

Ⅲ-B 368

汚染土壌の不溶化に関する室内試験（その2）陰イオン系複合汚染土壌

太平洋セメント(株) 正会員 守屋 政彦
 建設省土木研究所 正会員 小橋 秀俊
 前田建設工業(株) 正会員 小口 深志
 五洋建設(株) 正会員 新舎 博
 (財) 土木研究センター 山本 親志

1. はじめに

建設省官民連帯共同研究「地盤環境の性状保全型建設技術の開発」では、建設用地で遭遇する土壌・地下水汚染に対する、環境予測技術、調査・モニタリング技術、周辺地盤への影響防止対策技術の開発に取り組んでいる。そのなかで、固化・不溶化技術は、重金属汚染に対して溶出効果が高く有効な手段と考えられている。しかしながら現在、溶出特性や存在形態の異なる複数の重金属による複合汚染に対しては、固化・不溶化の効果に不明確な点が多く、材料の選定の仕方や組み合わせ等が明らかでない。本稿は、共同研究の中の一部として、模擬汚染土壌を対象に室内試験を行うことでこれらの問題を検討したものである。ここでは、土壌中で酸素酸となり陰イオンとして存在するとされるヒ素（As）および6価クロム（Cr(VI)）の複合汚染土についての検討結果を報告する。

2. 実験方法

本実験のフローを図1に示す。

模擬汚染土壌は、ヒ素（ $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）および6価クロム（ $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）の2種類の重金属化合物を含水比調整用の水（純水）に溶解し、対象土である砂質土に添加・混合して作製、一昼夜放置したものを試験に供した。模擬汚染土壌からの溶出量は、「重金属に係る土壌汚染調査・対策指針」（平成6年11月）に定められる溶出基準値Ⅱを超えることを目安とした。模擬汚染土壌（以下、汚染土壌）の物性値を表1に示す。不溶化材には、固化と不溶化の作用を併せて検討するセメント・薬液注入材（硬

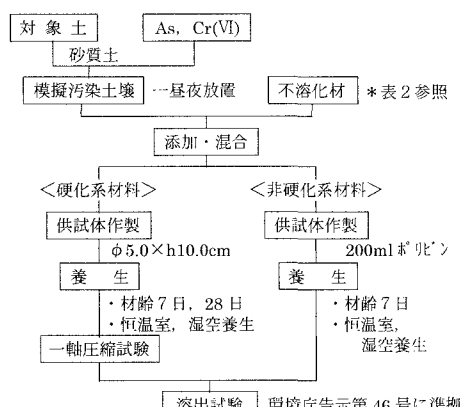


図1 実験フロー

表1 模擬汚染土壌の物性

試験項目		試験結果	
土粒子の密度：砂質土（g/cm ³ ）		2.675	
湿潤密度：模擬汚染土壌（g/cm ³ ）		1.733	
土の含水比：模擬汚染土壌（％）		8.03	
土の透水係数（cm/sec）		2.56×10 ⁻³	
粒度組成	レキ分（％）	7.9	
	砂分（％）	91.8	
	細粒分（％）	0.3	
上のpH値：対象土		5.8	
溶出量 （mg/l）	試料種	砂質土	模擬汚染土壌
	ヒ素：As	未検出	0.91
	6価クロム：Cr ⁶⁺	未検出	24.0

表2 不溶化材および添加量

分類	不溶化材および添加量（対模擬汚染土壌）
硬化系材料	普通ポルトランドセメント（50, 100kg/m ³ ）
	有機質土用固化材（50, 100kg/m ³ ）
	低アルカリ固化材（50, 100kg/m ³ ）
	水ガラス系溶液型注入材（10, 20％）
非硬化系材料	水酸化ナトリウム（10％溶液として10, 20％添加）
	酸化ナトリウム（10％溶液として5, 10％添加）
	ベントナイト（ベントナイトスリ-として25, 50kg/m ³ ）
	ゼラチン（25, 50kg/m ³ ）
	焼却灰用セメント（5, 10％）

化系材料：4種）と、一般的に重金属の固定能が高いとされている材料（非硬化系材料：5種）を用いた。

表2に示す各不溶化材を汚染土壌に添加・混合後、所定の材齢まで養生した試料について溶出試験を行い、

キーワード：地盤環境、不溶化、模擬汚染土壌、陰イオン、溶出試験

硬化系のものは一軸圧縮試験も併せて行った。養生期間は、硬化系材料を使用した水準で7日、28日、非硬化系材料の水準で7日である。溶出試験は、環境庁告示第46号に準拠して行った。

3. 結果および考察

3.1 溶出試験

各不溶化材を添加した汚染土壌の溶出試験を行い、表3の溶出量を参考に以下の基準を設けて不溶化判定を行った結果および溶出試験の結果を表4、表5に示す。

◎：溶出量値Ⅰを満足

○：溶出量値Ⅰは満足していないが、溶出量値Ⅱを満足

△：不溶化効果は確認されるが、溶出量値Ⅱを満足せず

▲：不溶化効果が確認されず

×：不溶化材の添加により溶出量が増加

ヒ素の不溶化については、OPC および有機質土用固化材の一部の水準（100kg/m³）で溶出量値Ⅱ以下となったが、溶出量値Ⅰを満足するには至らなかった。しかし、材齢の進行による水和物の生成や添加量を増やし初期材齢から多量の水和物を生成させることにより、溶出量値Ⅰを満足するものと考えられる。その他の不溶化材については、不溶化効果は確認されず、逆に溶出量が増える傾向にあった。

6価クロムについては、硫化ナトリウムおよびキレート剤で溶出量値Ⅰを満足する結果が得られた。硫化ナトリウムの効果は、その還元性にあり、Cr(VI)がCr(III)に還元されたものであると考えられる。セメント系の材料で添加量の増加と材齢の進行により、溶出量が低くなる傾向にあるものの溶出量値Ⅱを満足するには至らなかった。その他の材料には効果が確認されず、逆に溶出量が増える結果となった。

3.2 一軸圧縮試験

今回の実験において OPC を用いた比較試験を行った結果、複合汚染が強度の発現を著しく阻害することは確認されなかった。また、一軸圧縮強さは、有機質土用固化材>OPC>低アルカリ固化材>薬液注入材の順になっており、材料自体の強度発現性に依存していると考えられる。結果を図2に示す。

4. まとめ

本実験結果から、以下の知見が得られた。

①ヒ素、6価クロムの複合汚染土に対しては、普通ポルトランドセメントによる固化と硫化ナトリウム等の還元剤もしくはキレート剤を組み合わせることで、溶出防止が図れる可能性があることが分かった。

②今後は、材料コストや施工性も含めて不溶化材の混合使用の検討を行い、その効果と組み合わせ方の選定を行っていきたい。

表3 溶出量値Ⅰおよび溶出量値Ⅱ

対象金属	溶出量値Ⅰ (mg/l)	溶出量値Ⅱ (mg/l)
ヒ素	0.01	0.3
6価クロム	0.05	1.5

表4 溶出試験結果および不溶化判定－1

不溶化材	添加量	試験結果			
		上段 7日		下段 28日	
		ヒ素		6価クロム	
OPC	50kg/m ³	0.20	○	16.0	▲
		0.18	○	14.0	▲
	100kg/m ³	0.028	○	3.7	△
		0.018	○	3.9	△
有機質土用 固化材	50kg/m ³	0.41	△	16.0	▲
		0.50	▲	12.0	▲
	100kg/m ³	0.12	○	8.4	△
		0.076	○	5.3	△
低アルカリ 固化材	50kg/m ³	0.79	▲	20.0	▲
		0.76	▲	18.0	▲
	100kg/m ³	0.36	△	17.0	▲
		0.38	△	16.0	▲
薬液注入材	10%	15.0	×	21.0	▲
		15.0	×	21.0	▲
	20%	15.0	×	20.0	▲
		14.0	×	19.0	▲

表5 溶出試験結果および不溶化判定－2

不溶化材	添加量	試験結果, 7日			
		ヒ素		6価クロム	
水酸化	10%	27.0	×	20.0	▲
ナトリウム	20%	30.0	×	20.0	▲
硫化	5%	3.2	×	<0.02	◎
	10%	7.3	×	<0.02	◎
ペントナイト	25kg/m ³	1.4	×	18.0	▲
	50kg/m ³	1.6	×	16.0	▲
ゼオライト	25kg/m ³	1.0	×	20.0	▲
	50kg/m ³	0.92	×	20.0	▲
キレート剤	5%	6.3	×	<0.02	◎
	10%	5.8	×	<0.02	◎

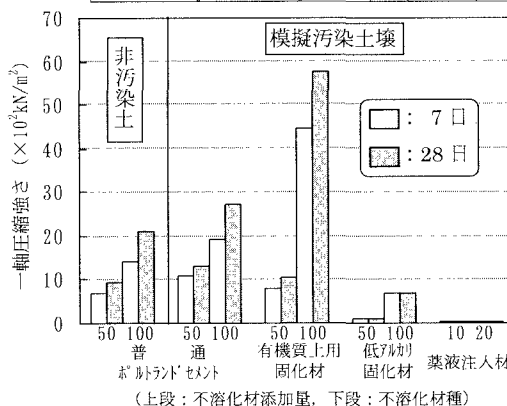


図2 不溶化処理土の一軸圧縮試験結果