

火山灰質粘性土の経済的なコーン指数の改善を目指したフライアッシュの活用

九州産業大学 学生会員 藤本 康裕 九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州電力 正会員 春口 雅寛 九州電力 正会員 陣内 久雄
九州産業大学 学生会員 嶋山 翼 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

石炭火力発電所から発生する石炭灰のうちフライアッシュは主にコンクリート分野での有効利用が進んでいるが地盤分野での利用はあまりされていない。火山灰粘性土は高含水比、攪乱による軟弱化や乾燥に伴う非可逆性などの性質により改良が困難な土で、セメント系固化材を使用した場合には固化材の添加量が多く不経済で、六価クロム溶出などの問題も抱えている。久保田ら¹⁾は生石灰系固化材やセメント系固化材にフライアッシュを混合した改良材で火山灰質粘性土を改良したが、フライアッシュ構成比が大きくなるにつれコーン指数は低下するが、養生することにより強度増加が見込まれることを示した。また、目標強度レベルを高く設定することでフライアッシュ配合による経済性の向上効果が確認できている。本研究では配合直後のトラフィカビリティの確保、経済性にも優れた配合を目指し、目標強度 $qc \geq 1200 \text{ kN/m}^2$ として、フライアッシュと固化材を用いた配合試験から、改良直後のコーン指数²⁾、改良コストから改良効果について評価する。

2. 改良土の作製

対象土は表 1 に示す熊本県菊池郡大津市で採取された火山灰粘性土の黒ぼく、赤ぼくの 2 種類である。赤ぼくの方が自然含水比、土粒子密度、液性限界、塑性限界が高い。改良材として石灰系固化材(L 材)、セメント系固化材(C 材)、マグネシウム系固化材(M 材)にフライアッシュ(F 材)を配合したものをそれぞれ LF 材、CF 材、MF 材と称す。また LF 材に石膏(G 材)を配合したものを LFG 改良材と称す。LFG 材は L 材の添加量を固定し、F 材と G 材の配合比を変えた。対象試料をコーン指数 $qc \approx 150 \text{ kN/m}^2$ になるよう黒ぼく $w=104\%$ 、赤ぼく $w=147\%$ に含水比調整し、ホバート型ミキサーで 5 分間練り混ぜ、改良材を添加し再び 5 分間練り混ぜて改良土を作製した。

3. コーン指数

「締め固めた土のコーン指数試験方法」(JIS A 1228 : 2009)を実施した。目標強度としてダンプロックが走行可能なコーン指数 $qc=1200 \text{ kN/m}^2$ とした。各種改良材で改良後、直ちにコーン指数を求めた結果を縦軸をコーン指数、横軸をフライアッシュ構成比(F 材比)として図 1 に示す。F 材比とは改良材添加量に対するフライアッシュの添加量の比率である。L 材で改良した場合は C 材や M 材よりも少ない添加量で強度発現が確認できた。LF=80kg/m³ の場合では F 材比=0~0.3 の配合で目標強度を満たす配合が得られた。LF 材=100kg/m³ の場合では黒ぼくが F 材比=0~0.7 の配合で、赤ぼくは F 材比=0~0.4 の配合で目標強度を満たす配合が得られた。MF 材では、黒ぼくが MF 材=100kg/m³ では F 材比=0.2、MF 材=150kg/m³ では F 材比=0.1 のときピークが確認できたが、MF=100kg/m³ と CF=150kg/m³ の場合には目標強度を満たす配合は得られなかった。ほとんどの場合、フライアッシュ添加は改良直後のコーン指数改善に寄与していないことがわかる。黒ぼくに対し LFG 材=100kg/m³ で L 材の添加量を固定し、F 材と G 材の配合比(F/FG)を変えた配合で求めた改良直後のコーン指数を図 2 に示す。久保田ら¹⁾は生石灰の発熱反応後にコーン指数を求めたところ、LFG

表 1 対象土の特性

土の種類	黒ぼく	赤ぼく
自然含水比 (%)	99.7	142
土粒子密度 (g/m ³)	2.614	2.746
液性限界 (%)	123.3	174.1
塑性限界 (%)	90	126.6
塑性指数	33.3	47.5
設定含水比 (%)	104	146.9
設定湿潤密度 (g/m ³)	0.693	0.603
コーン指数 (kN/m ²)	187	154

材=80 kg/m³(L=32kg/m³)で目標強度を全ての配合で満していたが、改良直後に発熱反応を待たずに締固めを行ったところ、LFG 材=100 kg/m³(L 材=25 kg/m³、32kg/m³)では目標強度を満たす配合は得られなかった。LFG 改良材では改良直後から発熱反応が終息する間で強度の発現が大きいことが分かった。また、直後のコーン指数を満たすにはある程度の生石灰添加量が必要だと考えられる。

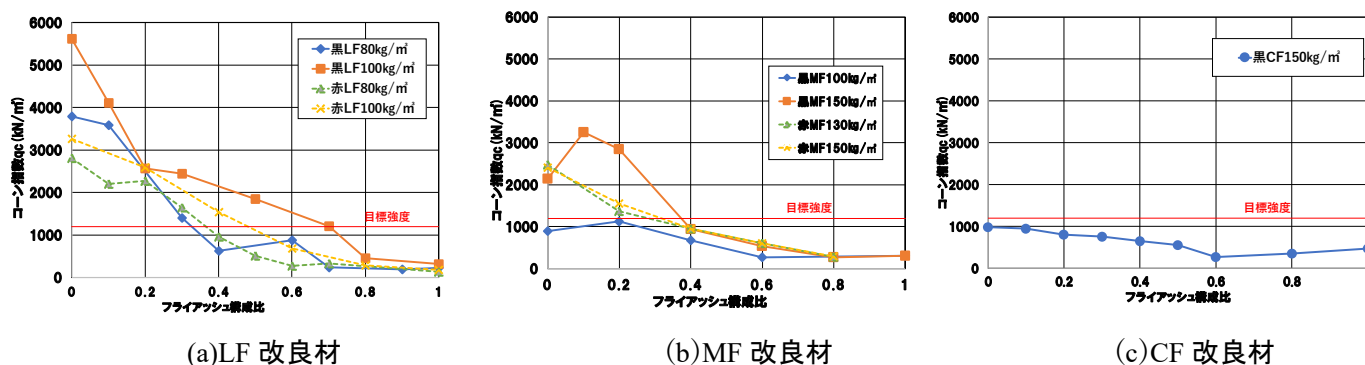


図1 フライアッシュ構成比とコーン指数の関係

4. 経済性の評価

各種改良材の改良効果を評価するために、対象土 1 m³あたりの改良材費(円/m³)を未処理土からのコーン指数増加分で割った値を費用対効果(円/kN/m)としたものを図3に示す。費用対効果は値が低いほど経済的であることを示している。目標強度を満たしている配合に注目してみると、黒ぼくでは LF 材=80kg/m³(F 材比=0.1)の配合が最も経済性に優れている。赤ぼくでは LF 材=100kg/m³(F 材比=0.2)の配合が経済性に最も優れていることがわかった。

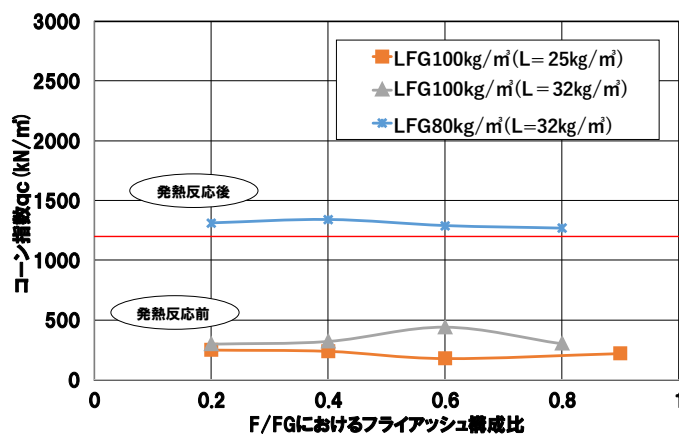


図2 F 材と G 材の配合比とコーン指数(黒ぼく)

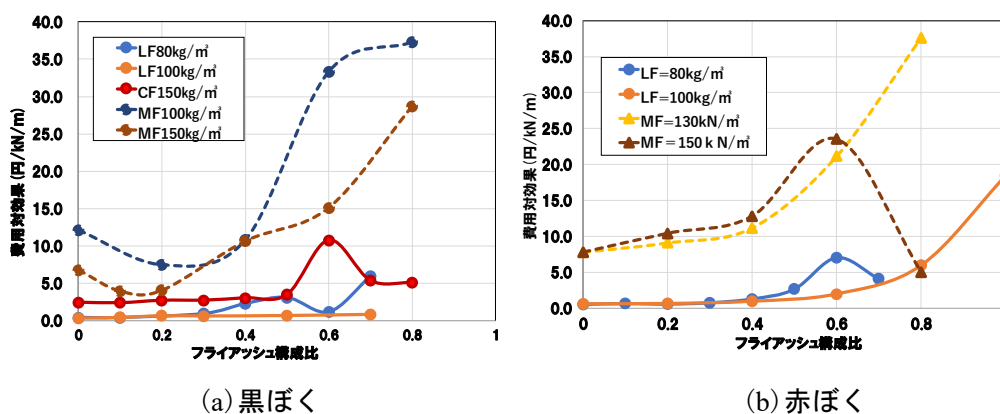


図3 各改良材の増加コーン指数あたりの改良コスト

5. まとめ

改良直後のコーン指数に着目したところ、黒ぼく、赤ぼくともに LF 改良材、MF 改良材を配合することによって、改良直後の目標強度コーン指数を得ることが出来た。LFG 改良材については生石灰添加量を増やす必要があることが分かった。MF 改良材については改良直後では、ある程度の添加量が必要になり改良コストも高くなるということがわかった。

参考文献：1) 久保田ら：フライアッシュと石膏を用いた火山灰質粘性土用固化材の開発，平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp. 279-280，2018. 3. 2) (株)高速道路総合技術研究所道路研究部土工研究室土質安定処理技術のまとめ，2017. 12