

Ⅲ－B367 汚染土壌の不溶化に関する室内試験（その1）陽イオン系複合汚染土壌

建設省土木研究所	正会員	三木 博史
〃	正会員	小畑 敏子
五洋建設(株)	正会員	車田 佳範
太平洋セメント(株)	正会員	大森 啓至
〃	正会員	酒巻 克之

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、影響予測・調査・モニタリング技術、影響防止対策技術の開発に取り組んでいる。そのなかで、不溶化対策は、表層土の重金属汚染に対して、溶出防止効果が高く有効な手段と考えられている。しかしながら現在のところ、溶出特性の異なる複数の重金属（酸性側・アルカリ性側・両側で溶出し易いもの等）の複合汚染に対しては、不溶化材の選定の仕方や組み合わせ等が明らかでない。本共同研究ではこのような点を明らかにする目的で、模擬汚染土壌を用いた室内試験を実施しており、本稿では、カドミウム・鉛・水銀の複合汚染土壌に対する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。

模擬汚染土壌の作製は、カドミウム（塩化カドミウム）・鉛（硝酸鉛）・水銀（塩化水銀Ⅱ）の3種類の重金属化合物（環境基準の溶出量値Ⅱを上回る程度に分量調整したもの）を砂質土に添加し、一昼夜放置して行った。汚染土壌の物性値を表-1に示す。そこへ硬化系材料（セメント・薬液注入材系）や非硬化系材料を各々添加し、養生した。養生日数は7日および28日（非硬化系材料は7日のみ）である。不溶化材の種類を表-2に示す。その後、溶出試験および硬化系材料に対して一軸圧縮試験を行った。溶出試験は、環境庁告示第46号（紛状破砕状態での溶出試験）に準拠している。なお、一軸圧縮試験を行う目的は重金属がどの程度固化を阻害するかを確認するためである。

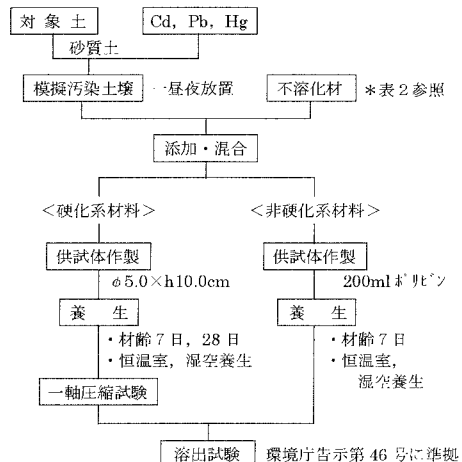


図-1 実験フロー

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	
粒土分布	レキ分 (%)	7.9	
	砂分 (%)	91.8	
	細粒分 (%)	0.3	
土のpH値：対象土		5.8	
溶出量 (mg/l)	試料種	砂質土	模擬汚染土壌
	カドミウム：Cd	未検出	2.8
	鉛：Pb	未検出	0.39
	水銀：Hg	未検出	0.30

表-2 不溶化材の種類および添加量

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）
	硫化ナトリウム（10%溶液として5, 10%添加）
	ベンゾナトリウム（25, 50kg/m ³ ）
	焼却灰用セメント（5, 10%）

キーワード：地盤環境、不溶化、模擬汚染土壌、陽イオン、溶出試験

〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 TEL 043-498-3908 FAX 043-498-3821

3. 結果および考察

3.1 溶出試験結果

表-3 は硬化系材料（4 種類）の、表-4 は非硬化系材料（5 種類）の溶出試験結果を一覧表にしたものである。結果の表示は、「◎：環境基準の溶出量値Ⅰを満足」「○：溶出量値Ⅰは満足していないが、溶出量値Ⅱは満足」「△：溶出防止効果は確認されるが、溶出量値Ⅱを満足せず」「▲：溶出防止効果が確認されず」「×：不溶化材の添加により溶出量が増加」となっている。溶出量値Ⅰおよび溶出量値Ⅱの値を表-5 に示す。実験の結果、以下のような傾向が認められた。

①セメント系固化材（3 種類）については、50kg/m³の添加量で重金属 3 者の溶出量を溶出基準値Ⅱまで抑えられることが分かった。また、材令を 28 日にすることや、添加量を 100kg/m³することによって溶出基準値Ⅰを満たすことが可能であった。このような効果は、セメントの水和反応によるものと考えられる。

②薬液注入材系の固化材については、重金属 3 者の溶出防止効果が極めて低く、鉛では溶出量が逆に増えていた。

③非硬化系材料については、キレート剤を 10%混合することにより、重金属 3 者の溶出量を溶出量値Ⅰにまで抑えることが可能であり、またペントナイトは鉛を吸着する効果が高いことが分かった。

3.2 一軸試験結果

図-2 の一軸圧縮試験結果をみると、普通ポルトランドセメントでは、カドミウム・鉛・水銀化合物の存在によって、固化強度の低下や阻害は見られなかった。また、一軸圧縮強さが添加量や材令に係わらず、有機質土用固化材＞普通ポルトランドセメント＞低アルカリ固化材＞薬液注入材の順になっており、これは不溶化材自体の強度発現性に依存していると考えられる。

4. まとめ

本実験結果から、以下のことが確認された。

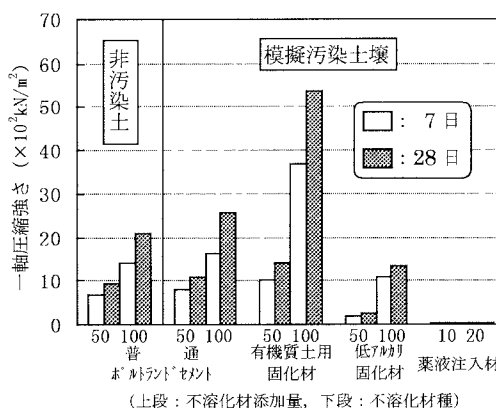
- ①今回のカドミウム・鉛・水銀化合物の複合汚染土（砂）に対しては、ポルトランドセメント等のセメント系固化材と、ペントナイトやキレート剤を用いて、重金属 3 者の溶出防止が図られる可能性があることが分かった。
- ②今後は、不溶化材を混合して使用することでそれぞれの長所を生かすことが可能であり、特に複合系の汚染土壌に対してより有効に不溶化できると期待されることから、不溶化材を混合したケースについて検討を行うとともに、材料コスト面から不溶化材を選定する方法について検討してゆきたい。

表-3 硬化系材料の溶出試験結果

固化材	添加量	試験結果，上段材齢 7 日／下段材齢 28 日		
		カドミウム	鉛	水銀
ポルトランドセメント (OPC)	50kg/m ³	<0.005, ◎	0.020, ○	0.0008, ○
		<0.005, ◎	<0.005, ◎	0.0006, ○
	100kg/m ³	<0.005, ◎	0.051, ○	<0.0005, ◎
		<0.005, ◎	0.018, ○	<0.0005, ◎
有機質土用固化材	50kg/m ³	<0.005, ◎	0.019, ○	<0.0005, ◎
		<0.005, ◎	<0.005, ◎	<0.0005, ◎
	100kg/m ³	<0.005, ◎	0.014, ○	<0.0005, ◎
		<0.005, ◎	<0.005, ◎	<0.0005, ◎
低アルカリ固化材	50kg/m ³	<0.005, ◎	0.020, ○	<0.0005, ◎
		<0.005, ◎	<0.005, ◎	<0.0005, ◎
	100kg/m ³	<0.005, ◎	0.030, ○	<0.0005, ◎
		<0.005, ◎	<0.005, ◎	<0.0005, ◎
薬液注入材	10%	1.4, ▲	2.9, ×	0.25, ▲
		0.93, △	1.7, ×	0.27, ▲
	20%	1.1, △	3.1, ×	0.28, ▲
		0.81, △	1.9, ×	0.20, ▲

表-4 非硬化系材料の溶出試験結果

不溶化材	添加量	試験結果，材齢 7 日		
		カドミウム	鉛	水銀
水酸化ナトリウム	10%	0.18, ○	0.45, ×	0.19, ▲
	20%	0.11, ○	0.46, ×	0.15, ▲
酸化ナトリウム	5%	0.15, ○	0.26, ○	0.061, △
	10%	0.38, △	0.36, ▲	0.13, △
ペントナイト	25kg/m ³	1.7, ▲	0.13, ○	0.16, △
	50kg/m ³	0.87, △	<0.005, ◎	0.067, △
ゼオライト	25kg/m ³	2.0, ▲	0.083, ○	0.31, ×
	50kg/m ³	1.7, ▲	0.057, ○	0.28, ▲
キレート剤	5%	0.006, ◎	0.069, ○	0.0015, ○
	10%	<0.005, ◎	0.010, ◎	<0.0005, ◎



（上段：不溶化材添加量，下段：不溶化材種）

図-2 硬化系材料の一軸圧縮試験結果

表-5 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)
カドミウム	0.01	0.3
鉛	0.01	0.3
水銀	0.0005	0.0005