

水砕スラグを用いた火山灰質粘性土の安定処理効果

熊本大学 学生会員 ○中下聡 田嶋克成 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用いる。水砕スラグ・消石灰・石膏の3種混合添加材によって、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し、水砕スラグの効果を検討する。

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）（セメント系固化材）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の関係から安定処理効果を検討する。

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。

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1.00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-1 試料の物理・化学特性

試料	赤ぼく	黒ぼく
自然含水比(%)	139.2	233.8
土粒子密度(g/cm ³)	2.71	2.31
液性限界(%)	136.7	288.0
塑性限界(%)	87.5	191.6
塑性指数	49.2	96.4
液性指数	1.05	0.44
強熱減量(%)	14.6	44.7

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5mm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5パターン作成した。赤ぼくと黒ぼく、試料と固化材の混合は、ハンドミキシングで均一に混合されるように配慮し、混合後直ちに供試体を作製した。供試体は安定処理土の突固めによる供試体作製方法（JGS 0811-2000）に従い、ランマー質量1.5kg、落下高20cmで、φ5cm×h10cmモールドを用い、締固め試験と同じ締固めエネルギーになるように、3層突き固め（12/12/13回）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。

6. 六価クロム溶出試験方法

安定処理土からの六価クロムの溶出を確認するために46号試験を用いた。46号試験とは、試料を風乾し、土塊・団粒を粗砕した後、非金属の2mmふるいを通させ、乾燥試料と溶媒（蒸留水に塩酸を加え、 $\text{pH}=5.8\sim 6.3$ としたもの）とを1:10（質量比）の割合で混合し、混合液を常温（おおむね20℃）、常圧（おおむね1気圧）で振とう機（あらかじめ毎分振とう

回数 200 回, 振とう幅を 4 cm~5 cm に調整したもの) を用いて 6 時間連続振とうする. その後, 混合液を 10 分から 30 分程度静置して, 毎分約 3000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μ m のメンブレンフィルターでろ過し, 六価クロムを測定するというものである. ここで, 46 号試験の方法によると試料を風乾する操作があるが, 風乾の定義が明確にされていない. 乾燥条件によって六価クロム溶出特性は大きく異なり, 風乾と 40 $^{\circ}$ C 乾燥の間には概ね同様の傾向が見られ, 110 $^{\circ}$ C 乾燥では溶出量が大きくなるとされる. また, 風乾と 40 $^{\circ}$ C 乾燥との違いは乾燥速度で, 風乾で 1 週間程度要する時間が, 40 $^{\circ}$ C 乾燥では 24 時間で到達している²⁾ のことから, 本研究では 40 $^{\circ}$ C 乾燥炉で 24 時間乾燥させたものを試料とする. 六価クロムの測定方法については, 一般に用いられているジフェニルカルバジド吸光光度法で行った.

7. 結果

縦軸に一軸圧縮強度, 横軸に赤ぼく・黒ぼくの混合割合をとり, 固化材の添加率毎に分類したものを図-1 に示した. 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, 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 $q_c=800$ 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. 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, $q_u=0.083\sim0.125q_c$ である. これらの関係から, $q_u=66.4\sim100$ 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に換算して, $q_u\geq 100$ kPa とする. 試験結果をみると, 7 日養生においては 4 パターンで, 28 日養生においては 7 パターンで目標強度を下回る結果となった.

六価クロム溶出量は, セメント系固化材においては土壤環境基準 0.05mg/l³⁾ を超える六価クロムが検出されたが, 3 種混合添加材においては土壤環境基準を満たす結果が得られた.

水砕スラグを用いた 3 種混合添加材 40% と高炉スラグを用いた 3 種混合添加材 30% は, 共に目標強度を満足しており同程度の値となった. また, 六価ク

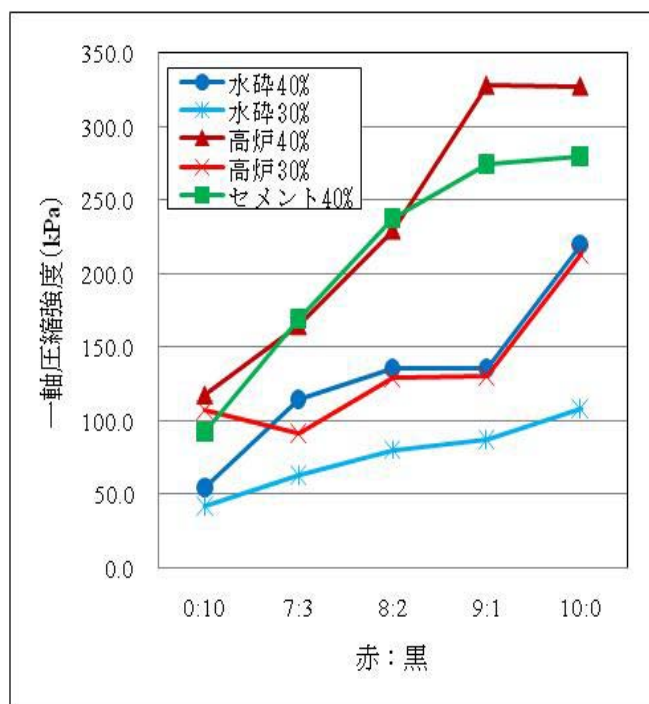


図-1 28 日養生後の一軸圧縮強度

ロム溶出試験結果においては, 水砕スラグと高炉スラグで差は見られなかった. これらのことから, 水砕スラグを用いることで添加率が 10% 増加しても, 高炉スラグの 1/4 のコストである水砕スラグを用いた方がコストパフォーマンスの面で効果的と言える.

8. まとめ

一軸圧縮試験結果において, 7 日から 28 日までの養生期間では強度の増加は見られなかった. このことから, 添加初期の段階である程度反応が進んでおり, 長期の強度増加傾向はほとんどないことが確認できた.

高炉スラグの代わりに水砕スラグを用いた場合でも, 目標強度・六価クロム溶出量の土壤環境基準を共に達成した.

9. 参考文献

- 1) 松浦岳大: 高炉スラグを用いた粘性土の化学的安定処理に関する研究 (平成 20 年度卒業論文)
- 2) Glasser, FP: Environmental Uses of Cement in Waste Conditioning, Advance in Cement and Concrete, ASCE, pp.499-507, 1994
- 3) 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