

フライアッシュを用いた火山灰質粘性土の盛土用改良材の開発

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¹⁾。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が望まれている²⁾。そこで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、土質安定処理した火山灰質粘性土を対象にしたトラフィカビリティや強度の改善効果、フライアッシュの重金属溶出リスクを検討した。

2. 土質安定処理の方法

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他の赤ぼく³⁾と比べ液性限界が高く、黒ぼくは他の黒ぼく³⁾と比べ液性限界が低く、他の赤ぼくと特性が似ている。

既存の固化材である石灰系固化材(L)、セメント系固化材(C)にフライアッシュ(F)を配合した改良材をそれぞれ LF 改良材、CF 改良材と称す。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 の条件で養生したものを試験試料とした。

改良の目標強度として改良後すぐに締固めた場合のコーン指数を $q_c \geq 400\text{kN/m}^2$ とした。養生後は LF 改良土に対しては養生条件 0(6)4、CF 改良土に対しては養生条件 7(0)0 で $q_c \geq 1200\text{kN/m}^2$ 、 1800kN/m^2 、一軸圧縮強さは 28 日養生後で $q_{u28} \geq 300\text{kN/m}^2$ とした。さらに一軸圧縮強さについては養生 7、28、91 日においても検討し強度増進の検討も行った。

3. コーン指数

コーン指数は JIS A 1228 : 2009 に基づいて求めた。改良材添加量とコーン指数の関係を図-2 に示す。赤ぼく、黒ぼくともに石灰系固化材を用いた場合は少ない添加量でコーン指数が大きくなった。そのためトラフィカビリティの確保には LF 改良土を作製した。改良材における F の構成比(以下、F 構成比(fc))とコーン指数の関係を図-3 に示す。全体的に F 構成比が大きくなるにつれコーン指数は小さくなるがすべての配合でコーン指数 $q_c \geq 400\text{kN/m}^2$ を得られた。ただし、赤ぼくに $LF=40\text{kg/m}^3$ を加えた場合は $fc=0.1$ でピークを示した。

表-1 対象試料の特性

	赤ぼく	黒ぼく
土粒子密度(g/cm ³)	2.746	2.614
自然含水比(%)	153.7	99.7
液性限界(%)	174.1	123.3
塑性限界(%)	126.6	90.0
塑性指数	47.5	33.3
砂分(%)	8.8	16.6
シルト分(%)	19.6	31.3
粘土分(%)	71.6	52.1

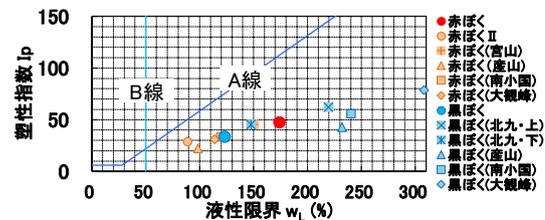


図-1 塑性図

表-2 養生条件

試験方法	気中 (20±3°C)	気中 (20±3°C)	水中 (20±3°C)	凡例
	締固め前	締固め後		
コーン指数試験	0	0	0	0(0)0
	7	0	0	7(0)0
	0	6	4	0(6)4
一軸圧縮試験	0	0	0	0(0)0
	0	7	0	0(7)0
	0	28	0	0(28)0
	0	91	0	0(91)0

4. 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単体で改良し、養生 7 日の一軸圧縮強さを求め、赤ぼくは CF=150kg/m³、黒ぼくは LF=70kg/m³で実施することとした。F 構成比と一軸圧縮強さの関係を図-4 に示す。F 構成比が増えるにつれ一軸圧縮強さは小さくなるが fc=0.6 において一軸圧縮強さのピークがみられた。

図-5 に F 構成比と q_{u28}/q_{u7} または q_{u91}/q_{u7} の関係を示す。q_{u28}/q_{u7} は土や固化材の種類に関わらず fc=0.1~0.4 でゆるやかなピークがみられる。q_{u91}/q_{u7} についてセメント系固化材を添加した場合、赤ぼくは fc=0.1 でピークがみられ、q_{u91}/q_{u7} ≒ 3.5 となった。黒ぼくは fc=0.2~0.4 でピークがみられ、q_{u91}/q_{u7} ≒ 2 となった。赤ぼく、黒ぼくともに CF 改良材の方が養生によって一軸圧縮強さが大きくなった。

5. 経済性の評価

フライアッシュ添加による経済性向上効果を検討するために、コーン指数、一軸圧縮強さの目標値を満たす時の原材料費を算出した結果を図-6 に示す。コーン指数 q_c ≒ 1200kN/m² を満たす最も経済的な配合は赤ぼく、黒ぼくともに L=25kg/m³ だった。コーン指数 q_c ≒ 1800kN/m² の場合、赤ぼくは F=120kg/m³、黒ぼくは LF=60kg/m³ (fc=0.7) だった。一軸圧縮強さ q_{u28} ≒ 300kN/m² 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。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向上効果が認められた。

6. まとめ

固化材にフライアッシュを配合することにより固化材単体で改良する場合に比べ強度的にも経済的にも優れる配合が得られた。また、強度増進が期待できる理想的な配合の傾向をつかむことができた。重金属の溶出試験は現在実施中であり、発表会で報告する。

参考文献:1)石炭 <http://www.japanflyash.com/pdf/fcuse10.pdf>, 2017.12 閲覧 2)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,2004.9. 3)北園芳人:火山灰質粘性土の化学的安定処理効果の予測,2002.11

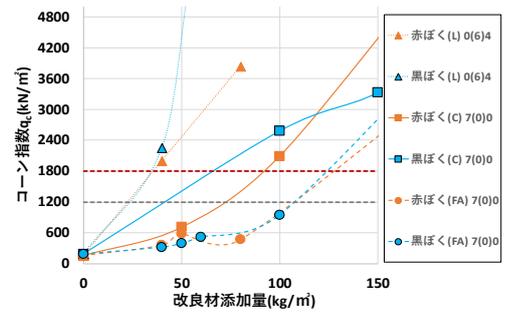


図-2 改良材添加量とコーン指数の関係

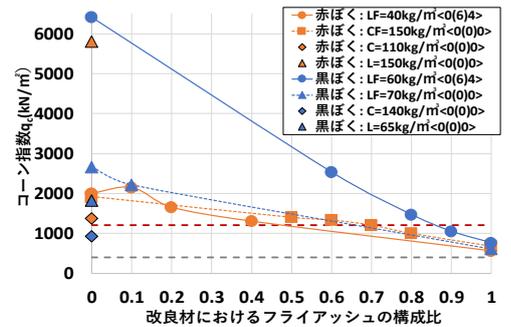


図-3 F 構成比とコーン指数の関係

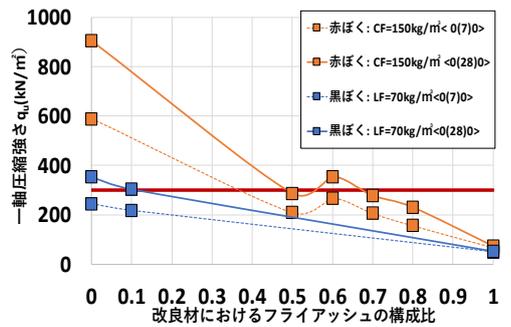


図-4 F 構成比と一軸圧縮強さの関係

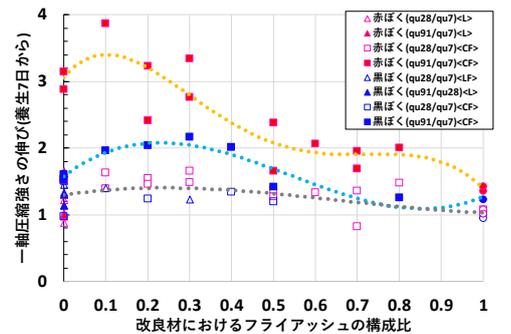


図-5 F 構成比と q_{u28}/q_{u7} または q_{u91}/q_{u7} の関係

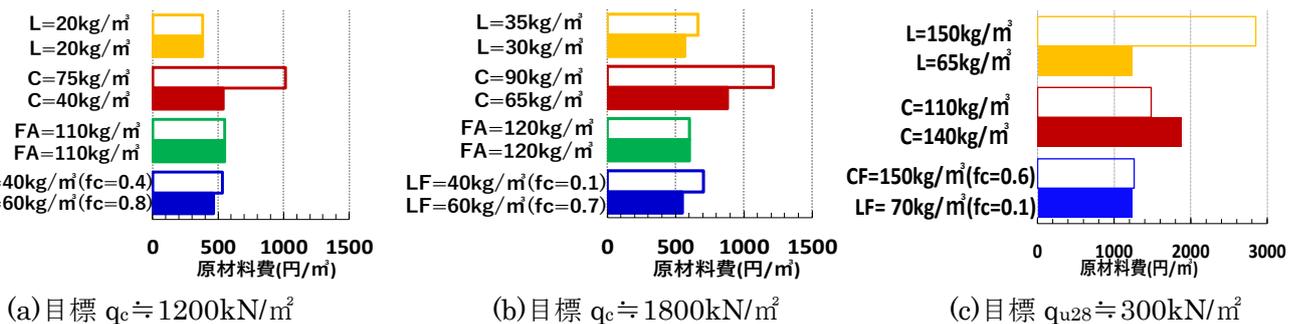


図-6 目標強度を満たす時の原材料費(白抜き:赤ぼく、塗りつぶし:黒ぼく)