

Ⅲ－９ ごみ溶融スラグによる地盤改良土の長期溶出影響評価

秋田工業高等専門学校 正会員○肴倉 宏史
同 正会員 花田 智秋
同 正会員 対馬 雅己

1. はじめに

秋田市では2002年から、コークスベッド方式による一般廃棄物（都市ごみ）や下水汚泥の溶融処理を行っている。都市ごみや下水汚泥中に含まれる有機物は燃焼・ガス化され、また重金属類のほとんどは揮散し飛灰へ分離されるか、または、メタルとして自然分離後に磁選される。そのため、主要残渣であるスラグには僅かの重金属類が残留するのみであり、有害性は極めて低い。しかしながら、廃棄物を由来とするスラグの環境安全性の評価判定システム（特に長期安全性）や建設資材としての用途開発等が十分でないこと、および、経済性などの障壁により、継続的なスラグの有効利用は必ずしも円滑に行われてはいない。そこで筆者らはこれらの課題解決に向けた一つの取り組みとして、ごみ溶融スラグを軟弱地盤改良材として利用することを試みている。本稿では、スラグの環境安全性の評価試験法を整理し、軟弱地盤改良材としてスラグを利用した場合について、スラグ、粘土、セメントの混合による水系汚染の影響可能性を評価した。

2. ごみ溶融スラグの環境安全性評価試験法の整理

ごみ溶融スラグの安全性評価試験として

は、土壤環境基準の検液の作成法である平成3年環境庁告示第46号、いわゆる環告46号溶出試験が1996年より準用されてきた。その後、土壤の直接摂食による健康影響を未然に防止するために、新たに平成16年環

表1 スラグの安全性評価試験法

	公定法（準用）	スラグ JIS	備考
純水による溶出試験	H3 環境庁告示 46号	JIS K 0058-1 溶出量（粗砕）	両試験の方法は同じ
		JIS K 0058-1 溶出量（有姿）	JIS で新たに提案
1M 塩酸による抽出試験	H16 環境省告示 19号	JIS K 0058-2 含有量	両試験の方法は同じ

境省告示第19号として1規定塩酸抽出による含有量試験が設けられたのを受け、46号と同様にスラグに準用するケースが見受けられるようになった。これらの試験ではスラグを粒子の状態で用いることとなるが、スラグはコンクリートやアスファルトの骨材として利用される場合もあることから、利用形態を反映できる試験法の提案が望まれた。そこで2005年にはいわゆる環境 JIS の1シリーズとして、鉄鋼スラグや非鉄スラグも含めてスラグ類全般を対象とし、溶出量試験、含有量試験がそれぞれ提案された（JIS K 0058 スラグ類の化学物質試験方法）。公定法との対応関係は表1のとおりで、新たに有姿試料による溶出量試験方法が示された。

しかしながら、これらの試験は Compliance test としての役割から、1バッチ、6時間で終了するため、実際の長期的な安全性が評価できる試験法を望む声も根強く残っている。そこで筆者らは、コンクリートブロックなどの成型体を対象にアメリカやオランダで開発された試験法である「拡散溶出試験」をスラグに対しても適用可能であることを示してきた²⁾。本稿では、その1手法として Kosson

ら³⁾が示した Compacted Granular Leach Test (CGLT)の適用を試みた。

表2 試料の配合（重量比）

スラグ	粘土	セメント	水
50	50	0	30
		2	
		5	
		10	

3. 実験方法

(1) 試料：ごみ溶融スラグ、粘土、普通ポルトランドセメント各1試料およびそれらの混合物（配合は表2）を用いた。混合物は養生7日後に試験を実施した。各試料の密度や強度特性は既報¹⁾を参照のこと。

(2) 全含有量分析：王水抽出－原子吸光光度法により金属類の全含有量を測定した。

(3) JIS 含有量試験（JIS K 0058-2）：<2 mm 試料に1N 塩酸を液固比33で加え2時間振盪し、ろ液を得た。

なお六価クロムは溶媒が異なるため試験を実施していない。

(4) JIS 溶出量試験 (JIS K 0058-1 粗砕) : <2 mm 試料に蒸留水を液固比 10 加え 6 時間振盪し、ろ液を得た。

(5) JIS 溶出量試験 (JIS K 0058-1 有姿) : 有姿試料に蒸留水を液固比 10 で加え、6 時間プロペラ攪拌を行いろ液を得た。

(6) CGLT : 三脚付きアクリル製 CGLT 容器 (写真 1、高さ 95 mm、外径 70 mm、内径 40 mm、深さ 65 mm) に試料を充填し付き固めを行った。これを容量約 1.2 L の HDPE 製タンク内に置き、pH 4 希硝酸を、CGLT 容器上面まで浸されるように 800 mL を注いだ。フタで容器を密閉し、マグネチックスターラーで常時攪拌を行い、攪拌開始から 0.01, 1, 2, 3.8, 7, 14, 28 日目に溶液を全て採取した。HDPE 製タンクには、新たに pH 4 希硝酸溶媒を注いだ。以上から得られた計 7 分画の溶液について、各種分析を行った。

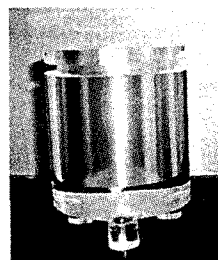


写真 1 CGLT 容器

表 3 全含有量と各種 JIS 試験結果の例
(単位は mg/kg に換算)
(a) 鉛

	全含有量	JIS		
		含有量	溶出量 (粗砕)	溶出量 (有姿)
スラグ	6.3	3.1	<0.03	<0.03
粘土	9.4	1.6	<0.03	<0.03
セメント	63.4	-	-	-
改良土				
セメント 0%	-	2.5	<0.03	<0.03
2%	-	3.3	<0.03	<0.03
5%	-	3.9	<0.03	<0.03
10%	-	4.4	<0.03	<0.03
基準値	-	150	0.1	

3. 結果と考察

(1) 全含有量と各種 JIS 試験 : 表 3 には鉛とクロムの結果をまとめた。全含有量は、鉛ではセメントが高く、クロムではスラグ、セメント、粘土の順であった。1 N 塩酸による含有量試験では鉛の基準値 150 mg/kg に対して全ての条件で 4.4 mg/kg 以下と低い値となった。改良土ではセメントの配合量の増加に伴い若干であるが試験結果も増す傾向が確認された。このような傾向は他の金属 (亜鉛、銅、クロム、カドミウム) では見られなかった。溶出量試験についても、鉛、六価クロムともに全ての試料で基準値を下回った。

(2) CGLT : 有害重金属類 (鉛、クロム、カドミウム) は全て定量下限以下であった。銅の溶出フラックス変化を図 1 に示す。セメントの添加による影響が観察されたが、フラックスはセメント添加量 5% で最大となった。図中の直線は勾配 -0.5 を示しており、試験開始から 1 日目はほぼこれと同じ勾配でフラックスが低下している。これは試料内部からの溶出機構が内部拡散によるものであることを示している。

(b) 六価クロム

	全含有量 (全クロム)	JIS	
		溶出量 (粗砕)	溶出量 (有姿)
スラグ	431	<0.3	<0.3
粘土	3.8	<0.3	<0.3
セメント	40.5	-	-
改良土			
セメント 0%	-	<0.3	<0.3
2%	-	<0.3	<0.3
5%	-	<0.3	<0.3
10%	-	<0.3	<0.3
基準値	-	0.5	

※基準値は土壤環境基準を示した

4. まとめ

改良土の溶出による水系汚染の可能性は非常に低いことが確認された。しかしながら含有量ベースで捉えた場合、強アルカリ性を発揮するセメントは固化することによって地盤の強度を高める効果を発揮するが、同時に有害重金属の負荷も若干ではあるが上昇する場合のあることが示された。今後は、廃棄物を含めた建設資材全般についての環境負荷を把握することが重要である。

本研究は秋田高専プロジェクト研究の一部として行った。

参考文献 1) 対馬雅己、花田智秋、肴倉宏史 : 溶融スラグの有効利用について、土木学会東北支部技術研究発表会 (2005)

2) 肴倉宏史 : 利用形状に応じた拡散溶出試験による廃棄物溶融スラグの長期溶出量評価、廃棄物学会論文誌、第 14 巻、第 4 号、pp.200-209 (2003)

3) D. S. Kosson et al: Evaluation of solidification/stabilization treatment processes for municipal waste combustion residues, EPA/600/R-93/167 (1993)

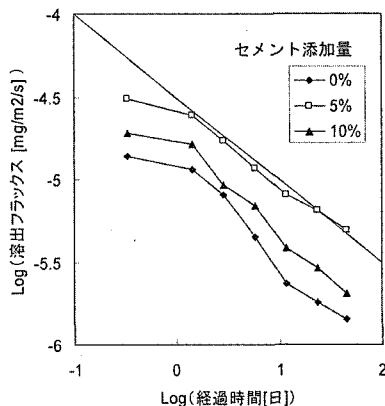


図 1 溶出フラックス変化(銅)