

火山灰質粘性土の安定処理における生石灰の有用性

熊本大学 学生会員 ○塚脇聖祐
学生会員 金子聖
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、道路などの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。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ることが多い¹⁾。本研究室ではこれまで、安定処理能力や六価クロム抑制効果のある水砕スラグと消石灰・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壌環境基準を達成する安定処理を目指してきた。本研究では、高含水比に適していると言われる生石灰をこれまで用いてきた消石灰の代わりに用い、生石灰の有用性について目標強度・六価クロム溶出量などから検討し、さらに低コスト化を目指す。

2. 研究方法

固化材の添加率（水砕スラグ・生石灰・石膏）をこれまでの研究成果を参考に決定し、供試体を作製する。また、生石灰のみの供試体を火山灰質粘性土に関する文献²⁾を参考に10、20%混合の供試体も作製し、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コストの関係から安定処理効果と生石灰の有用性を検討する。

3. 目標強度の設定

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。施行の期間短縮のために7日養生後に行う一軸圧縮試験の結果から強度を考える。建設発生土利用技術マニュアル³⁾の適用用途標準によると、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⁴⁾は、

$q_u=0.083\sim0.125q_c(\text{kPa})$ であることから $q_u=66.4\sim100(\text{kPa})$ となる。よってここでは目標強度 $q_u=100(\text{kPa})$ と設定する。また、六価クロムの溶出量については土壌環境基準⁵⁾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（採取地：阿蘇市狩尾）の物理・化学特性を表-1に示す。

表-1 試料の物理・化学特性

試料		赤ぼく	黒ぼく
自然含水比	Wn(%)	136.8	250.8
土粒子密度	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	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	$I_L(\%)$	0.77	0.63
強熱減量	Li(%)	18.6	40.3
土質分類		VH ₂	OV

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 $E_c=550\text{kJ/m}^3$ 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。

生石灰は混合したときに水和による吸水発熱作用が生じるため、試験の前日に試料土と混合して反応が収まってから供試体を作製した。また、固化材（水砕スラグ・石膏）を入れる時は前日に生石灰を試料と混合し、試験当日に固化材を配合して供試体を作製した。

6. 添加率(配合パターン)

添加率とコストを表-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⁶⁾こと、上層が黒

ぼくで下層が赤ぼくの互層をなしており、黒ぼく層は1 m以下であり赤ぼく層は黒ぼく以上に厚いことなどから、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う。また、用いる水砕スラグは2.5円/kg、混合材の石膏と生石灰コストはそれぞれ6円/kg、16円/kgである。

表-2 添加率（乾燥質量比）とコスト

No.	赤ぼく	黒ぼく	生石灰	水砕スラグ	石膏	コスト(円/t)
1	100	0	10			648
2	100	0	20			1351
3	70	30	10			589
4	70	30	20			1177
5	100	0	6.5	30	6.5	969
6	100	0	6.5	40	6.5	1075
7	100	0	6.5	50	6.5	1180
8	70	30	6.5	30	6.5	844
9	70	30	6.5	40	6.5	936
10	70	30	6.5	50	6.5	1028

7. 結果

一軸圧縮試験の結果を図-1に示す。

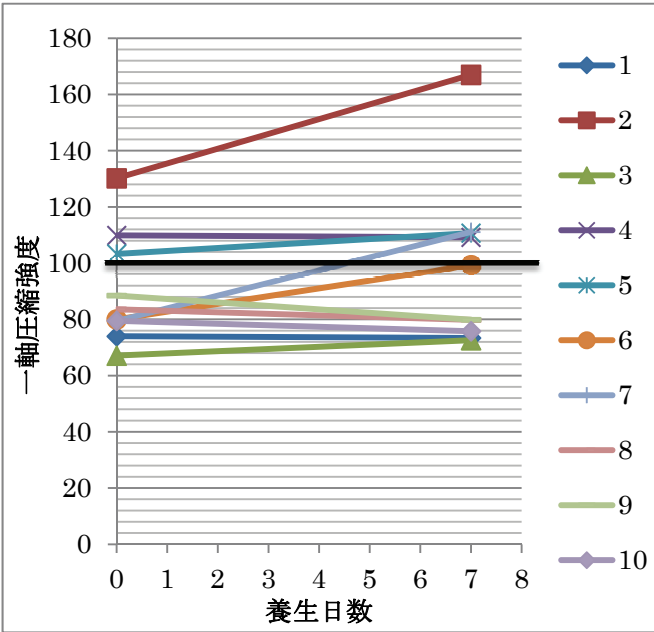


図-1 一軸圧縮強度と養生日数の関係

黒ぼくが添加されると安定処理効果が低下することがわかる。主な理由として、黒ぼくに多く含まれる有機物によって阻害されていることが考えられる。赤ぼくのみ場合は安定処理効果が発揮されている。

生石灰はNo.1～No.4のように単体で用いた方が良い。しかし、この時においても黒ぼくが添加されると効果が低くなることがわかった。生石灰の添加率については、10%では足りないが20%添加であれば目標強度を達成できる。

六価クロム溶出試験は最も六価クロム溶出が懸念させるNo.4の配合パターンで土壌環境基準を満たすことがで

きた。

混合土1t当たりのコストを比較すると、生石灰20%添加であれば赤ぼく：黒ぼく＝70：30でも目標強度を達成できた。表-2でコスト比較をするとNo.2の生石灰20%は高価であるが、過去の研究で同じくらいの一軸圧縮強度が得られた、赤ぼく：黒ぼく＝70：30、30(高炉スラグ)：5.5(消石灰)：5.5(石膏)のコストは1523(円/t)で安価になることがわかった。

この結果より、表-3の添加率で追加試験を行う予定。この追加試験を行う理由としては、生石灰15%添加で目標強度を達成できれば、コストも抑えられることと、また水砕スラグの添加率をさらに上げれば強度が伸びるのかということを確認することである。

表-3 追加試験の配合パターン表

No.	赤ぼく	黒ぼく	生石灰	水砕スラグ	石膏	コスト(円/t)
11	100	0	15			1014
12	70	30	15			883
13	100	0	6.5	60	6.5	1286
14	70	30	6.5	60	6.5	1121

8. まとめ

現段階で目標が達成できるのは、No.2・No.4・No.5・No.7であった。No.6も目標強度にとっても近い強度が得られた。生石灰は単体で用いた方が良いこと、黒ぼくが多く添加されると強度が得られないこと、また強度の伸びが得られないということを踏まえ追加試験を行う。全体の強度とコストの比較を行い、生石灰の有用性について検討を行う必要がある。

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
- 株式会社大林組技術研究所 所次長 工学博士 斎藤二郎：建設工事における石灰の利用
- 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
- 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
- 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～主に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)