

泥土圧シールドでの自然由来砒素含有土の酸化不溶化の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○伊藤圭二郎
 鹿島建設(株) 正会員 佐藤 毅
 鹿島建設(株) 正会員 川端 淳一

1. はじめに

自然由来の砒素を含有する地盤中を掘進する泥土圧シールド工事では、掘進により大量の環境基準値を超過する泥土（土壌）が発生する。この環境基準値を超過する土壌については、環境中に砒素が拡散しないように不溶化処理などの対策を講じて、資源循環の観点からは再利用されていくことも望まれている。こうした背景から本研究では、泥土圧シールド工事での通常の設定備を利用し、低コストの薬剤を使用して不溶化することを室内及び現場試験で検討したので報告する。

2. 不溶化方法

不溶化方法としては、砒素が水酸化鉄（Ⅲ）に吸着され易い特徴を利用し、土に含まれる鉄化合物に砒素を吸着させる方法とした。具体的には、酸化還元電位を高くすることで水酸化鉄（Ⅲ）を生成させ、水酸化鉄（Ⅲ）に吸着し易い弱酸に pH をコントロールすることとした。酸化還元電位を高くする方法として空気中の酸素を使用し、pH を弱酸にする方法として希硫酸を使用し、低コストで不溶化することを検討した¹⁾。

3. 室内試験方法

室内試験方法を図-1 に示す。試験では、東京近郊で採取した自然由来の砒素含有土である沖積粘土及び土丹を使用し、土丹については破碎して 2 mm 以下の粒度のものを使用した。現場では泥土に対して薬剤を混合するが、室内では均質な状態で試験を行うため含水比 200%の泥水にして試験を行った。pH は、無調整のケースと、4～6 に希硫酸で調整するケースを実施した。空気中の酸素との接触は、泥水 2 L 程度に対して 5 L 容器を使用し、24 時間振とうさせることで容器中の気相部の酸素と接触させた。不溶化効果は、泥水中の水の砒素濃度を分析することで評価した。

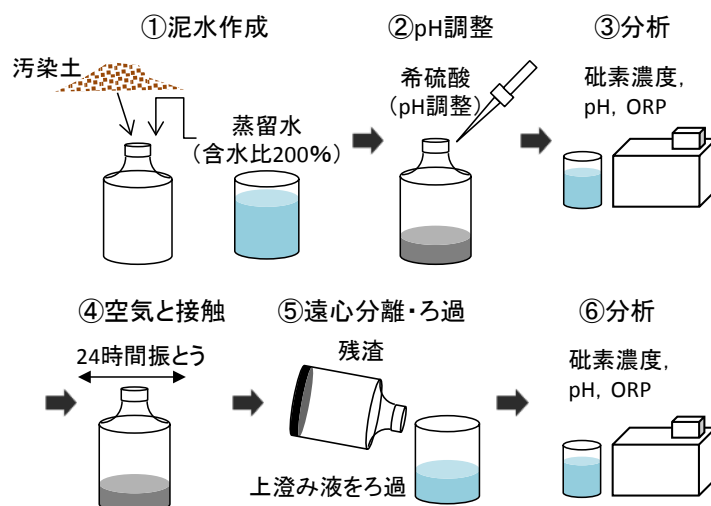


図-1 室内試験方法

4. 室内試験結果

室内試験での砒素濃度の分析結果を表-1 に示す。CASE1 と CASE4 が沖積粘土及び土丹の pH 無調整のケースであり、24 時間振とう前も後も環境基準値 0.01 mg/L を超過する結果となっている。空気と接触させた 24 時間振とう後については、いずれのケースも初期値を下回っており、希硫酸で pH 調整することでより低い値となっている。沖積粘土では pH を 6.0、または 5.0 にすると環境基準

表-1 室内試験結果

	土の種類	pH 調整値	pH調整直後		24時間振とう後		
			ORP [mV]	砒素濃度 [mg/L]	pH [-]	ORP [mV]	砒素濃度 [mg/L]
		[-]	[mV]	[mg/L]	[-]	[mV]	[mg/L]
CASE1	沖積粘土	8.0(※)	-25	0.030	7.7	210	0.025
CASE2		6.0	50	0.033	6.9	240	0.008
CASE3		5.0	30	0.030	6.4	210	<0.006
CASE4	土丹	8.9(※)	180	0.081	8.3	210	0.040
CASE5		6.0	220	0.022	7.0	240	0.021
CASE6		5.0	200	0.016	6.9	220	0.011
CASE7		4.0	230	0.028	5.4	260	<0.006
※ 無調整(自然状態でのpH)							

キーワード 泥土圧シールド, 砒素, 自然由来, 不溶化, 酸化

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 岩盤・地下水グループ TEL 042-489-6580

値以下となる結果であり、土丹層では pH を 4.0 にすると環境基準値以下となる結果となった。

pH については、調整時に pH4.0 など調整するが、24 時間振とう後には土の緩衝作用で中性に近づく傾向がある。また、ORP については土丹では試験前に破碎や篩いを行っている影響で元々高い傾向があるが、沖積粘土では -25～50 mV であり、24 時間振とう後にはいずれの土でも 210～260 mV の範囲にある結果となった。

5. 泥土圧シールドでの現場試験方法

泥土圧シールドでの現場試験方法を図-2に示す。泥土圧シールドでは切羽に加泥材を注入しながら掘進するため、その加泥材に酸素水を使うことで酸化効果を促進した。また、希硫酸については配管が腐食する恐れがあるため、圧送管で輸送されて土砂ピットに排出される手前で泥土に混合した。試験の評価は、ピットに排出される泥土をサンプリングして土壌溶出試験により砒素濃度を分析し、酸素水と希硫酸を注入した場合と両者を注入していない場合で結果を比較した。

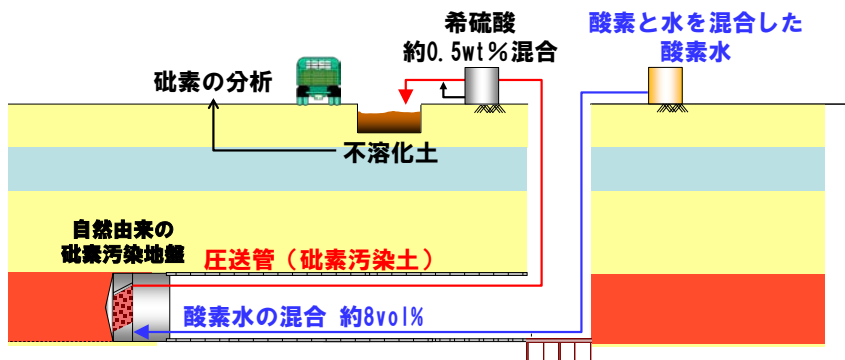


図-2 現場試験方法

表-2 現場試験での砒素分析結果

掘進 リング数	不溶化 対策	pH	土壌溶出試験 砒素濃度 [mg/L]
1 R	なし	9.5	0.041
2 R	なし	9.6	0.036
3 R	なし	9.4	0.013
4 R	なし	8.4	0.015
5 R	なし	9.5	0.034
6 R	なし	8.8	0.027
7 R	あり	6.0	<0.005
8 R	あり	6.0	<0.005
9 R	あり	6.1	<0.005
10 R	なし	9.3	0.040
11 R	なし	9.1	0.041
12 R	あり	5.3	<0.005
13 R	あり	6.7	<0.005

6. 泥土圧シールドでの現場試験結果

現場試験での土壌溶出試験による砒素濃度の分析結果を表-2に示す。掘進 13R 分を分析し、そのうち 7～9 R、12・13 R で不溶化対策を行った。不溶化対策のない場合は、環境基準値である 0.01 mg/L を全て超過しているが、対策をすることで全て検出されない結果となっている。pH については、原地盤の土がアルカリ側に対して弱酸となるものの大幅に中性領域から逸脱しないレベルの調整に収まっている。ORP についても計測しており、原地盤が -200～-40 mV 前後であったが、不溶化対策した場合については 90～150 mV 程度に上昇している結果となった。

表-3 に不溶化対策のない 4R 分、不溶化対策をした 2R 分について行った砒素以外の重金属等の分析結果を示す。pH の低下や ORP の上昇といった化学的な土質性状の変化があったものの、重金属等の溶出に影響はなく、対策なしの場合とほぼ変わらない結果となっている。

表-3 現場試験での砒素以外の重金属等の分析

掘進 リング数	不溶化 対策	土壌溶出試験結果 [mg/L]						
		カドミ	六価 クロム	総水銀	セレン	鉛	ふっ素	ほう素
1 R	なし	<0.001	<0.01	<0.0005	0.002	<0.005	2.1	0.3
6 R	なし	<0.001	<0.01	<0.0005	<0.002	<0.005	1.9	0.3
8 R	あり	<0.001	<0.01	<0.0005	<0.002	<0.005	1.6	0.2
10 R	なし	<0.001	<0.01	<0.0005	0.002	<0.005	2.2	0.4
11 R	なし	<0.001	<0.01	<0.0005	0.002	<0.005	2.3	0.4
13 R	あり	<0.001	<0.01	<0.0005	<0.002	<0.005	1.5	0.2

7. まとめ

泥土圧シールドで発生する自然由来の砒素含有土の不溶化方法として、空気中の酸素と、シールド工事の濁水処理で一般に使用されている希硫酸を使用した低コストの不溶化方法を検討した。その結果、室内試験から 2 種類の自然由来の砒素含有土で環境基準値以下の不溶化効果が確認され、現場試験でもその効果が実証された。また、砒素の不溶化処理により他の重金属等が溶出し易くなる傾向は確認されておらず、一つの有効な処理方法であると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤毅, 伊藤圭二郎, 川端淳一: 酸素と希硫酸を用いた自然由来重金属汚染土の不溶化技術, 第 21 回 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会, 2015 (投稿中)。