

火山灰質粘性土に対する安定処理材の適正添加率に関する研究

～主として水砕スラグを対象として～

熊本大学 学生会員 ○石井丈洋 畠添寛太
正会員 北園芳人

1. はじめに

アロフェン系の火山灰質粘性土は、高含水比であるために攪乱による軟弱化で強度低下が大きい。そのため、道路などで盛土を行った場合、軟弱化して支持力不足になることから安定処理が必要とされる場合が多い。そこで、化学的安定処理が行われているが、セメント系固化材を用いた場合、六価クロムの溶出が問題となっている。そのため既往の研究¹⁾では、安定処理能力や六価クロム抑制効果のある高炉スラグ・消石灰・石膏の3種類と水砕スラグ・消石灰・石膏の3種類を固化材(各々の添加率 2:1:1)として用いることで目標強度・六価クロム溶出量の土壌環境基準を達成すると同時に、水砕スラグの効果を確認した。

2. 研究目的

火山灰質粘性土の安定処理において、高炉スラグよりコストの低い水砕スラグを主に対象として用いる。水砕スラグ・消石灰・石膏の3種混合添加材により多くの添加率によって、強度発現・六価クロム溶出量にどのような違いが出てくるかを確認すると同時に、水砕スラグを用いた3種混合材の適正添加率をコスト面も含め検討する。

3. 研究方法

固化材の添加率(高炉スラグ・消石灰・石膏)、(水砕スラグ・消石灰・石膏)(表-1)をこれまでの研究成果¹⁾を参考に決定し、供試体を作製する。

即日・7日・28日養生後に一軸圧縮強度、7日養生後に環境庁告示第46号試験を行い六価クロム溶出量の測定をする。そして、一軸圧縮強度、六価クロム溶出量と固化材添加率によるコストの関係から安定処理効果と適正添加率を検討する。

表 - 1 添加率

高炉	消石灰	石膏		水砕	消石灰	石膏
20	5.5	5.5		20	5.5	5.5
25	5.5	5.5		25	5.5	5.5
30	5.5	5.5		30	5.5	5.5
35	5.5	5.5		35	5.5	5.5
40	5.5	5.5		40	5.5	5.5

4. 試料の物理・化学特性

試料の物理・化学特性を表-2に示す。

赤ぼく・黒ぼくはいずれも高含水比である。さらに赤ぼくにおいては、液性指数が1.0を超えているため、攪乱により極めて軟弱になる。また、黒ぼくには有機物が多く含有されているため、強熱減量が大きく、土粒子密度が小さくなる。

表 - 2 試料の物理・化学特性

試料		赤ぼく	黒ぼく
自然含水比	Wn(%)	119.2	261.9
土粒子密度	ρ_s (g/cm ³)	2.766	2.452
液性限界	wL(%)	110.7	285.5
塑性限界	wP(%)	81.5	200.8
塑性指数	Ip(%)	29.2	84.7
液性指数	IL(%)	1.29	0.72
強熱減量	Li(%)	20.0	35.2
採取地		阿蘇市狩尾	阿蘇市狩尾
土質分類		VH ₂	OV

今回用いる水砕スラグは2.5円/kg、高炉スラグは10円/kgで安い。これは、高炉スラグが水砕スラグを乾燥させ微粉碎し、選別して作ったためである。

また、水砕スラグの最大粒径は、約5mm、高炉スラグ粉末度4000cm²/gである。

混合材の石膏と消石灰のコストはそれぞれ 6 円/kg , 17 円/kg である。

5. 一軸圧縮試験方法

一軸圧縮試験用の供試体は自然含水比のまま試料調整（粒度を 5 mm 以下）し作製した。実際の地層では赤ぼく層と黒ぼく層が互層をなしているため、赤ぼくと黒ぼくの混合比の異なるものを 4 パターン（赤：黒＝100:0, 90:10, 80:20, 70:30）作成した。供試体は安定処理土の突固めによる供試体作製方法（JGS 0811-2000）に従い、3 層突き固めにより突き固めエネルギー $E_c = 550 \text{ kJ/m}^3$ で作製し、各添加率及び養生日数ごとに 5 本作製した。一軸圧縮試験は（JIS A 1216）に準じて行った。

建設発生土利用技術マニュアルの適用用途標準²⁾によると、火山灰質粘性土を建設発生土として利用する場合、安定処理したものでコーン指数 $q_c = 800 \text{ kPa}$ 以上あれば、施工上の工夫が無くとも道路路床用盛土などに利用することができる。また、火山灰質粘性土におけるコーン指数(q_c)と一軸圧縮強度(q_u)の関係は、 $q_u = 0.083 \sim 0.125 q_c$ である。これらの関係から、 $q_u = 66.4 \sim 100 \text{ kPa}$ となるので、本研究では安定処理の目標強度を一軸圧縮強度の $q_u \geq 100 \text{ kPa}$ とする。

また、六価クロムの溶出については土壤環境基準より、 $0.05 \text{ mg/l}^{(2)}$ 以下を目標とする。

6. 結果

縦軸に一軸圧縮強度、横軸にスラグの添加率をとったものを図-1 に示した。

図-1 から分かるように、添加率の増加に伴い強度は増加しているが、今回行った実験からは、水砕スラグの添加率において目標強度を達成するまでには至らなかった。そのため、コスト面の検討を行えなかった。だが、水砕スラグを用いた場合、7 日以降日数が経過しても強度の増加が望めないことが確認できた。

一方、六価クロム溶出量は、どの添加率においても土壤環境基準 ($0.05 \text{ mg/l}^{(2)}$ 以下) を満たす結果が得られた。

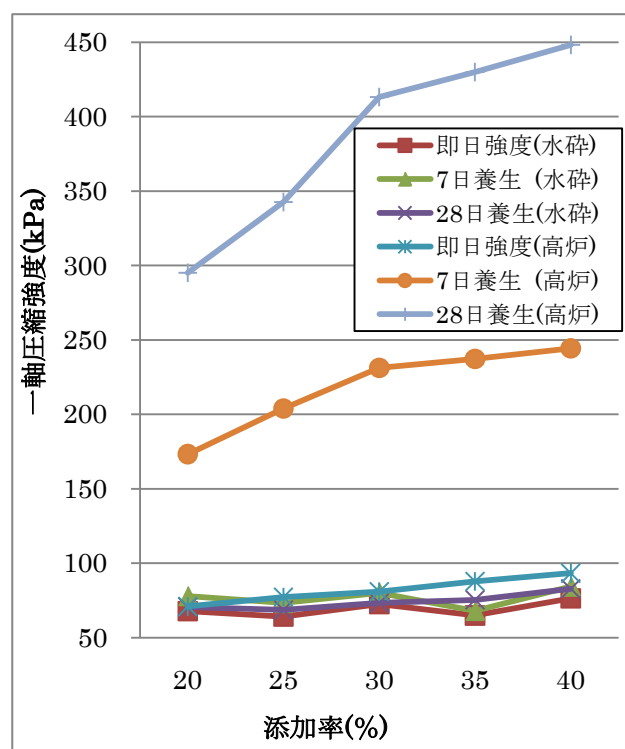


図-1 スラグの添加率と一軸圧縮強度の関係

7. まとめ

高炉スラグは消石灰・石膏が各々5.5%でも十分な強度を得られたが、水砕スラグでは目標強度を達成することができなかった。

水砕スラグの粒径が、土試料と同じであるため消石灰や石膏が少ないと材料同士の接触が少ないため、効果が出にくく、養生による効果もほとんどみられない。

そこで現在、目標強度を達成できるように消石灰と石膏の添加率の割合を変えて再試験を行っている。

一方、六価クロム試験においてはどの添加率においても土壤環境基準 ($0.05 \text{ mg/l}^{(2)}$ 以下) を満たしていた。よって、今回の三種混合材を利用するに当たって、六価クロムの溶出の心配はいらないことが確認できた。

8. 参考文献

- 1) 中下・田嶋・畠添：水砕スラグを用いた軟弱地盤の安定処理効果（平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.461-462,2010,3）
- 2) 独立行政法人 土木研究所：建設発生土利用技術マニュアル 第 3 版,pp.5-7,pp.13-15,2004,9