

脱リンスラグと高炉スラグを利用した汚染土壌中の六価クロム不溶化処理に関する研究

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○鏡 健太
日本大学理工学部 正会員 梅村靖弘

1. はじめに

近年、土壌汚染対策法が設立し、重金属による土壌汚染問題が顕在化しつつある中、最終処分場の新規許可施設数は減少してきている。重金属の中でも特に移動性の高い六価クロム(Cr(VI))は、原位置での固化不溶化処理技術が求められている。Cr(VI)は、セメントの水和物であるエトリンガイト及びモノサルフェートと反応し、水和結晶中に固定化されることが報告されている。このエトリンガイトを増加させる方法としてエトリンガイト系膨張材であるアーウィン (3CaO・3Al₂O₃・CaSO₄) をセメントに添加する方法がある。本研究では、産業副産物である脱リンスラグを利用して合成したアーウィンと Cr(VI)を Cr(III)に還元させる効果がある高炉スラグを使用した固化材を砂質土、シルト及び Cr(VI)が溶出しやすい火山灰質粘性土に対して添加し、Cr(VI)の溶出抑制効果の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び供試体作製方法

使用材料を表-1 に示す。供試体作製方法は火山灰質粘性土 (関東ローム)、シルト、砂質土各々の乾燥土壌 1kg に対しニクロム酸カリウム(K₂Cr₂O₇)を 300mg 添加して混合したものを模擬汚染土壌とした。また、模擬汚染土壌に各固化材を混合した後にφ50mm×h100mm の供試体を作製し、7、28 日養生したものを改良処理土とした。作製方法は「セメント系固化材による安定処理土の試験方法」(セメント協会標準試験方法 JACS L-01:2003)に準拠した。

2.2 アーウィンの合成

表-2 にアーウィンの配合を示す。アーウィンの合成は、脱リンスラグ、アルミナ、セッコウを混合し 70MPa で圧縮成型しペレットを作製した。そのペレットを 1150℃で 3 時間焼成し、粉状にしたものをアーウィン(AW)とした。脱リンスラグ、酸化アルミニウム、セッコウを利用して合成したアーウィンの配合を D55 とした。さらにアーウィンの生成量増加させるため脱リンスラグを減少させ、炭酸カルシウム量を増加させた。この場合の脱リンスラグと炭酸カルシウムを重量比 1:4 として合成した配合を D10 とした。

2.3 固化材の配合

本研究で用いた固化材の配合を表-3 に示す。固化材の添加量は 1m³ 当たり 150kg 一定とし、普通ポルトランドセメントのみの配合を PL、普通ポルトランドセメントと高炉スラグを同じ重量割合で混合し、セッコウを三酸化硫黄(SO₃)換算で 5% 添加した配合を BSG5、さらに、アーウィ

表-1 使用材料

材料名	備考	記号
固化材	セメント	PL
	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ ブレーン値 3290cm ²	
	高炉スラグ	BS
	高炉水砕スラグ微粉末 密度 2.88g/cm ³ ブレーン値 4640cm ²	
	セッコウ	G
	硫酸カルシウム二水和物(CaSO ₄ ・2H ₂ O) 特級純薬 密度 2.32g/cm ³	
	脱リンスラグ	DS
	未焼成 密度 3.47g/cm ³ ブレーン値 4710cm ²	
土壌	炭酸カルシウム	CA
	炭酸カルシウム(CaCO ₃) 特級純薬	
	アルミナ	AL
	酸化アルミニウム(Al ₂ O ₃) 特級純薬	
土壌	火山灰質粘性土(関東ローム)	VH
	土粒子密度 2.43g/cm ³ 自然含水比 105.5%	
	シルト	MH
	土粒子密度 2.89g/cm ³ 自然含水比 51.1%	
	砂質土	SG
六価クロム化合物	ニクロム酸カルシウム	
	特級純薬	

表-2 アーウィンの配合

配合名	質量wt(%)			
	DS	CA	Al ₂ O ₃	CaSO ₄ ・2H ₂ O
理論配合	45	-	35	20
D55	55	-	35	10
D10	10	40	35	15

表-3 固化材の配合

配合名	添加量(kg/m ³)				
	PL	BS	G	AW	
				D55	D10
PL	150	-	-	-	-
BSG5	70	70	10*	-	-
BS55	60	60	12(8)	18(12)	
BS10	54	54	27(18)		15(10)

()は重量比%
*: 三酸化硫黄換算5%

キーワード 汚染土壌 六価クロム 高炉スラグ 脱リンスラグ セッコウ アーウィン

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-18-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

ン D55 を 12%, D10 を 10% 添加した固化材をそれぞれ BS55, BS10 と設定した。

2.4 試験項目

改良土供試体からの Cr(VI) 溶出量測定試験を環境庁告示第 46 号試験に準拠しジフェニルカルバジド吸光光度法により測定を行った。測定材齢は 7, 28 日とした。また、土壌の pH 試験及び酸化還元電位測定試験を行った。

3. 結果と考察

3.1 土壌の種類、固化材の種類と Cr(VI) 溶出量の関係

図-1, 図-2 に材齢 7, 28 日における各土壌別の固化材の種類と Cr(VI) 溶出量の関係を示す。材齢 7 日の場合、砂質土は PL が最も抑制された。関東ロームとシルトは BSG5 が最も抑制された。材齢 28 日の場合も同様に砂質土は PL が最も抑制された。関東ロームは BSG5 が最も抑制され、シルトは高炉スラグを添加した配合が最も抑制された。材齢 7 日と 28 日を比較すると、BS を添加した配合は関東ロームでは 1/2 以上抑制され、シルトでは 1/4 以上抑制された。しかし、砂質土はほとんど抑制されなかった。シルトと比較して関東ロームの場合に溶出が増加しているのは、関東ロームを含む火山灰質粘性土を対象としたセメント改良土はセメント系固化材に起因する Cr(VI) の溶出量が比較的大きいと報告されている¹⁾ ためと推察される。アーウインを添加した固化材である BS10 の配合が BS55 の配合と比較して大きく溶出した要因は、配合でセッコウを 18% と多く入れたためにセッコウから溶出する硫酸イオンの影響で Cr(VI) イオンの吸着が阻害されたためであると推察される。

3.2 土壌の pH、酸化還元電位と Cr(VI) 溶出量の関係

図-3 に示すように、シルトは関東ロームと比較して酸化還元電位が低いことから、Cr(VI) が Cr(III) に還元され易くなり溶出を抑制できたものと考えられる。酸化還元電位が低いにも関わらず砂質土が最も溶出した要因は、図-4 に示すように、砂質土の pH が高いため、Cr(VI) の安定領域に入ってしまう、Cr(III) に還元され難くなったためと考えられる。

4. まとめ

高炉スラグを添加した配合の材齢 7 日から 28 日にかけて、関東ローム、シルトの Cr(VI) 溶出量は減少幅が大きく、砂質土はほとんど減少しなかった。しかし、適正な量のアーウインを添加することによって、砂質土の Cr(VI) 溶出量を抑制することができると考えられる。

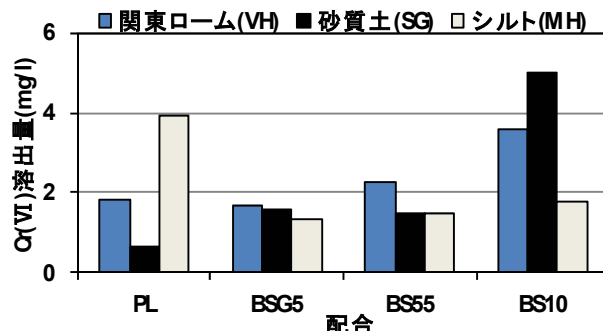


図-1 各種土壌と固化材の種類による Cr(VI) 溶出量の関係 (材齢 7 日)

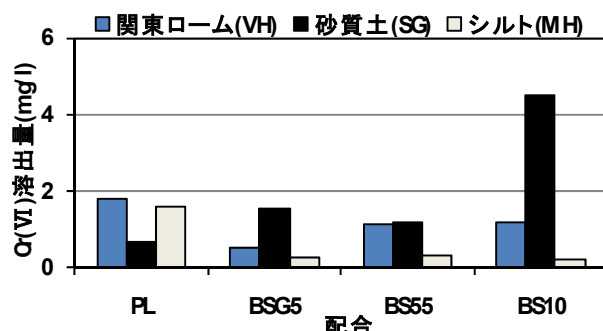


図-2 各種土壌と固化材の種類による Cr(VI) 溶出量の関係 (材齢 28 日)

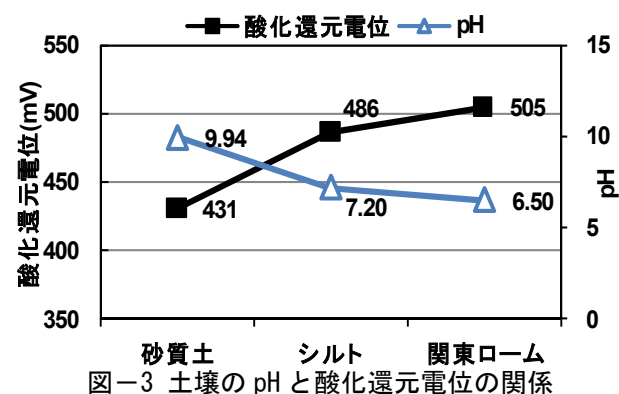


図-3 土壌の pH と酸化還元電位の関係

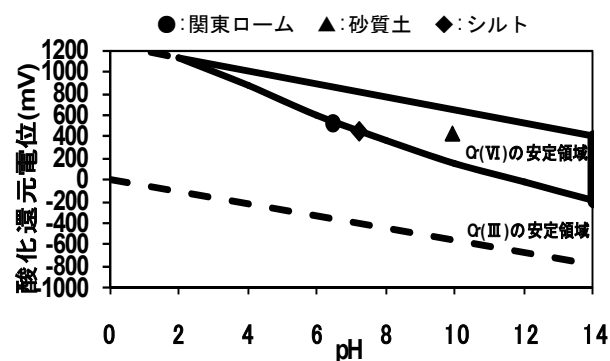


図-4 土壌の 46 号試験における 酸化還元電位-pH 関係図¹⁾

【参考文献】

- 1) 林泰弘, 溝田真由, 鈴木敦巳: 火山灰質粘性土の改良における六価クロムの溶出抑制に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響: 環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp381-384, 2005