

電気炉還元スラグを用いた火山灰質粘性土の安定処理

近畿大学高専 正会員 ○林 泰弘
熊本大学 正会員 鈴木敦巳

1. 目的

フライアッシュや高炉スラグなど水硬性を有する産業副産物を土質安定処理の固化材の一部として用い、環境負荷やコストの縮減を目指している研究が見られる。本研究では電気炉製鋼において還元精錬時に発生する還元スラグの利用を検討した。還元スラグは石灰分が多く含まれるために膨張反応を引き起こしやすく、そのままでは土木材料としては利用しにくいとされ利用があまり進んでいないが、浚渫土への適用例がある¹⁾。そこで、還元スラグを用いて火山灰質粘性土の安定処理を施し、一軸圧縮強さ、六価クロム溶出量を検討した。

2. 安定処理土の作製

処理対象土として、表 - 1 に示す熊本県阿蘇地方から採取した 2 種類の火山灰質粘性土（赤ぼく、黒ぼく）を用いた。建設発生土として分類すると粘土 b に相当する。改良材として、セメント系固化材（一般軟弱土用）と還元スラグ乾粉、湿粉（特殊鋼炉より生成したもの）、高炉スラグ微粉末（粉末度 4000cm²/g）を用いた。土壌改良能力を示す吸水率²⁾は、セメント系固化材が 4.7%、還元スラグ乾粉が 13.5%、高炉スラグ微粉末が 0.22%であり、還元スラグに高い土質改良能力が期待された。

処理土は、対象試料を 4.75mm ふるいで裏ごしし、所定量の固化材を加えて混合することで作製した。火山灰質粘性土は安定処理においても練り返しによって強度が著しく低下する³⁾ため、本研究では、出来るだけ乱さず均一に混合する方法として「手練り」を採用した。

表 - 1 処理対象試料の特性

試料	赤ぼく	黒ぼく
含水比 (%)	89.1	270.8
土粒子密度 (Mg/m ³)	2.82	2.37
粒度組成	礫分 (%)	0
	砂分 (%)	23.9
	シルト分 (%)	34.5
	粘土分 (%)	41.6
液性限界 (%)	77.2	290.4
塑性限界 (%)	59.1	239.3
塑性指数	18.1	51.1
強熱減量 (%)	9.7	39.1
非晶質鉱物量 (%)	32.7	36.0
コーン指数 (kN/m ²)	121	194
一軸圧縮強さ (kN/m ²)	32	49

3. 一軸圧縮強さ

処理土を 1 時間仮置きの後、直径 50mm、高さ 100mm のモールドに 3 層に分け、 E_c 550kJ/m³ で締固めて供試体を作製した。供試体は 20 の恒温室で 7 日間養生の後、JIS A 1216 に従って一軸圧縮強さを求めた。図 - 1 に固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を示す。ここで、RS は電気炉還元スラグ乾粉、CM はセメント系固化材、G は石膏を示している。還元スラグは 20%を石膏に置き換えることで強度が大幅に増加する⁴⁾ため、黒ぼくについては RS : G = 8 : 2 の配合

のものも作製した。赤ぼくに対しては添加量によらずセメント系固化材のほうが、還元スラグよりも改良効果が高いが、黒ぼくに対しては添加量が 100kg/m³ 以下では違いが見られず、それ以降は還元スラグよりもセメント系固化材の強度改良効果が高い。しかし、還元スラグに石膏を添加すると強度改良効

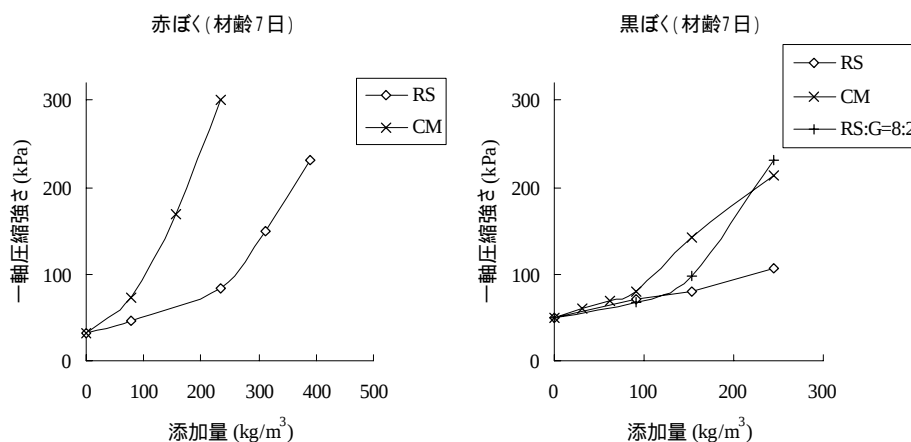


図 - 1 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

キーワード 電気炉還元スラグ、火山灰質粘性土、一軸圧縮強さ、六価クロム溶出

連絡先 〒519-4395 三重県熊野市有馬町 2800 近畿大学工業高等専門学校 TEL 0597-89-2011

果が非常に大きくなる。

黒ぼくにセメント系固化材 92kg/m^3 を配合したものに、種類の異なる材料を 61kg/m^3 追加混合した場合の一軸圧縮強さを図 - 2 に示す。ここで、RS(w)は還元スラグ湿粉を、PFBS は高炉スラグ微粉末を示す。還元スラグ乾粉による強度増加はセメント系固化材には及ばないものの、高炉スラグ微粉末や還元スラグ湿粉よりも高いことがわかる。

4. 六価クロムの溶出

溶出試験用の検液は、一軸圧縮試験終了後の供試体から環境庁告示第 46 号試験に基づいて処理、抽出した。検液の六価クロム濃度の定量は、ジフェニルカルバジド吸光光度法（JIS K 0102 65.2.1）で行った。

試験結果を図 - 3 に示す。凡例中の（還元スラグ混合）は、赤ぼくに対してはセメント系固化材添加量 156kg/m^3 、黒ぼくに対してはセメント系固化材添加量 92kg/m^3 に対し、還元スラグをそれぞれ追加混合したものを示している。セメント系固化材だけを添加した場合はいずれの場合も土壤環境基準（ 0.05mg/l ）を上回る六価クロムを溶出している。しかし、還元スラグを添加すると急激に溶出が抑制されていることがわかる。この原因として、固化作用による六価クロムの封じ込めと還元スラグ作用による三価クロムへの変化が考えられた。X 線回折の結果、還元スラグの添加によって生成鉱物に目立った変化は見られなかったものの、酸化還元電位を測定すると、還元スラグを混合したものは混合直後から酸化還元電位の著しい低下が確認されたため、この作用が六価クロム溶出の抑制に貢献したものと考えられる。

図 - 2 で示した処理土の六価クロム溶出量を示したものが図 - 4 である。還元スラグ乾粉による六価クロム溶出の抑制効果は高炉スラグ微粉末に比べてきわめて高く、還元スラグ湿粉も比較的高い効果を示していることがわかる。

5. まとめ

電気炉還元スラグによる火山灰質粘性土の改良効果は、強度面ではセメント系固化材に劣るものの、高炉スラグよりは高く、六価クロムの抑制効果が非常に高いことが確認できた。

謝辞：本研究は（財）鉄鋼業環境保全技術開発基金平成 15 年度環境分野助成研究を受けて実施したものです。ここに謝意を表します。

参考文献：1) 桑山忠、大東憲二、金川淳：電気炉還元スラグによる軟弱土の改良，第 2 回地盤改良シンポジウム，pp.195-200，1997.1. 2) 金川淳、桑山忠：電気炉還元スラグによる超軟弱土の改良に関する基礎研究，骨材資源，Vol.29，No.114，pp.66-71，1997.9. 3) 林泰弘、北園芳人、鈴木敦巳：火山灰質粘性土の安定処理における混合程度や仮置き期間が強度に及ぼす影響，セメント及びセメント系固化材を用いた固化処理土の調査・設計・施工方法と物性評価に関するシンポジウム，投稿中，2005.6. 4) 桑山忠、本多淳裕、山田優、三瀬貞：電気炉スラグの水硬性とその利用，廃棄物学会論文誌，Vol.1，No.1，pp.19-28，1990.7.

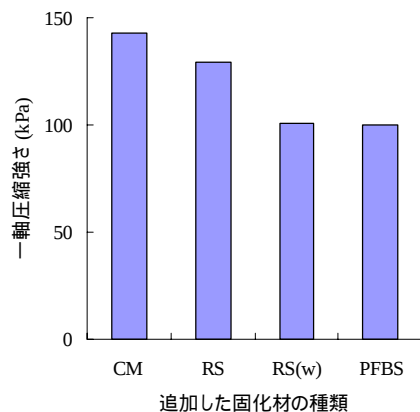


図 - 2 追加した固化材による一軸圧縮強さの違い

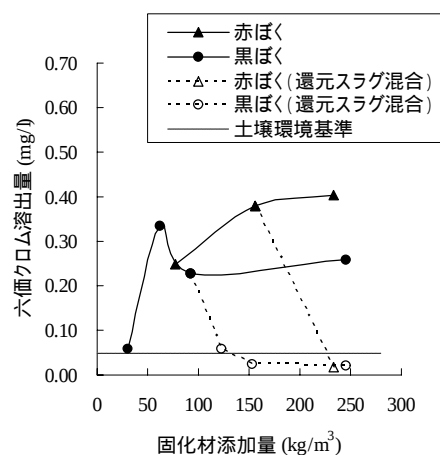


図 - 3 固化材添加量と六価クロム溶出量の関係

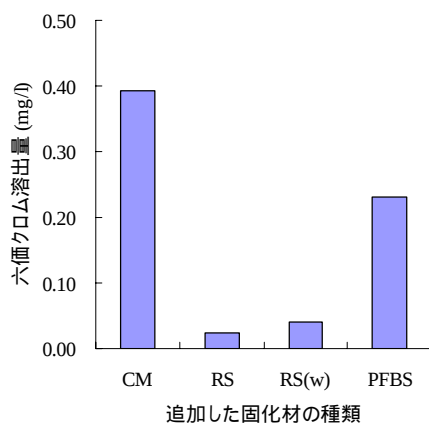


図 - 4 追加した固化材と六価クロム溶出量