

セメント系固化材に対する高炉スラグの適用

熊本大学工学部 学生会員 ○ 吉崎 宏樹

熊本大学工学部 正会員 鈴木 敦巳

熊本大学工学部 正会員 北園 芳人

熊本大学工学部 正会員 林 泰弘

熊本大学大学院 学生会員 溝田 真由

1. はじめに

火山灰質粘性土を盛土として利用するために化学的安定処理工法が用いられることがあるが、安定処理された火山灰質粘性土からの六価クロムの溶出が問題となっている。消石灰で安定処理した処理土に高炉スラグ微粉末（以後、高炉スラグという）を添加すると六価クロムの溶出を抑制する可能性があった¹⁾。そこで、今回はさらに高濃度の六価クロムを溶出するセメント系固化材で安定処理した処理土についても高炉スラグは効果があるのかどうかを検討した。

2. 試料と固化材と試験方法

処理対象試料は表-1 に示すような火山灰質粘性土であり、2 地点からそれぞれ黒ぼく・赤ぼくの全 4 種類を採取した（以後、黒 1・2、赤 1・2 とする）。締固めた土のコーン指数を求めたところ、黒・1、赤・1 は第 3 b 種発生土で黒・2、赤・2 は泥土 b に分類され、何らかの改良を施さなければ利用できないことが分かった²⁾。そこで、セメント系固化材（主要 4 成分は SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 SO_3 ）を添加して改良することにしたが六価クロムの溶出に対応するため、一部については高炉スラグ（主要 4 成分は SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO ）も補助材として添加した。固材と高炉スラグの添加率は表-2 に示す。処理土は、養生日数 7 日と 28 日で一軸圧縮試験を行い、養生日数 7 日で環境庁告示第 46 号試験によって六価クロムの溶出量を調べた。

表-1 試料の特性

試料	黒・1	赤・1	黒・2	赤・2
自然含水比 W_n (%)	228.0	103.2	122.8	72.2
土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	2.407	2.81	2.744	2.809
液性限界 WL (%)	241.7	107.6	140.1	64.8
塑性限界 Wp (%)	147.1	80.2	87.3	45.7
塑性指数 Ip (%)	94.6	27.4	52.8	19.1
六価クロム (mg/l)	0	0	0	0
コーン指数 (kN/m^2)	530	807	130	12

表-2 セメント系固化材と高炉スラグの添加率

試料	添加率 (%)	
	固化材の添加率 (%)	固化材+高炉スラグの添加率 (%)
黒・1	10, 20, 30, 40	40 + 10, 20
赤・1	10, 15, 20, 25	10 + 2.5, 5
黒・2	20, 30, 40, 50	20 + 5, 10
赤・2	10, 15, 20, 25	20 + 5, 10

3. 一軸圧縮強度

JIS A 1216 に従って一軸圧縮試験を行なった。また、目標値を $q_u = 100\text{kPa}$ とした。

図-1 は養生日数 7 日の一軸圧縮強度を示しており、これより目標値を越える最小添加率は固化材のみの添加の場合それぞれ黒・1 は 40%、赤・1 は 10%、黒・2 は 20%、赤・2 は 20%となった。また、高炉スラグの添加によっても強度は増加するが、その程度はセメント系固化材に比べ小さいことが分かる。

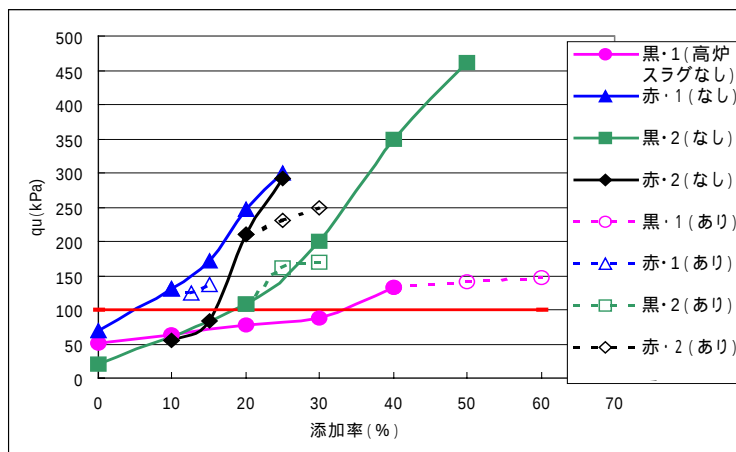


図-1 固化材と高炉スラグを添加した場合の一軸圧縮強度（7日養生）

図-2 はセメント系固化材のみで処理された土の養生日数 28 日の一軸圧縮強度を 7 日のもので割った強度増加率を示している。これより、赤・2 で固化材の添加率 25% の場合に養生による長期強度が非常に大きくなった。その他の土や添加率では多少の増加が見られた。また、黒・1 は固化材の添加率が増加すると養生による長期強度の増加率は減少している。

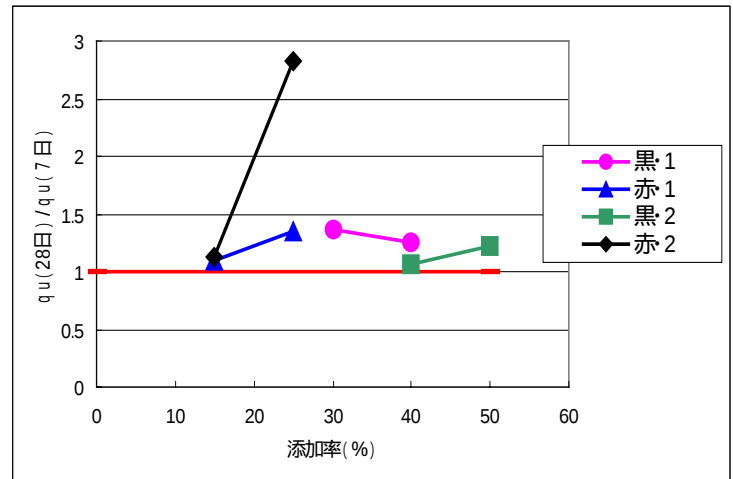


図-2 長期養生による増加率 ($qu(28日)/qu(7日)$)

4. 六価クロムの溶出

今回高炉スラグは、固化材のみの一軸圧縮強度で初めて 100 kPa を超えるものの固化材の添加率に対して 1/4、1/2 の高炉スラグを添加した。

7 日養生した処理土の六価クロム溶出量を図-3 に示す。固化材だけを添加したものでは土壤環境基準の 0.05mg/l 以下になるものはなかった。高炉スラグを添加すると黒・1 については若干溶出量が増加したものの他は、六価クロム溶出抑制効果が見られ赤・2 については 0.05mg/l 以下にまで六価クロムの溶出を抑制した。しかしながら必ずしも土壤環境基準を満足するレベルまでは達していない。

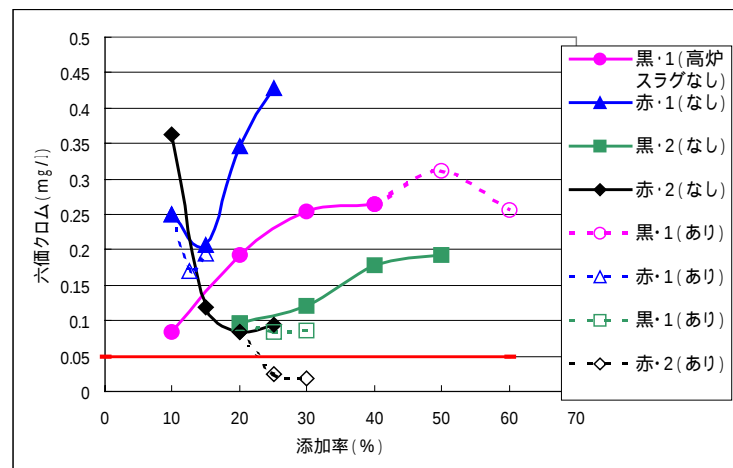


図-3 六価クロムの溶出 (7 日養生)

5. まとめ

火山灰質粘性土をセメント系固化材で処理すると六価クロムが溶出しやすくなる。今回の実験で赤・2 のセメント系固化材の添加率 20% に対して高炉スラグを添加したものは強度も 100kPa を超え、六価クロムの溶出も 0.05mg/l 以下となった。その他の土は強度は 100kPa を超えるが、六価クロムが 0.05mg/l 以上溶出した。今回の実験より、固化材と高炉スラグを添加した処理土は、強度の増加する傾向が見られ、六価クロムの溶出量もほとんどの場合で抑制される傾向が見られた。したがって、セメント系固化材に高炉スラグを添加すると安定処理効果があるといえる。しかし、六価クロムの溶出に関してはセメント系固化材と高炉スラグを添加した処理土は土壤環境基準以下にすることが難しい。実際に使用するためには強度は出ているので高炉スラグより単価の高いセメント系固化材の添加率を減らし、高炉スラグの添加率を増加させれば六価クロムの溶出も抑えられる可能性がある。

【参考文献】

- 1) 林泰弘、溝田真由、鈴木敦巳、北園芳人、原田浩幸：火山灰質粘性土の安定処理における高炉スラグの適用，第 6 回地盤改良シンポジウム，pp. 245 - 250，2004. 9
- 2) 地盤工学会九州支部：環境と経済を考慮した建設発生土と廃棄物の有効利用，pp2-6 - 2-7
2003，10