

フライアッシュを用いた改良材による火山灰質粘性土の土質安定処理

九州産業大学 学生会員 間 貴春

九州電力 正会員 春口 雅寛

九州産業大学 学生会員 久保田恭平

九州産業大学 正会員 林 泰弘

九州電力 正会員 陣内 久雄

九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

我が国では年間 900 万トンの石炭灰が発生しており、そのうち約 90%がフライアッシュである。セメント分野での利用は進められているが電力会社自身の製品は少ない。本研究では現在有効利用率が約 4%である地盤分野での活用に着目した。日本各地に幅広く分布する火山灰質粘性土は練り返しによる軟弱化が著しくトラフィカビリティの確保や盛土材料としての利用が困難とされるうえ、改良コストが高いことが多いため、経済性に優れた改良材の開発が望まれている¹⁾。本研究では既存の固化材とフライアッシュを配合した改良材を作製し、火山灰質粘性土を対象にトラフィカビリティの確保や盛土材として必要な強度を得るための改良を施し、経済性を検討した。

表-1 対象試料の特性

2. 配合試験の方法

対象試料は阿蘇くまもと空港近くの畑地帯で採取した火山灰質粘性土（赤ぼく、黒ぼく）であり、表-1 に特性を示す。赤ぼくの方が自然含水比、液性限界、塑性限界が高く砂分が少ない。図-1 に示す塑性図で比較すると赤ぼくは文献の赤ぼく²⁾より液性限界が高く、黒ぼくは文献の黒ぼく²⁾より液性限界が低く、文献の赤ぼくと特性が似ている。

本研究で検討した改良材は既存の石灰系固化材(L)、セメント系固化材(C)にフライアッシュ(F)を配合したもので、それぞれ LF 改良材、CF 改良材と称す。

泥状土の改良を想定したため、練り返し後のコーン指数が $q_c \approx 150\text{kN/m}^2$ になるように赤ぼくは $w=146.9\%$ 、黒ぼくは $w=104.0\%$ に含水比調整し、改良材を添加し十分に混合したのち表-2 の条件³⁾で養生したものを試験試料とした。凡例は締固め前の気中養生日数（締固め後の期中養生日数）水中養生日数の組み合わせで示している。

改良土の目標強度として一軸圧縮強さは 28 日養生後で $q_{u28} \geq 300\text{kN/m}^2$ 、コーン指数は養生条件 0(6)4 で $q_c \geq 1200\text{kN/m}^2$ 、 1800kN/m^2 とした。

3. 一軸圧縮強さ

一軸圧縮強さは JIS A 1216:2009 に基づいて求めた。予備実験として石灰系、セメント系の固化材、フライアッシュ単体で改良し、養生 7 日の一軸圧縮強さを求めた。一軸圧縮強さと改良材添加量の関係を図-2 に示す。固化材の添加量が増えるにつれ一軸圧

	赤ぼく I	黒ぼく
土粒子の密度(g/cm ³)	2.746	2.614
自然含水比(%)	153.7	99.7
礫分(%)	0	0
砂分(%)	8.8	16.6
シルト分(%)	19.6	31.3
粘土分(%)	71.6	52.1
液性限界(%)	174.1	123.3
塑性限界(%)	126.6	90
塑性指数I _p	47.5	33.3
地盤材料の分類名	砂まじり火山灰質粘性土 (II型)	砂質火山灰質粘性土 (II型)
分類記号	(VH ₂ -S)	(VH ₂ S)
最大乾燥密度(g/cm ³)	0.762	0.821
最適含水比(%)	72.5	71.7
pH	6.2	6.1
強熱減量(%)	17.4	21
有機炭素含有量(%)	4.39	7.33

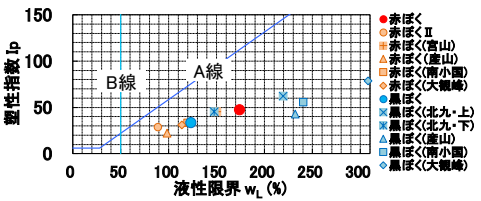


図-1 塑性図

表-2 養生条件

試験方法	気中 (20±3℃)	気中 (20±3℃)	水中 (20±3℃)	凡例
	締固め前	締固め後		
一軸圧縮試験	0	7	0	0(7)0
	0	28	0	0(28)0
コーン指数試験	0	0	0	0(0)0
	0	6	4	0(6)4

キーワード: フライアッシュ、火山灰質粘性土、一軸圧縮強さ、コーン指数、土質安定処理
連絡先 (住所: 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学建築都市工学部、電話: 092-673-5682)

縮強さが大きくなった。赤ぼくはセメント系固化材、黒ぼくは石灰系固化材を添加したほうがより効果がみられたが、フライアッシュの添加量を増やしても強度増加はあまりみられなかった。

予備実験の結果より、赤ぼくは CF 改良材=100~150kg/m³、黒ぼくは LF 改良材=70kg/m³で実施することとした。各改良材におけるフライアッシュの構成比を F 構成比(fc)と呼ぶ。

一軸圧縮強さと F 構成比の関係を図-3 に示す。一軸圧縮強さは F 構成比が増えるにつれ小さくなるが、赤ぼくにおいて CF=100kg/m³(fc=0.1)、CF=150kg/m³(fc=0.6)でピークがみられた。

4. コーン指数

コーン指数は JIS A 1228 : 2009 に基づいて求めた。図-2 の結果から赤ぼく、黒ぼくともに石灰系固化材で改良した場合に少ない添加量で改良効果があったため LF 改良土を使用した。F 構成比とコーン指数の関係を図-4 に示す。コーン指数は F 構成比が増えるにつれ小さくなるが、赤ぼくにおいて LF=40kg/m³(fc=0.1)、LF=50kg/m³(fc=0.1)、黒ぼくにおいて LF=40kg/m³(fc=0.1)でピークがみられた。

5. 経済性の評価

フライアッシュ添加による経済性の向上効果を検討するために、目標強度を満たす時の改良材費を算出した結果を表-3 に示す。一軸圧縮強さ $q_{u28} \approx 300\text{kN/m}^2$ を満たす最も経済的な配合は、赤ぼくは CF=150kg/m³(fc=0.6)、黒ぼくは LF=70kg/m³(fc=0.1)であった。また、コーン指数 $q_c \approx 1800\text{kN/m}^2$ を満たす最も経済的な配合は、赤ぼくは F=120kg/m³、黒ぼくは LF=60kg/m³(fc=0.7)であった。コーン指数 $q_c \approx 1200\text{kN/m}^2$ の場合は赤ぼく、黒ぼくともに L=25kg/m³だった。以上のように強度レベルが高い場合や長期的な強度で判断する場合にフライアッシュの添加による経済性の向上効果が認められた。

6. まとめ

固化材単体で改良する場合に比べフライアッシュを配合することにより経済的に優れる配合が得られた。F 構成比が増えるにつれ強度は小さくなったが fc=0.1 または 0.6 でピークを示したことから、固化材とフライアッシュの理想的な配合を明確にするために実験ケースを増やす必要がある。

参考文献: 1) 林泰弘:火山灰質粘性土の安定処理における高炉スラグの適用, 第6回地盤改良シンポジウム論文集, 2004.9, 2) 北園芳人ら:火山灰質粘性土の化学的安定処理効果の予測, 第5回地盤改良シンポジウム論文集, pp.2002.11, 3) 日本石灰協会編:石灰による地盤改良マニュアル, 日本石灰協会, 2010. 12.

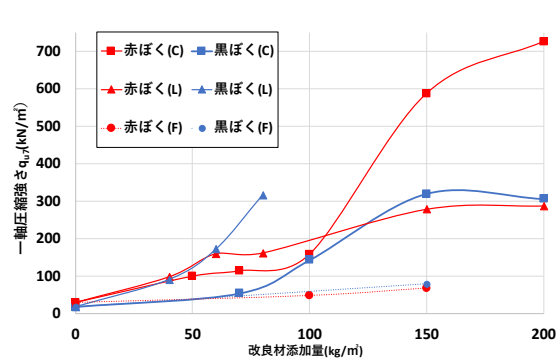


図-2 改良材添加量と一軸圧縮強さの関係

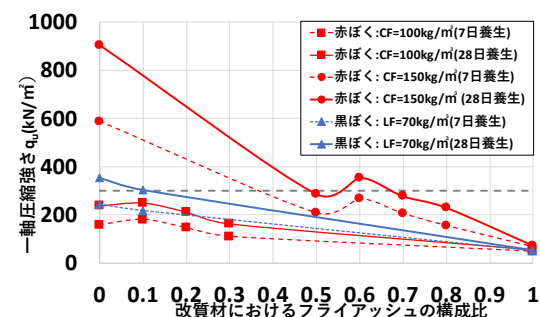


図-3 F 構成比と一軸圧縮強さの関係

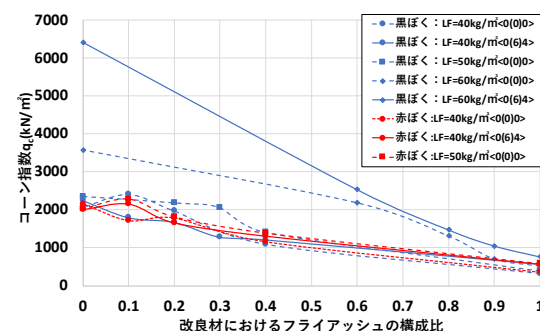


図-4 F 構成比とコーン指数の関係

表-3 目標強度を満たす時の改良材費

目標強度 (kN/m²)	試料名称	改良材	改良材費 (円/m³)	経済性
$q_u \approx 300$	赤ぼく	L=150kg/m³	2850	×
		C=110kg/m³	1485	×
		CF=150kg/m³ (fc=0.6)	1260	○
	黒ぼく	L=65kg/m³	1235	△
		C=140kg/m³	1890	×
		LF=70kg/m³ (fc=0.1)	1232	○
$q_c \approx 1800$	赤ぼく	L=35kg/m³	665	△
		C=90kg/m³	1215	×
		F=120kg/m³	600	○
	黒ぼく	LF=40kg/m³ (fc=0.1)	704	×
		L=30kg/m³	570	△
		C=65kg/m³	878	×
$q_c \approx 1200$	赤ぼく	F=120kg/m³	600	×
		LF=60kg/m³ (fc=0.7)	552	○
	黒ぼく	L=20kg/m³	380	○
		C=40kg/m³	540	×
		F=110kg/m³	550	×
		LF=60kg/m³ (fc=0.8)	468	×