

高炉スラグを用いた火山灰質粘性土の安定処理

熊本大学 正会員 ○北園 芳人
積水化学工業(株)住宅技術研究所 野原 和宏
積水化学工業(株)住宅技術研究所 田中 直人
積水化学工業(株)住宅技術研究所 西村 新吾

1. 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、宅地造成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、化学的安定処理においては、六価クロムの溶出が問題となっている。消石灰の安定処理能力に加え、高炉スラグの還元作用を利用した六価クロムの溶出の抑制効果と石膏のエトリンサイト生成反応は高含水比でも安定処理効果を促進する効果があると考えられる。そこで本研究では、固化材として消石灰に高炉スラグと石膏を混合し安定処理効果の促進と六価クロムの抑制を図るものである。

2. 研究方法

土試料は火山灰質粘性土として関東ローム(つくば市)、赤ぼく(阿蘇市)を用い、安定処理用の固化材には市販のセメント系固化材(六価クロム対応型)と高炉スラグ+消石灰+石膏の3種混合を用いた。住宅基盤の支持力を基準に一軸圧縮試験の28日強度425kPaを目標強度として予備試験を行い、表-1のような固化材の配合率で試験を行った。一軸圧縮試験用の供試体は自然含水比の土試料に表-1の固化材を加え、ハンドミキシングで十分に攪拌混合した後、直ちに一軸圧縮試験モールド(直径50mm、高さ100mm)を用いて、質量1.5kg・落下高200mmのランマーで標準締固めエネルギー $E_c=0.55(m/MN/m^3)$ で3層突固めで作成した。即日(0日)、7日、28日養生後一軸圧縮試験を行った。また、7日養生供試体については一軸圧縮試験後六価クロム溶出試験を環境庁告示第46号試験方法に従いジフェニルカルバジド吸光光度法を用いて行った。用いた試料の物理・化学試験結果を表-2に示す。

3. 一軸圧縮試験結果

一軸圧縮試験結果を関東ロームと赤ぼくを比較して示したものが図-1、図-2である。図-1は無添加とセメント系固化材、図-2は3種混合固化材の結果である。

表-2に示すように関東ロームと赤ぼくでは自然含水比が15%関東ロームのほうが低い。そのため、無添加の一軸圧縮強度(即日)はやや関東ロームのほうが高い。しかしながら、図-1のセメント系固化材の場合、添加率30%、40%では28日強度で50kPa程度の誤差はあるがほぼ同じ安定処理効果が得られていると考えられ、関東ローム、赤ぼく共に40%の添加率で目標強度425kPaが得られている。

図-2の3種混合固化材の場合、セメント系固化材と異なり、含水比の高い赤ぼくのほうが顕著な強度増加

表-1 固化材の配合率

試験条件	関東ローム	赤ぼく
セメント系固化材		
無添加	○	
10%	○	
20%	○	
30%	○	○
40%	○	○
高炉スラグ:消石灰:石膏		
20% 10% 10%		○
20% 15% 15%		○
30% 10% 10%	○	○
30% 15% 15%	○	○
40% 10% 10%	○	○
40% 15% 15%	○	○

表-2 試料の物理・化学特性

試料		関東ローム	赤ぼく
自然含水比	%	93.8	108.9
土粒子密度	g/cm ³	2.516	2.704
液性限界	%	105.3	176.6
塑性限界	%	81.3	79.7
液性指数		0.521	0.301
塑性指数		24	96.9
一軸圧縮強度	kPa	62.0	47.2
六価クロム	mg/l	不検出	不検出
採取地		つくば市	阿蘇市

を示している。即日強度はほとんど変わらないが、関東ロームでは高炉スラグ 40%添加でやっと目標強度を達成しているが、赤ぼくでは 7 日養生でも 425kPa が得られ、高炉スラグ 20%でも 28 日養生では 550kPa に達している。安定処理後の 28 日養生供試体の含水比は関東ローム 40 : 15 : 15 で 53.5%，赤ぼく 20 : 10 : 10 で 78.5%と 25%も赤ぼくのほうが高いにもかかわらず、一軸圧縮強度は 100kPa 以上も赤ぼくが高くなっている。同じ火山灰質粘性土でも堆積年代や環境によって粘土鉱物が異なることが考えられるので、粘土鉱物の同定が必要である。

4. 六価クロム溶出試験結果

図-3 と図-4 に六価クロム溶出試験結果を示す。土試料には表-2 に示すように六価クロムは含まれていない。また、セメント系固化材や高炉スラグ、消石灰、石膏にも含まれていない。しかし、図-3 に示すように火山灰質粘性土とセメント系固化材を混合することによって六価クロムが溶出するようになる。溶出量は赤ぼくのほうが多い。セメント系固化材の場合、30%以上の添加率では土壤環境基準の 0.05mg/l を超えてしまう。しかし、消石灰のみ 20%添加では 0.021mg/l が見られた¹⁾が、図-4 に示すように高炉スラグを含んだ3種混合固化材については今回の配合ではほとんど六価クロムの溶出は見られず、高炉スラグの還元作用の効果が見られたものと考えられる。

5. まとめ

軟弱な火山灰質粘性土の宅地造成地の住宅基盤の支持力を得るために固化材による安定処理を行う場合、六価クロムの溶出量が問題となるが、固化材として高炉スラグを加えることで、六価クロムの溶出量を土壤環境基準以下に抑制できるとともに強度増加も見られることがわかった。しかし、同じ火山灰質粘性土でも安定処理効果が異なることも明らかになった。その違いを究明するためには粘土鉱物などの同定も必要と考えられる。

参考文献

1)片山稔夫, 北園芳人, 野原和宏, 田中直人, 西村新吾: 火山灰質粘性土の化学的安定処理効果, 平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.379-380,2008.3

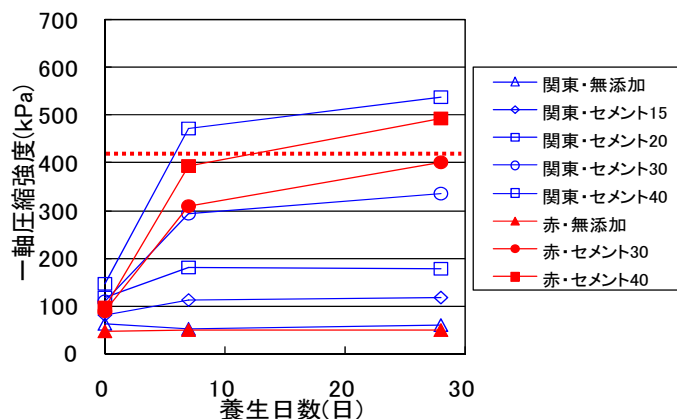


図-1 一軸圧縮強度と養生日数(セメント系固化材)

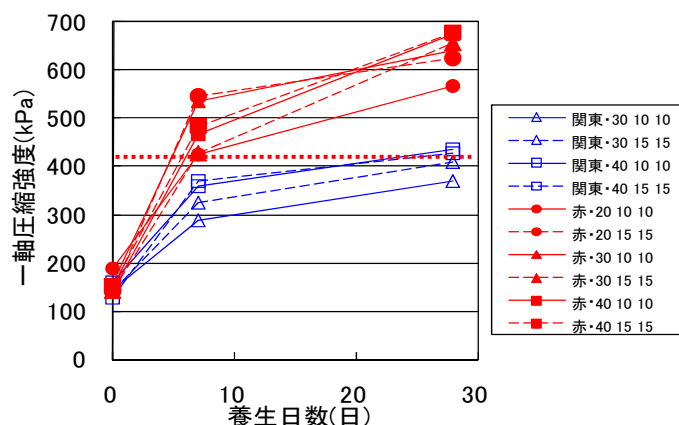


図-2 一軸圧縮強度と養生日数(3種混合固化材)

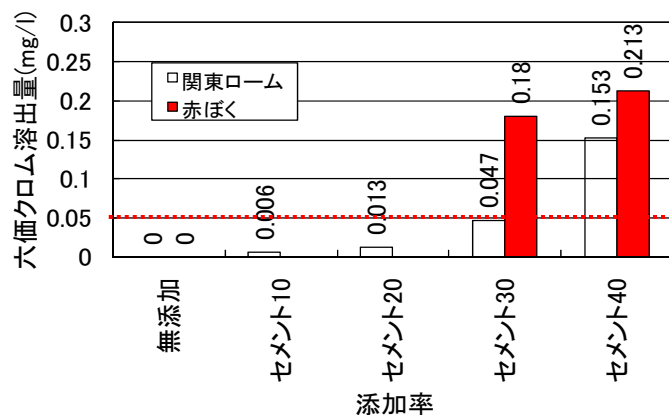


図-3 六価クロム溶出量(セメント系固化材)

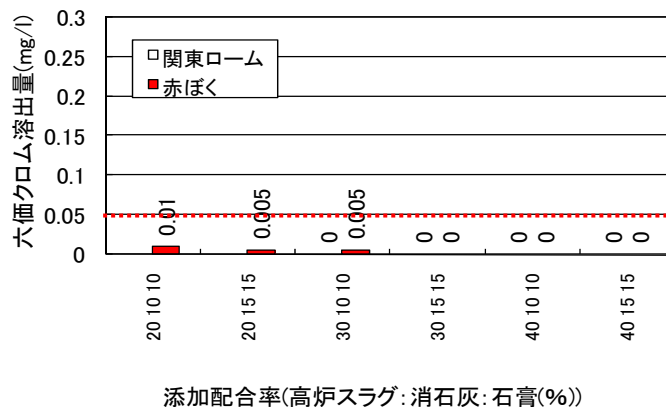


図-4 六価クロム溶出量(3種混合固化材)