

火山灰質粘性土の安定処理における高炉スラグの適用

熊本大学 学生会員 溝田 真由
 熊本大学 正会員 鈴木 敦巳
 熊本大学 正会員 北園 芳人

1. はじめに

火山灰質粘性土は高含水比、乾燥に伴う非可逆性、攪乱による軟弱化が大きいなどの性質¹⁾から建設廃土とされている。これを有効利用するためには安定処理が必要となるが、セメントやセメント系固化材を用いると六価クロムの溶出が問題となってくる。そこで、産業廃棄物として発生する高炉スラグの潜在水硬性に着目し、固化材としての適用性を検討するために、土の種類と固化材添加率を変えて一軸圧縮試験を行い、確認として六価クロム溶出量を調べるために環境庁告示第46号試験を行った。

2. 試料及び固化材

火山灰質粘性土は風化の進行に伴って主要粘土鉱物が変化する。それぞれの風化過程における安定処理効果の違いを検討するため、アロフェ

ンを主とする赤ぼく、ハロイサイトを主とする灰土、カオリナイトを主とするカオリン粘土を試料とした。表-1 に試料の物理特性、表-2 に化学特性を示す。固化材として高炉スラグに消石灰、石膏を補助材として加えた。

3. 一軸圧縮試験

試料の含水比を液性限界程度に調整し、固化材添加率を変えて供試体を作製し、7日、28日養生後、JIS A 1216 に従って一軸圧縮試験を行った。

1) カオリン粘土

図-1 より、消石灰を添加しない場合の一軸圧縮強度はかなり小さく、高炉スラグ、石膏の添加率を大きくしても短期、長期強度ともほとんど発現が認められない。消石灰を添加する場合、石膏0%の7日養生では強度は小さいが、高炉スラグを多く添加したときの長期強度の増加が著しい。さらに石膏5%を添加すると高炉スラグ、石膏による効果が大きく、高炉スラグによる長期強度の増加も著しい。

2) 灰土

図-2 より、消石灰を添加しない場合、カオリン粘土と同様に短期、長期強度ともほとんど発現が認められない。消石灰を添加する場合、高炉スラグ、石膏による効果があり、長期強度も発現する。また、消石灰のみ、消石灰と石膏でも強度が得られる。

表-1 物理特性

試料	自然含水比 W_n (%)	土粒子密度 s (g/cm^3)	粒度構成				液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P
			礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)			
カオリン粘土	1.1	2.599	0	0	29.8	70.2	56.3	24.0	32.3
灰土	56.8	2.707	0.9	21.2	62.9	15.0	54.2	47.1	7.1
赤ぼく	79.4	2.906	0	11.5	49.0	39.5	77.8	56.9	20.9

表-2 化学特性

試料	有機物含有量 W_h (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	非晶質鉱物量 A.M. (%)	六価クロム Cr ⁶⁺ (mg/l)
カオリン粘土	0	7.3	0	0.4	7.7	0.022
灰土	0.9	-	-	-	-	<0.005
赤ぼく	2.4	6.5	9.2	4.0	19.7	0.006

* - は未測定

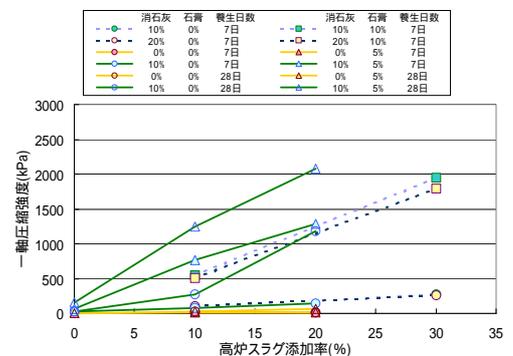


図-1 カオリン粘土の一軸圧縮強度

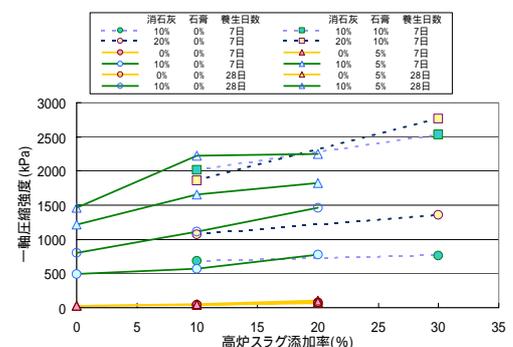


図-2 灰土の一軸圧縮強度

キーワード：火山灰質粘性土、高炉スラグ、一軸圧縮強度、六価クロム

熊本大学工学部環境システム工学科地盤環境研究室 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 TEL&FAX：096-342-3540

3) 赤ぼく

図-3より、消石灰を添加しない場合、同様に、短期、長期強度ともにほとんど発現が認められない。消石灰を添加する場合、高炉スラグの添加率とともに強度は緩やかに増加し、また長期強度の発現もわずかに認められる。さらに石膏を加えると、短期、長期ともに強度発現が著しくなる。

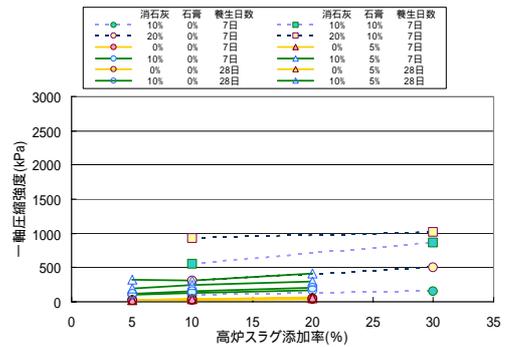


図-3 赤ぼくの一軸圧縮強度

表-3 水浸結果

配合	カオリン粘土		灰土		赤ぼく	
	7日	28日	7日	28日	7日	28日
20-0-0			×		×	×
20-0-5		×	×		×	×
20-10-0						
20-10-5						

○:変化なし
 △:スレーキングのみ
 ×:スレーキングあり

表-4 検出限界値以上溶出した配合

配合	カオリン粘土	灰土	赤ぼく
0-10-0	0.023	0.008	0.063
0-10-5	0.126	0.101	0.093
5-10-0	-	-	<0.005
5-10-5	-	-	<0.005
10-0-0	0.019	<0.005	<0.005
20-0-0	0.007	<0.005	<0.005

単位:mg/l

5. 六価クロム溶出特性(7日養生)

六価クロム溶出量を調べるために 46 号試験を行った。検出限界値 (0.005mg/l) 以上溶出したものを表-4 に示す。

すべての配合の中でカオリン粘土と灰土を対象にした高炉スラグ 0%-消石灰 10%-石膏 5%の配合において、基準値 (0.05mg/l) 以上の六価クロムが検出されたが、高炉スラグを添加することで基準値以下となった。赤ぼくは高炉スラグを添加しない場合、基準値を超える²⁾が、高炉スラグを 5%添加することによって検出限界値以下となった。

6. まとめ

消石灰を添加しない場合、カオリン粘土、灰土、赤ぼくのすべてにおいて強度発現はほとんど認められず、水浸するとスレーキングを起こすため、消石灰は不可欠である。しかし、消石灰は単価が高く、六価クロム (六価クロム溶出量 0.147mg/l) を含んでいるため、使用量をできるだけ減らし、産業副産物である高炉スラグの潜在水硬性を利用した配合を検討する必要がある。

高炉スラグによる安定処理効果は主要粘土鉱物が違う土ごとに異なる。カオリン粘土は消石灰と石膏がある場合には明らかな高炉スラグの効果が認められる。また、石膏がなくても消石灰の効果があれば高炉スラグの効果が少し認められる。灰土は消石灰のみ、消石灰と石膏でもかなりの強度が得られ、さらに消石灰がある場合には石膏の有無にかかわらず高炉スラグの効果が認められる。赤ぼくはカオリン粘土や灰土と比べて全体的に強度が小さく、高炉スラグによる強度増加はわずかであり、消石灰と石膏の効果が大きい。

土自体は六価クロムをほとんど溶出しない赤ぼくを消石灰と石膏で安定処理することで六価クロムが溶出しやすくなるが、今回の実験結果から、六価クロムの溶出が高炉スラグによって抑制されていると考えられる。このことから、赤ぼくは全体的に強度が低く、高炉スラグによる強度増加はそれほど期待できないが、六価クロムを抑制する補助材として有効利用が可能であると考えられる。セメント系固化材で安定処理する場合でも、同様のことが期待できる可能性がある。

これらの結果から、高炉スラグの適用は有効であると考えられる。また、本研究に用いた高炉スラグは新日鐵高炉セメント株式会社に提供していただいたものであり、同社に深謝する。

【参考文献】

- 1) 山内 豊聡 監修・土質工学九州支部編：九州・沖縄の特殊土，pp92～106，1983.
- 2) 由衛 真吾：火山灰質粘性土の安定処理効果と六価クロム溶出の評価，平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集