

高炉スラグを利用した汚染土壌中の六価クロム溶出抑制に関する研究

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

1. はじめに

近年、重金属による土壌汚染問題が顕在化しつつある中、最終処分場の残余容量は残りわずかとなっており、重金属の中でも特に移動性の高い六価クロムについて原位置で固化不溶化、溶出抑制させる工法が求められている。六価クロムは、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。この固定化量を高めるために、高炉水砕スラグ微粉末とセッコウを添加しエトリンガイト生成量を増加させる方法が考えられる。そこで、本研究では、セメントに高炉水砕スラグとセッコウを混和した固化材を用いて六価クロム溶出抑制効果の検討を行った。

2. 研究概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1 に示す。

2.2 供試体作製方法

汚染土壌は入手困難のため、乾燥土壌 1kg に対し、二クロム酸カリウム (K₂Cr₂O₇) を 300mg 添加し、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添加し混合した後 φ50mm×h100mm の供試体を作製し、密封養生 28 日間行っ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) に準拠した。

2.3 固化材及び土壌の配合

固化材と土壌の配合を表-2 に示す。固化材の添加量は改良処理土 1m³ 当り 150kg 一定とした。セッコウの添加量は三酸化硫黄 (SO₃) 換算で 5% から 30% まで変化をさせ、普通ポルトランドセメント、高炉水砕スラグ微粉末の配合比率を 50% 一定とした。

2.4 試験項目

- (1) 一軸圧縮試験: 改良処理土の一軸圧縮強度を JIS A 1216 に準拠し測定を行った。材齢 28 日とした。
- (2) 模擬汚染土壌中の六価クロム (Cr(VI)) 含有量試験: 環境庁告示第 19 号試験に準拠し行った。
- (3) 改良土からの Cr(VI) 溶出試験: 環境庁告示第 46 号試験に準拠し行った。材齢は 28 日とした。
- (4) 六価クロムの定量方法: ジフェニルカルバジド吸光光度法 (JIS K 0102) により、試験項目 (2)・(3) の Cr(VI) 溶出量を測定した。

表-1 使用材料

材料名		備考	略号
固化材	セメント	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 /g	C
	高炉スラグ	高炉水砕スラグ微粉末 密度 2.88g/cm ³ ブレーン値 4640cm ² /g	BS
	セッコウ	硫酸カルシウム二水和物 特級純薬 密度 2.315g/cm ³	G
土壌	砂質土	土粒子密度 1.835g/cm ³ 自然含水比 32.90%	SF
	シルト	土粒子密度 2.006g/cm ³ 自然含水比 26.29%	MH
	高有機質土	土粒子密度 1.450g/cm ³ 自然含水比 52.92%	Mk
	六価クロム化合物	二クロム酸カリウム 一級純薬	

表-2 固化材及び土壌の配合表

配合名	土壌量(kg/m ³)			添加量(%)		
	SF	MH	Mk	C	BS	G
PL	1748	1911	1381	100	0	0
BS	1744	1906	1378	50	50	0
BSG5	1742	1904	1376	46.8	46.8	6.4
BSG10	1739	1901	1374	41.1	41.1	17.7
BSG15	1736	1897	1372	35.5	35.5	29.0
BSG20	1733	1894	1369	29.9	29.9	40.3
BSG30	1726	1887	1364	18.6	18.6	62.8

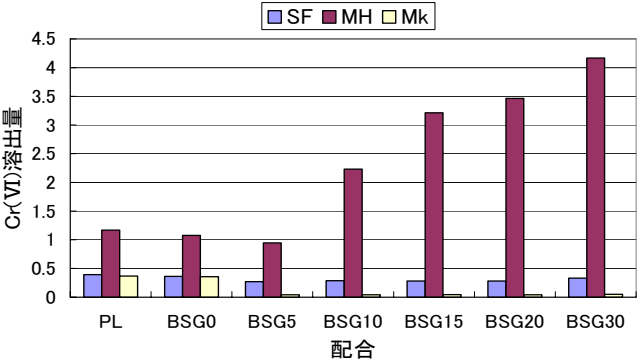


図-1 土壌・固化材の種類と六価クロム溶出量の関係

3. 結果と考察

3.1 土壌・固化材の種類と六価クロム溶出量の関係

図-1 に土壌の種類、固化材の種類と Cr(VI) 溶出量の関係を示す。Cr(VI) 溶出量を配合別に見ると、全て

キーワード 六価クロム セメント 高炉スラグ セッコウ エトリンガイト

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 理工学部土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

の土壌において BSG5 で最小となり、BSG5～BSG30 では BSG30 が最大となった。よって、エトリンガイトを優勢に生成させるためのセッコウ添加量は、 SO_3 換算で 5% 程度であると考えられる。しかし、BSG10～BSG30 ではセッコウの置換量が増加すると、セメント量の減少に伴いカルシウム量が減少し、これによりエトリンガイト生成量が減少し、Cr(VI)溶出量が増大したと考えられる。次に土壌別に見ると、SF と Mk 各々の場合において、BSG5～BSG20 の Cr(VI)溶出量は同程度となった。しかし、土壌 MH の場合、BSG5～BSG30 に見られるように、セッコウの添加量を増加すると、Cr(VI)溶出量も増加した。この要因として、セメント添加量の減少に伴うセメントからのカルシウム量の減少に加え、表-3 に示すように MH が他の土壌と比較してリン酸の含有量が多い。リン酸イオンはカルシウムイオン(Ca^{2+})と反応して難溶性のリン酸カルシウムを生じるため、カルシウムイオンが減少し、溶出量が増大したと考えられる。

3.2 一軸圧縮強度と Cr(VI) 溶出量の関係

図-2 に固化材により改良したときの一軸圧縮強度と Cr(VI)溶出量の関係を示す。しかし、どの土壌に関しても一軸圧縮強度が Cr(VI)溶出量を把握するための指標として、その有効性を確認することはできなかった。土壌 Mk は他の土壌と比較し圧縮強度が低下した。これは、表-3 より陽イオン交換容量が他の土壌より多く、セメントの水和に必要なカルシウムイオン(Ca^{2+})が吸着され、セメントの水和反応を阻害したことと、含水比が高いことも要因の一つと考えられる¹⁾。

3.3 土壌の違いによる Cr(VI) 含有量の関係

図-3 に模擬汚染土壌の酸化還元電位及び pH と Cr(VI)含有量の関係を示す。各種土壌に同量の二クロム酸カリウムを添加したが、酸化還元電位が最も低い土壌 Mk では、Cr(VI)含有量が低くなった。これは酸化還元電位が低いため、Cr(VI)が三価クロム(Cr(III))に還元され Cr(VI)含有量が減少したと考えられる。また pH の値が大きくなるにしたがって、Cr(VI)含有量の値が増大する結果となった。これは土壌中の水溶液がアルカリ性になるにしたがって、土壌中の粘土鉱物の pH 依存電荷が負に帯電する。土壌中において Cr(VI)がクロム酸イオン(CrO_4^{2-})の形で存在していると考えられるため、陰イオン同士が反

表-3 各種土壌中のリン酸含有量、陽イオン交換容量

	SF	MH	Mk
リン酸 $\text{P}_2\text{O}_5(\text{mg/g})$	0.01	0.30	0.05
陽イオン交換容量(me/g)	0.14	0.16	0.29

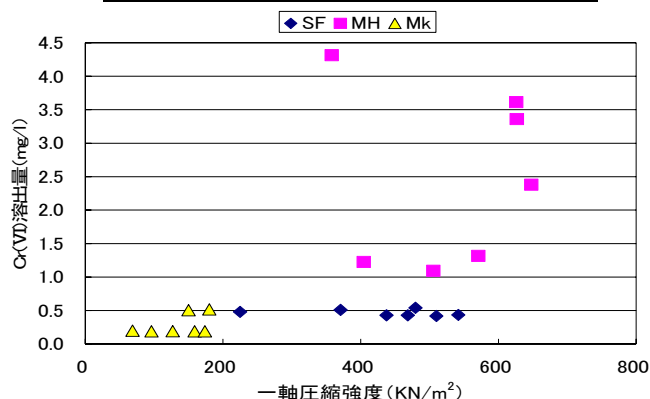


図-2 一軸圧縮強度と Cr(VI) 溶出量の関係

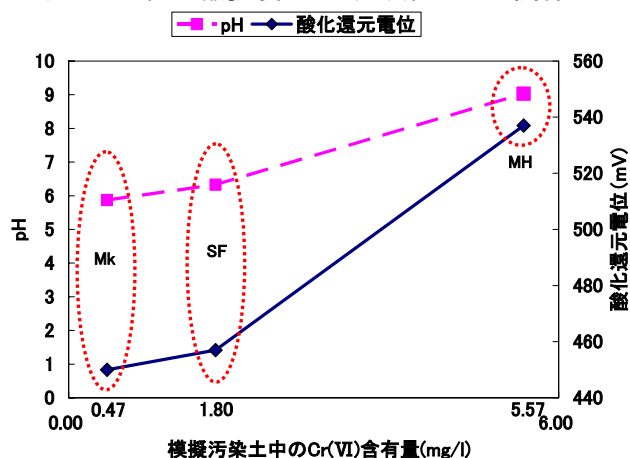


図-3 模擬汚染土の酸化還元電位及び pH と Cr(VI) 含有量の関係

発して Cr(VI)溶出量が増大したと考えられる²⁾。

4. まとめ

- (1) 全ての土壌において Cr(VI)溶出抑制効果が最も高い配合は BSG5 であった。
- (2) 一軸圧縮強度と Cr(VI)溶出量には相関関係は認められなかった。
- (3) 汚染土壌中の Cr(VI)含有量は酸化還元電位が低いと還元され減少し、土壌がアルカリ性になると溶出量が増加するという関係が認められた。
- (4) 土壌中のリン酸含有量、陽イオン交換容量が多くなるとカルシウムイオンを吸着しセメントの水和反応を阻害する。

【参考文献】

- 1) 岩本晃敏他:「セメント改良土からの六価クロム溶出特徴」, 鹿島技術研究所年報, 第 50 号, pp203-206, 2002
- 2) 秋間健他:「粘土鉱物の pH 依存電化に着目した六価クロム溶出原因の特定」, 地盤工学研究発表会, pp2293-2294, 2002