

火山灰質粘性土のスラグを用いた安定処理における低コスト化

熊本大学 学生会員 ○金子聖 塚脇聖裕
正会員 北園芳人

1. 研究目的

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、道路など盛土に使用する場合、軟弱化して支持力不足になることから化学的安定処理が必要とされる。だが、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ることが多い¹⁾。本研究では安定処理能力や六価クロム抑制効果のあるスラグと消石灰・石膏の3種類を固化材として用いることで目標強度・六価クロム溶出量の土壤環境基準を達成する安定処理を目指す。さらに、高炉スラグより安価な水砕スラグを用いることで低コスト化を図る。

2. 研究方法

固化材の添加率（水砕スラグ・消石灰・石膏）をこれまでの研究成果²⁾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。

3. 目標の設定

今回の研究では道路路床盛土材として用いる事を目的とする。施工の期間短縮ため、過去の研究²⁾で水砕スラグを用いる場合7日以上養生しても強度の増加が見込めないことが分かっていることなどから7日養生後に行う一軸圧縮試験の結果から安定処理の効果を考える。

建設発生土利用技術マニュアルの適用用途標準³⁾によると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ても道路路床用盛土などに利用することができるとなっている。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 $q_u=0.083\sim0.125q_c(\text{kPa})$ ⁴⁾であることから $q_c=800(\text{kPa})$ として $q_u=66.4\sim100(\text{kPa})$ となる。よってここでは目標強度を $q_u=100(\text{kPa})$ と設定する。

六価クロムの溶出については土壤環境基準³⁾より、 0.05mg/l 以下を目標とする。

4. 試料の物理・化学特性

試料の物理・化学特性を表-1に示す。試料採取地は赤ぼく・黒ぼく共に阿蘇市狩尾である。

黒ぼく・赤ぼく共に高含水比で、液性指数が高いため攪乱により極めて軟弱になる。また、黒ぼくは強熱減量が大きく有機物を多く含んでいることが分かる。

表-1 試料の物理・化学特性

試料		赤ぼく	黒ぼく
自然含水比	$W_n(\%)$	136.8	250.8
土粒子密度	$\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.774	2.469
液性限界	$w_L(\%)$	147.4	284.1
塑性限界	$w_P(\%)$	100.8	193.7
塑性指数	$I_p(\%)$	46.7	90.4
液性指数	$I_L(\%)$	0.772	0.63
強熱減量	$Li(\%)$	18.6	40.3
土質分類		VH ₂	OV

また、用いる水砕スラグは2.5円/kg、高炉スラグは10円/kg、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。水砕スラグの最大粒径は、約5mm、高炉スラグ粉末度 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 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10mm以下）し作製した。供試体は安定処理土の突固めによる供試体作製方法(JGS 811-2000)に従い、3層突き固めにより突き固めエネルギー $E_c=550\text{kJ}/\text{m}^3$ 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。

6. 添加率

添加率を表-2に示す。黒ぼくを混合した場合に強度が低下することが分かっている。赤ぼくと黒ぼくは互層になっており、赤ぼくの堆積層は厚さが2m以下、黒ぼくは1m以下であることが多い。それらを考慮して赤ぼく：黒ぼくを乾燥質量比で100：0、70：30の2パターンの混合で行った。

表-2 添加率(乾燥質量比)

水砕スラグ					
No.	赤ぼく	黒ぼく	水砕スラグ	消石灰	石膏
1	100	0	30	6.5	6.5
2	100	0	40	6.5	6.5
3	100	0	50	6.5	6.5
4	70	30	30	6.5	6.5
5	70	30	40	6.5	6.5
6	70	30	50	6.5	6.5
7	70	30	30	7.0	7.0
8	70	30	40	7.0	7.0
9	70	30	50	7.0	7.0

7. 結果

一軸圧縮試験の7日養生強度の結果を図-1に示す。

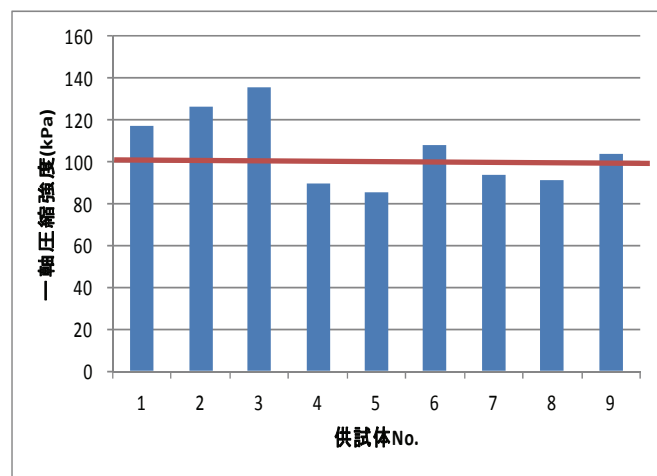


図-1 7日強度

No.1・No.2・No.3・No.6・No.9において目標強度を満たした。100：0のパターンでは添加率の増加とともに一軸圧縮強度が増加した。

No.4・No.5・No.7・No.8において目標強度を満たさなかった。これは黒ぼくに多く含まれる有機物によって反応が阻害されることが原因だと考えられる。70：30のパターンでは石膏・消石灰の添加率を6.5%から7.0%に上げてほとんど強度が増加していない。水砕スラグの添加率が50%の場合にのみ目標強度を

満たしているので水砕スラグの添加率60%についても追加試験を行う。

目標強度を超えた混合土1t当たりのコストと、過去の研究②から高炉スラグを用いた混合土1t当たりのコストを表-3に示す。

いずれも高炉スラグを用いた混合土の結果より安価になった。高炉スラグは安定処理効果が高いがコストが水砕スラグの4倍も高いので高炉スラグの添加率は水砕スラグを用いた場合より低いコストは高くなっている。

表-3 コスト比較

赤：黒	スラグ添加率	水砕スラグ	高炉スラグ
	%	コスト(円/t)	コスト(円/t)
100:0	20	-	1375
	30	998	1832
	40	1104	2289
	50	1210	-
70:30	20	-	-
	30	-	1758
	40	-	2161
	50	1054	-

8. まとめ

水砕スラグを用いても安定処理効果が期待でき、目標強度を超え安価に仕上がるということが分かった。

赤ぼく：黒ぼくを乾燥質量比で70：30に混合したものは安定処理効果が低くなる。これは黒ぼくに多く含まれる有機物によって添加材の化学反応が阻害されたことが原因だと考えられる。

水砕スラグを用いれば高炉スラグより安価に目標強度を超える事が出来る。

9. 参考文献

- セメント系固化処理土検討委員：セメント系固化処理土に関する検討，pp.14-20,2003
- 石井・畠添：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～,平成22年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.483-484，2011
- 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
- 高速道路調査委員会：関東ロームの土工-その土質と設計・土工-，共立出版，pp.92~pp.93，1973