

PS 灰を主体とした土質改良材の実用化に向けた検討

九州産業大学	学生会員	三枝亮太	九州産業大学	正会員	林 泰弘
江渕設備	非会員	江渕 昇	江渕設備	非会員	竹井亮太
九州産業大学	正会員	松尾雄治	九州産業大学大学院	学生会員	松丸沙織

1. はじめに

筆者らは PS 灰を主体とした独自の土質改良材を開発し、すでに実用化されているものがある。これまでの研究で、更なる経済性の向上に向けた土質改良材の改良を検討してきたところ、室内改良試験により良好な結果が得られた¹⁾。本研究では室内での改良試験に加え、土質改良プラントにおいて自走式土質改良機を使用した改良試験を行った。さらに、締固め試験を行い、新しい改良材の有用性を確認することとした。

2. 室内改良試験の方法

室内試験に用いた試料は表 1 に示す久留米市で採取した 4 種類の建設発生土 (KB、KD、KE、KF) である。

表 1 原土の特性

	設定含水比(%)	液性限界(%)	塑性指数
KB	42.4	42.4	12.5
KD	40.0	55.3	21.8
KE	17.3	45.8	12.2
KF	24.5	54.1	17.6

既存の土質改良材 ES の構成材料はペーパースラッジ焼却灰(PS)のほか、生石灰(L)、二水廃石膏(G)、高炉スラグ微粉末(BS)である。開発中の改良材 ESF は BS の代わりにフライアッシュ(FA)を使用しており、ES よりさらに低コスト材料になっている。対象土を設定含水比(KB は液性限界、KD は 40%、KE と KF は自然含水比)に調整し、ボウル内で改良材を加えてハンドミキサーで混合した後、これを恒温庫(20±3℃)で 1 時間養生した。その後、再度ミキサーで攪拌してから密閉容器に入れ、同恒温庫で 7 日間密閉養生した。

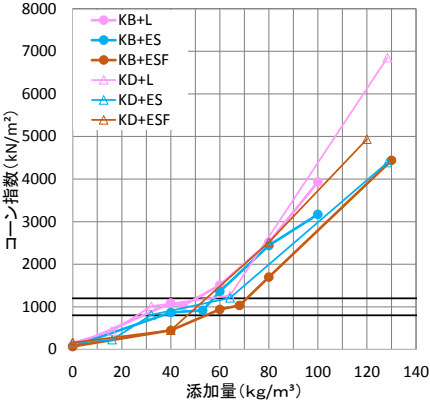
コーン指数試験は「締固めた土のコーン指数試験の方法(JIS A 1228 : 2009)」に従い行った。

3. 現地改良試験の方法

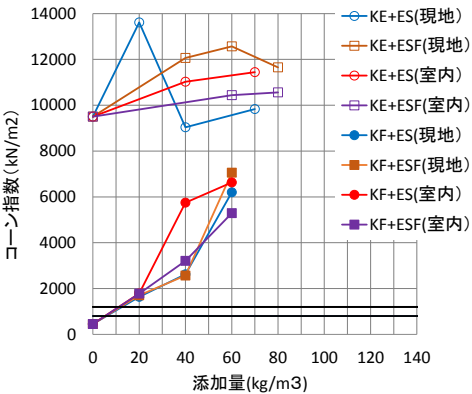
現地土質改良試験は KE、KF を用いて久留米市の江渕設備土質改良プラントで実施した。原料土を 100mm でふるった後、自走式土質改良機内で固化材を添加し混合した。処理土は使用用途に応じて 40mm、26.5mm でふるわれるが、今回は 26.5mm 以下のものを使用した。

4. コーン指数

本研究でのコーン指数 q_c の目標値は改良 1 週間後に第 2 種建設発生土に相当する $q_c \geq 800 \text{ kN/m}^2$ またはダンプトラックが走行可能な $q_c \geq 1200 \text{ kN/m}^2$ とした。KB、KD の室内改良試験による固化材添加量とコーン指数の関係を図 1 (a) に示す。目標値を超える q_c が得られる添加量には違いがみられ、KB に関しては L が最も少ない添加量で目標値が得られたが、KD は開発中の ESF が一番少ない添加量で目標値が得られた。材料費を考慮すると ESF での改良は効果的



(a) KB および KD



(b) KE および KF

図 1 改良材添加量とコーン指数の関係

であるといえる。KE、KF に対する室内改良試験および現地改良試験の固化材添加量とコーン指数の関係を図 1(b)に示す。結果的に、KE は改良なしでも十分な q_c が得られる試料であった。KF は未処理土では目標の q_c は得られなかったが、固化材添加により目標の q_c が得られた。目標の q_c を得るための固化材添加量は ES、ESF はほぼ同じ添加量で得られたので、材料費の安い ESF が効果的である。また、室内改良試験による処理土のコーン指数 $q_{c(i)}$ と現地改良試験の処理土のコーン指数 $q_{c(f)}$ を比較すると KF に ES を 40kg/m^3 の添加をした場合に $q_{c(i)}/q_{c(f)} \div 2$ であったが、それ以外は $q_{c(i)}/q_{c(f)} = 0.75 \sim 1.25$ であった。

5. 締固め特性

改良土の締固め特性に及ぼす降雨や乾燥による含水比の影響を確認するため、原土と現地改良土のいくつかについて締固め試験を「突固めによる土の締固め試験方法 (JIS A 1210 : 2009)」に従って行った。原土は A-a 法、改良土は A-b 法を採用した。含水比と乾燥密度の関係を図 2 に示す。凡例の数値は添加量 kg/m^3 を示している。いずれの原土に対しても、改良材添加により最適含水比は高くなり最大乾燥密度は低い値になった。

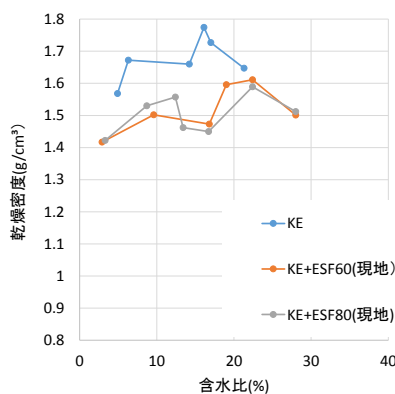
図 3 に示す含水比とコーン指数の関係により、KE に対しては固化材添加量が増加するにしたがってコーン指数は高くなるが、KF に対しては含水比が低いときは未処理土のほうがコーン指数は大きい、含水比が高くなると改良土のほうがコーン指数は大きくなった。いずれも含水比が高くなるほどコーン指数が小さくなるが、目標とする $q_c \geq 1200\text{kN/m}^2$ を確保できる最大の含水比は改良することで 4%程度高くなることがわかる。

6. まとめ

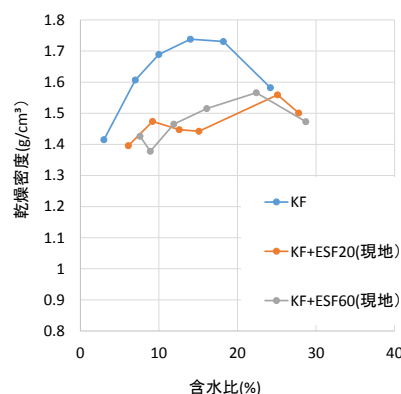
室内のコーン指数試験では既存の改良材 ES のほうが開発中の改良材 ESF より同じ添加率で大きなコーン指数が得られるが、ESF のほうが安価であるため経済的である。現地改良試験結果と室内改良試験結果ともに、ESF は ES と同等の結果を示しており、有用性が確認されたと考えられる。締固め試験の結果から改良土は最適含水比が高くなり、最大乾燥密度が低下しているが、含水比の増加に対してもコーン指数の改良効果がみられた。

謝辞： 本研究は久留米市ものづくり復興事業費補助金による研究成果の一部である。コーディネーターの久留米リサーチ・パーク太田幹人様ほか関係者各位に謝意を表す。

参考文献： 1) 林ら：PS 灰を用いた土質改良材による軟弱土の改良特性について、第 11 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.127-134、2014.11.

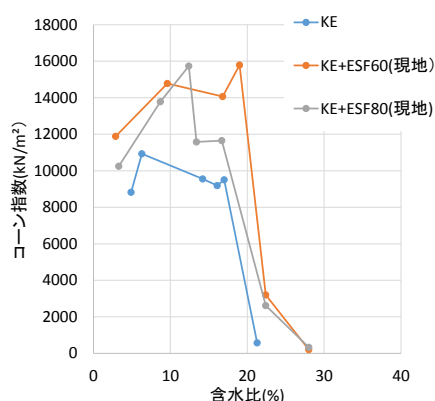


(a) KE

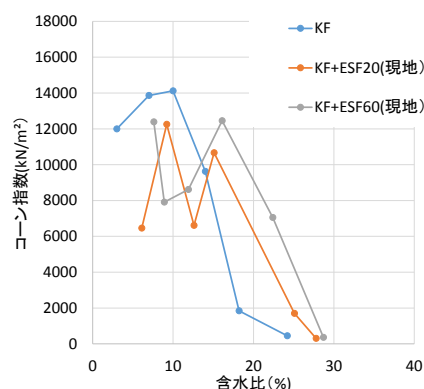


(b) KF

図 2 含水比と乾燥密度の関係(締固め曲線)



(a) KE



(b) KF

図 3 含水比とコーン指数の関係