

マグネシウム系固化材の重金属等汚染土壌に対する固化・不溶化効果について

山田技術士事務所 正会員○山田哲司

松田技研工業

松田 豊

松田技研工業

國松勝一

1. はじめに

土壌汚染対策法施行に伴い、汚染地盤の修復に向けた本格的な取り組みが始まりつつある。「汚染の除去等の措置の実施に関する技術的基準」¹⁾では、汚染土壌の入れ換え措置・浄化措置に加えて一定のレベルまで汚染物質の溶出量を低下させ封じ込める「不溶化・封じ込め措置」の位置付けが明確に示された。汚染物質の溶出濃度の高い土壌(溶出値Ⅱ超過)に対しては、溶出値Ⅱまで不溶化处理を行った後、周辺地盤との間に壁構造を設ける封じ込め措置が、また、比較的汚染物質の溶出濃度の低い土壌(溶出値Ⅱ以下)に対しては、そのまま封じ込めるかもしくは土壌環境基準以下に不溶化处理後、埋め戻し措置が施されることになる。また、不溶化处理後の地盤は後の土地利用目的に応じて、相応の強度が必要となるのはいうまでもない。

このような背景の中、酸化マグネシウムを主材とした固化材(マグネシウム系固化材と称す)は種々の有害重金属等に対して高い不溶化効果を示すことから、重金属等汚染土壌修復への適用が検討されている²⁾。本報告では、比較的溶出濃度の高い複合重金属等汚染土壌に対して、マグネシウム系固化材、不溶化剤、セメントなどを添加・混合して不溶化处理を行った改良土の固化・不溶化効果について比較・検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 実験材料

固化材として、マグネシウム系固化材および高炉セメント B 種(以下高炉 B と称す)を、不溶化剤として硫酸第一鉄(粉末状)を用いた。これはマグネシウム系固化材の助剤として硫酸第一鉄(粉末状)を使用しているためである。不溶化の対象とした汚染土壌は工場跡地から採取した鉛・砒素複合汚染土壌で、その主な土質特性・溶出濃度を表 1 に示した。対象土は鉛・砒素ともに溶出値Ⅱ(0.3mg/L)を超過し、高濃度汚染地盤といえる。

2.2 実験方法

現場から採取した汚染土壌を 9.5mm ふるいで篩い、通過したものを試料土とした。マグネシウム系固化材の添加方法は、粉体、スラリー(W/C=100%)、および流動化処理土状(JH フロー値 150~200mm)とした。硫酸第一鉄を用いる場合は、添加 3 日後にさらに高炉 B を添加混合し、4 日後に溶出試験を行った。

供試体の作製は、固化材・不溶化剤を添加混合後、セメント系固化材による安定処理土の試験方法(セメント協会)に準じて行い、試料がスラリー状を

表 1 試料土の土質特性

自然含水比 %		28.4
土粒子の密度 g/cm ³		2.71
土の分類		SM
鉛	含有量 mg/kg	539
	溶出量 mg/L	0.43
砒素	含有量 mg/kg	1530
	溶出量 mg/L	3.8

表 2 実験パラメータ

不溶化剤・固化材	添加量 kg/m ³			材令 3 日	材令 7 日
	粉体	スラリー (W/C=100%)	改良土を 流動化処理		
マグネシウム系固化材	100	—	—	—	○
	150	150, 200	150, 300		
	200	—	—		
高炉 B	150	—	—	—	○
硫酸第一鉄 + 高炉 B	—	45* (硫酸第一鉄)	—	BB105*kg/m ³ 添加	○

(○印：溶出試験，*：硫酸第一鉄+BB に対して W/C=100%)

キーワード：酸化マグネシウム、重金属、汚染土壌、固化・不溶化

連絡先：山田技術士事務所／豊中市服部南町 2-8-20, TEL 06-6864-5219, FAX 06-6864-5219

呈して締固めが困難な場合は、モールドを振動させるなどして供試体内に気泡が残らないようにした。供試体作製後約20℃で密封養生し、材令7日で一軸圧縮試験を行い、環境庁告示第46号溶出試験を行った。pHは溶出操作後の検液を測定した。表2に実験パラメータを示した。

3. 実験結果

実験結果を表3にまとめた。すべての配合で、鉛は土壤環境基準(0.01mg/L)以下に不溶化された。セメントを使用した場合、鉛の不溶化は困難であると予想されたが、高炉B改良土のpHが10.7と比較的低くなったのが一因と考えている。

砒素についてみると、マグネシウム系固化材改良土は粉体添加で土壤環境基準(0.01mg/L)の5倍程度まで不溶化が可能であり、スラリー添加とすると、不溶化が促進された。流動化処理土とした場合、砒素の溶出量は土壤環境基準以下となった。高炉Bを添加した改良土の砒素溶出量は1.0mg/Lと大きく、溶出値Ⅱの3倍以上の値を示した。不溶化剤として硫酸第一鉄を用いた高炉B改良土の砒素溶出量は0.57mg/Lで溶出値Ⅱを超過した。

実験に用いた汚染土壌に対するマグネシウム系固化材および、高炉Bの不溶化効果とその適用範囲を表4にまとめた。マグネシウム系固化材は、溶出値Ⅱ以下での不溶化が可能であり、スラリー添加あるいは流動化処理土とすることで、鉛、砒素ともに土壤環境基準以下までの不溶化が可能であると考えられる。高炉Bを用いた場合、単独添加および硫酸第一鉄併用ともに砒素の溶出量が溶出値Ⅱを上回り、不溶化・封じ込め措置の手段としての適用が困難である。

4. おわりに

固化・不溶化処理は、重金属等汚染地盤に対する有効な修復技術のひとつと考えられる³⁾。実験に用いたマグネシウム系固化材は、高い溶出濃度をもつ重金属等複合汚染土壌に対してもすぐれた固化・不溶化効果を示した。不溶化処理後の措置は処理後の溶出量に応じて封じ込め措置(原位置、遮水工、遮断工)と埋め戻し措置があり、処理コストと修復後の土地の利用形態を考慮した上で、適切な手法が選択されることが望ましいと考える。

[参考文献]

- 1) 環境省：土壤汚染対策法に係る技術的事項について，2002.9
- 2) 山田，大山，蔵野：軽焼マグネシア(MgO)による重金属類汚染土壌の固化・不溶化特性に関する研究，第37回地盤工学研究発表会，pp.2303-2304，2002.
- 3) 山田，大山，嘉門：重金属類汚染土壌のセメントによる固化・不溶化処理について，土と基礎，pp.10-12，Vol.50，No.10，2002.

表3 実験結果

不溶化剤・固化材	添加方法	添加量 kg/m ³	溶出量 mg/L		qu ₇ kN/m ²	pH
			鉛	砒素		
マグネシウム系固化材	粉 体	100	<0.005	0.074	1007	9.5
		150	<0.005	0.046	1625	9.7
		200	<0.005	0.045	1975	9.6
	スラリー	150	<0.005	0.020	543	9.6
		200	<0.005	0.013	588	9.6
	流動化処理	150	<0.005	0.029	343	9.5
		300	<0.005	0.010	453	9.4
高炉 B	粉 体	150	<0.005	1.0	2534	10.7
硫酸第一鉄 + 高炉 B	スラリー	150 (45+105)	<0.005	0.57	207	9.7

表4 不溶化効果と適用範囲

不溶化剤・固化材	添加方法	溶出値Ⅱ以下		土壤環境基準以下	
		鉛	砒素	鉛	砒素
マグネシウム系固化材	粉体	○	○	○	×
	スラリー	○	○	○	△
	流動化処理	○	○	○	○
高炉 B	粉体	○	×	○	×
硫酸第一鉄 + 高炉 B	スラリー →粉体	○	×	○	×

(○：適用可，添加量調整で可能性あり△，×：適用不可)