

セメントの固化作用を阻害する火山地域の特殊土

国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所(現：新潟国道事務所) 渡邊正一
 国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所(現：信濃川下流河川事務所) 近藤栄一
 株式会社キタック ○江川千洋 小川尚之

1 はじめに

火山灰質粘性土をセメント系固化材によって固化させようとした場合、非火山灰質の粘性土と比較して強度が著しく発現しないことは良く知られている。この理由として、火山灰に含まれるアロフェンという物質の関与が大きいことが指摘されている。また、固化作用が阻害されると、強度が発現しないだけでなく六価クロムが溶出するといった問題が発生するため、火山灰質粘性土はとくに注意を要する地質として扱われている。

本稿では、新潟県湯沢町の飯土山山麓に分布する火砕流堆積物(火山灰質粘性土)が著しく固化しない特性を有していることを示すとともに、これまで報告されてきた火山灰(ローム)とは異なる火砕流特有の地質的成因が関与した可能性について考察を行う。

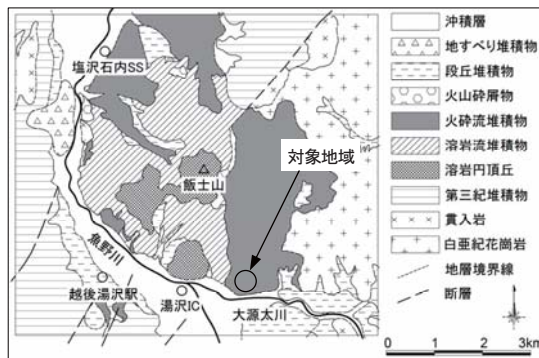


図-1 飯土山周辺の地質図

2 飯土山の地質

飯土山は更新世前期(15~70 万年前)に噴出した火山であり、おもに安山岩-デイサイト質の溶岩円頂丘、溶岩流堆積物、火砕流堆積物によって構成されている(図-1)。本稿で対象とする地質は、奥添地火砕流堆積物(以下、0py)とよばれ、飯土山の東麓になだらかな斜面を形成し、現在は岩原スキー場として利用されている。0py の室内土質試験結果を表-1 に示す。とくに、セメントの固化作用を阻害するアロフェンが、42.9%と多く含まれているのが特徴である。アロフェン量の測定については、北川による塩酸と水酸化ナトリウムの交互溶解法で実施した。

表-1 奥添地火砕流堆積物の室内土質試験結果

	湿潤密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	粒度組成(%)				コンシステンシー(%)		アロフェン 含有量(%)
			礫分	砂分	シルト分	粘土分	液性限界	塑性限界	
奥添地火砕流堆積物	1.241	113.8	19.8	15.2	42.4	22.6	130.7	77.2	42.9

3 室内配合試験結果

3.1 アロフェン含有量と一軸圧縮強さの関係

試験方法は、(社)地盤工学会による「安定処理土の締固めをしない供試体作製(JGS0821-2009)」に準拠し実施した。固化材として、高炉セメントB種、特殊土用、一般軟弱土用を使用した際の結果を表-2 に示す。ここでは、0py の固化特性について検証するため、(社)セメント協会セメント系固化材技術専門委員会(以下、JCA) (2012) の研究成果と比較を行った(図-2)。

図-2(a)には関東地方におけるロームの特性が示されており、アロフェン量が少なくなるにつれ強度発現が大きくなる傾向が認められる。このグラフに0py をプロットすると、関東ロームの特性と比較して強度発現が劣っているのが分かる。また、図-2(b)には、JCA が明らかにしたアロフェン量と一軸圧縮強さの比例関係が示されている。この図に0py をプロットすると、明らかに回帰直線から外れているのが分かる。以上より、0py はアロフェン量に対し、著しく強度発現の劣る火山灰質粘性土であることが判明した。

表-2 固化処理土の一軸圧縮強さ

	高炉セメントB種			特殊土用			一般軟弱土用		
	添加量(kg/m ³)	W/C	一軸圧縮強さ(kN/m ²)	添加量(kg/m ³)	W/C	一軸圧縮強さ(kN/m ²)	添加量(kg/m ³)	W/C	一軸圧縮強さ(kN/m ²)
材 齢 7 日	80	1.0	9	80	1.0	9	80	1.0	25
	200		17	200		30	200		81
	320		29	320		56	320		181
材 齢 2 8 日	80	1.0	10	80	1.0	10	80	1.0	29
	200		18	200		34	200		86
	320		34	320		66	320		192

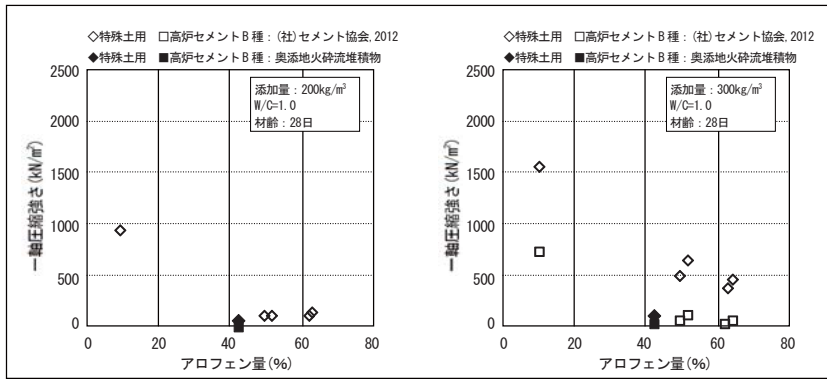


図-2(a) アロフェン量と一軸圧縮強さの関係(JCA, 2012 に加筆)

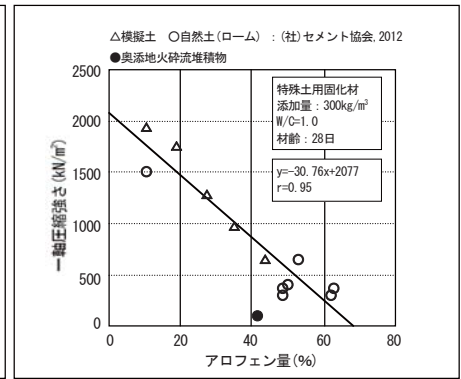


図-2(b) アロフェン量と一軸圧縮強さの関係(JCA, 2012 に加筆)

3.2 フミン酸含有量と一軸圧縮強さ

固化処理土の強度発現に影響を及ぼす要因として、有機物に含まれる腐植酸(フミン酸)が良く知られている。ここでは、 O_{py} の強度発現特性がアロフェンのみでは説明できないことから、 O_{py} に含まれるフミン酸量に着目した。フミン酸量については、(社)地盤工学会による「腐植含有量試験」を実施し、1.5%という値を得た。

O_{py} のフミン酸量と一軸圧縮強さの関係について、久楽ほかの研究成果と比較した(図-3)。図-3には、おもに関東地方に分布する粘土及びヘドロの特性が示されており、フミン酸量が少なるにつれ強度発現が指数関数的に大きくなる傾向が記されている。このグラフに O_{py} をプロットした。久楽ほかは固化材として普通ポルトランドセメントを用いているが、本稿では一般軟弱土用を用いた。一般に、一般軟弱土用の方が強度発現が大きく出るといわれているが、普通ポルトランドセメントによる固化処理土と比較しても強度発現が著しく劣っているのが分かる。

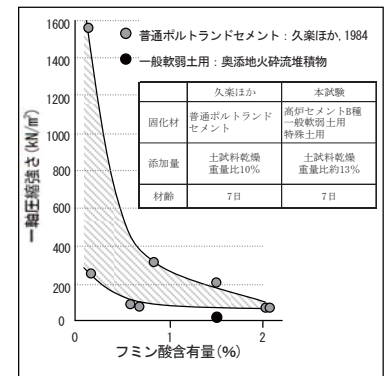


図-3 フミン酸量と一軸圧縮強さの関係(久楽ほか, 1984 に加筆)

4 考察

4.1 奥添地火砕流堆積物の地質的成因

奥添地火砕流堆積物(O_{py})にはセメントの固化作用を阻害するアロフェンとフミン酸、両方が多く含まれていることが明らかとなった。既往の研究成果では、火山灰質粘性土にはアロフェン、有機質土にはフミン酸が多く含まれていることが指摘され、その含有量と強度発現特性について相関性が高いとされてきた。しかし、 O_{py} に関しては、アロフェンもしくはフミン酸含有量で判断すると、既往成果と比較して明らかに外れた傾向を示し、関東ロームなどの火山灰質粘性土と比較して強度発現が劣ることが判明した。

既往研究成果が対象としてきた関東ロームなどは、主としてその噴出源(火山)から離れた場所に降り積もった火山灰のみで構成される堆積物であることから、有機物を取り込むことはほとんどなかったものと考えられる。それに対し、火砕流は、高温の火砕物質と火山ガスの混合物が、高速で地表を流下する現象であり、その堆積物は火山灰や軽石のほか、地表を流下した際に巻き込んだ草木などが含まれるのが特徴である。実際、 O_{py} 中には径数 mm 程度の炭化した木片が多数混入しているのが確認できた。同じ火山灰質粘性土であるにもかかわらず、固化処理土の強度発現特性に大きな差が認められたのは、このような地質的成因の違いによるものと考えられる。

近年、掘削残土を利用した砂防ソイルセメント工法が採用されることが多くなっている。本工法は、掘削残土を有効利用できるほか、運搬費の削減や資源の循環といった環境面でも優れた工法とされている。しかし、砂防堰堤が作られるような山岳地には、さまざまな種類の火山灰質土が分布していること、とくに火砕流堆積物が分布する地域では強度発現が著しく劣る地質が分布している可能性があることに留意する必要がある。

4.2 高有機質土用固化材による強度発現特性

最も改良効果が高いと考えられる高有機質土用固化材を用いて、再度試験を実施した。この結果を図-4に示す。図-4には、JCAの結果も合わせて表記した。高有機質土用固化材を用いた場合、固化材添加量が 300kg/m^3 を境として強度増加量が大きくなった。このことは、アロフェン及びフミン酸によって取り込まれる以上のカルシウムイオンが添加されたことによるものと考えられる。

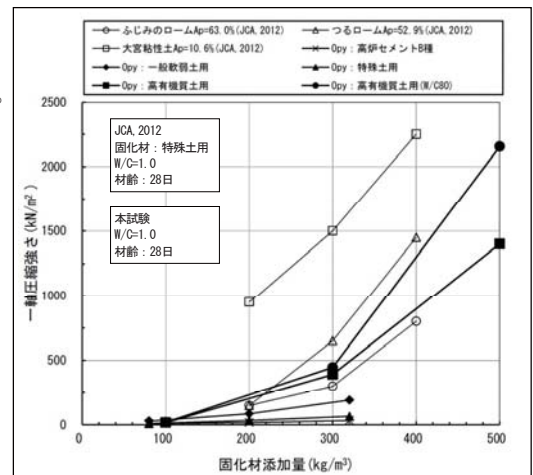


図-4 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係