また、濯ぎ洗い処理で同時に回収された洗浄排水についても塩化第二鉄またはPACによる水処理によって上澄水および脱水ケーキとして回収してそれぞれのひ素濃度、ひ素溶出量について評価した。

キーワード 泥水式シールド工法，一次処理土，濯ぎ洗い処理，ひ素

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネスタワー7階 (株)西松建設 技術研究所 TEL:03-3502-0247

3. 結果および考察

原土、模擬一次処理土および洗浄処理土のひ素溶出量を表1にそれぞれ示す。

原土のひ素溶出量は0.038 mg/L、また模擬一次処理土については0.019 mg/Lであり、いずれも指定基準(0.01 mg/L)を超過する結果が確認された。主体である砂分表面に付着した細粒分に起因していると推察された。また、溶出時のpHについてはいずれも9.6-10.0のアルカリを示した。これはシールド掘削工事における底盤改良の影響を受けていると考えられる。

濯ぎ洗い処理を施した洗浄処理土に関して、地下水による濯ぎ洗いではひ素溶出量が0.013 mg/Lであり、模擬一次処理土から減少したが指定基準をわずかに超過した。一方で、pH調整した水道水を用いた濯ぎ洗いではひ素溶出量が0.009 mg/Lと指定基準を満足した。細粒分が除去されると同時に濯ぎ洗い中のpHを5程度に維持したことで、一次処理土からのひ酸イオン(AsO_4^{3-} 等)の溶出を促進し、より溶液側へひ素が移行したと考えられる。pHをより酸性にすることで更なるひ素溶出量の低減効果が期待されるが、実プラントにおける機器類への腐食等の影響を考慮すると可能な限り中性に近いpH領域での処理が望ましく、適正なpH条件を設定する必要がある。

また、今回使用した地下水および濯ぎ洗い処理によって洗浄処理土とともに回収された洗浄排水について、それぞれのひ素濃度を表2に示す。今回使用した地下水中のひ素濃度は定量下限値未満(<0.005 mg/L)であり、洗浄処理土の溶出量には影響を与えていないと考えられた。洗浄排水中のひ素濃度に関して、地下水による洗浄排水では0.15 mg/L、pH調整した水道水では0.68 mg/Lであった。この結果からもpH調整を施したほうがひ素をより溶液側に移行できることが示唆された。また、地下水による洗浄排水について、塩化第二鉄またはPACを添加して水処理した結果、PAC添加では0.008 mg/Lであったひ素濃度が塩化第二鉄添加の場合では定量下限未満であった。塩化第二鉄添加による Fe^{3+} の供給および洗浄排水のpHがアルカリ域であったことで、排水中に形成された水酸化鉄がひ素を吸着して固体側(脱水ケーキ)へひ素を移行させたと考えられる。上澄水についてはpH調整の上、濯ぎ洗い処理工程へ再利用可能であると考えられ、余剰水となった場合にも指定基準を満足しているため、他の工程への利用や排水処分に関しても問題はないと考えられる。

4. まとめ

本実験では、泥水式シールド工法を用いた掘削工事において、通常の分級による処理(一次処理)ではひ素溶出量の指定基準を超過する懸念がある一次処理土に関して、濯ぎ洗いによる細粒分除去等の実験的検討を行い、ひ素溶出量の低減について検討した。

一次処理のみでも原土のひ素溶出量は半減したが指定基準を超過した。一方で、一次処理土を現地地下水で濯ぎ洗いした結果、ひ素溶出量は約32%低減し、またpH調整を施した水道水による濯ぎ洗いでは約53%低減し、ひ素溶出量の指定基準を満足した。なお、現地地下水中のひ素濃度は定量下限未満であり、濯ぎ洗い処理への利用によるひ素溶出量への影響等は確認されなかった。また、濯ぎ洗い処理時の洗浄排水については、地下水を用いた場合でひ素濃度が0.15 mg/Lであり、そのままでは一般排水基準を超過するが、塩化第二鉄を添加して水処理することで溶液中のひ素濃度を定量下限未満(<0.005 mg/L)まで大幅に低減できた。

以上から、現場における一連の処理システムにおいて一次処理の後段に濯ぎ洗い処理を組み込むことで、大幅な設備変更を伴わずに一次処理土に含有するひ素を処理可能なシステムを提案できると考える。

参考文献 1)建設廃棄物処理指針, 環境省, 平成23年3月, pp.16.

表1 各試料のひ素溶出量および溶出時のpH

試料	ひ素溶出量 mg/L	溶出時のpH
原土	0.038	10.0
模擬一次処理土	0.019	9.6
洗浄処理土(地下水)	0.013	9.4
洗浄処理土(pH調整水)	0.009	9.1

表2 各試料のひ素濃度測定結果

試料	ひ素濃度 mg/L
地下水	<0.005
洗浄排水(地下水)	0.15
洗浄排水(pH調整水)	0.68
上澄水(塩化第二鉄)	<0.005
上澄水(PAC)	0.008