

石炭灰を利用した深層混合処理工法の混合攪拌性能と改良対象地盤の土質性状に関する 模型実験の画像解析結果について

電源開発(株) エンジニアリング室	会員	三保谷 明
電源開発(株) 茅ヶ崎研究センター	会員	東 健一
独立行政法人 港湾空港技術研究所	会員	高橋 邦夫
(財)石炭利用総合センター		小笹 和夫
(株)開発設計コンサルタント		長田 直之

1. はじめに

火力発電所から副生される石炭灰(フライアッシュ)(F)と石膏(G)及びセメント(C)の三種材料(FGC)のスラリーを利用するFGC深層混合処理工法(FGC-DM)は、従来の深層混合処理工法(CDM)では攪拌混合が困難な数百kN/m²の低強度な均一地盤の造成が可能である。¹⁾この特徴については、各種の現場事例にて把握してきたが、²⁾試験工事等においてFGC-DMにより造成した改良地盤に多少のばらつきが確認されており、FGC-DMの攪拌性能をより正確に把握するため、実機の1/4サイズの実験装置を用いて模型実験を実施している。³⁾

本報告は、FGC-DMの攪拌性能に関する模型実験結果のうち、安定材の攪拌混合性能と改良対象地盤の土質性状の関係について実施した実験結果を画像解析により定量的に評価するものである。

2. 画像解析ケース

実機の1/4の攪拌翼を持つ試験装置によりFGC-DMを模擬し、改良対象土として土質性状の異なる6種類の土を用いて実験を実施した。⁴⁾画像解析はこれらの地盤に対して実施した8ケースの実験結果を対象として行った。本研究における画像解析ケースを表-1に示す。なお、今回の実験の配合は全てのケースでF:C=10:4とした。

表-1 画像解析ケース

ケース	改良対象	W	セメント	50%	PQ-ト	羽根切り回数
		F + C	添加量	粒径		
		%	kg/m ³	μm	Sec	回/m
ケース1	カオリン	55	60	3.0	12.71	540
ケース2	カオリン+珪砂40%	55	60	6.8	12.60	540
ケース3	カオリン+珪砂80%	55	60	150.0	12.40	540
ケース4	粗粒カオリン	55	60	9.5	12.29	540
ケース5	石粉	55	60	48.0	12.29	540
ケース6	浚渫土	100	60	25.0	11.58	360
ケース7	浚渫土	100	60	25.0	9.00	360
ケース8	カオリン	100	60	3.0	8.78	360

3. 画像解析手法

本研究における画像解析は、スラリーに染料を混入し実験後の供試体の染料の分布状況を画像処理することにより定量的に評価をするものである。スラリーの着色は原則的に赤色の染料を用いたが、実験に用いた地盤材料のうち、浚渫土は濃い灰色であり赤色の染料では混合状態を把握する事が困難であった。したがって、今回の実験において浚渫土を用いたケース(ケース6,7)は白色の染料によりスラリーを着色し実験を行った。ここで、カオリン粘土を対象とした実験において、混合度と明度(RGB値の平均値、デジタル画像の明るさを表す)の関係性を調べたところ、

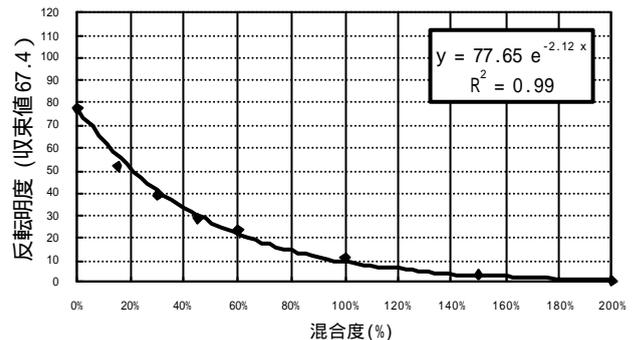


図-1 浚渫土における混合度と反転明度

100%以下の混合度と明度には指数の相関関係があることが確認されている。⁵⁾本研究では、実験の対象地盤として土質性状の異なる土を用いるが、これと同様に各ケースに用いる対象地盤に対し同様に混合度と明度の関係を調べたところ、カオリン粘土と同様に両者の間に指数の関係があることが確認できた。なお、浚渫土に関しては白色の染料を用いたことにより他のケースとは逆の関係となった。このようなことから、本研究において浚渫土を用いたケースは画像処理にて画像の明度を反転(255-明度)し評価した。本研究における混合度と明度の関係の例として、浚渫土における混合度と反転明度の関係を図-1に示す。

キーワード：石炭灰、フライアッシュ、FGC、深層混合処理工法、画像解析

連絡先：(株)開発設計コンサルタント 〒164-0013 東京都中野区弥生町1-58-4 TEL 03-5371-2806 FAX 03-5371-2823

4. 画像解析結果

実験後の試料を鉛直方向に解体し、解体した試料の断面をデジタルカメラで撮影したデジタル画像を画像処理することにより、デジタル画像の各点の混合度を得ることが出来る。

本研究の画像解析結果として、最も混合状態が良好ケース 5 と、目視による評価が最も困難である浚渫土を用いたケース 6 のデジタル画像より混合度分布を調べた結果をそれぞれ図-2,3 に示す。今回の実験で最も混合状態が良好なケース 5 の画像解析結果を見ると、混合度分布が混合度 40% をピークとした正規分布になっており、混合度 30%~50%の割合が全体の70%程度をしめる結果となった。浚渫土を用いたケース 6 は前述のように地盤材料が灰色であるため、目視では混合状況を把握する事が非常に困難である。しかしながら、図-3 を見ると、このケースにおいても画像解析により他のケースと同様に混合状態を定量的に評価できることがわかる。

つぎに、デジタル画像より図-2,3 のように得られる混合度分布について、各ケースの混合度分布より平均混合度を求め各ケースの混合状態を評価した。なお、平均混合度は各ケースの混合度分布において混合度（階級値）に重みをつけたもので、式により算定した。各ケースの平均混合度を比較したものを図-4 に示す。

$$\text{平均混合度}(\%) = \frac{\sum (\text{階級値}^{(10\% \sim 90\%)}) \times \text{頻度}^{(10\% \sim 90\%)}}{\sum \text{頻度}^{(10\% \sim 90\%)}} \dots$$

図-4 の結果では、羽根切り回数 540 回/m, P ロート 12 秒の実験と比較すると、ケース 5 は平均混合度がもっとも高く混合状態が良好であり、ケース 1 は他に比べ平均混合度が低く混合状態があまり良好ではないことがわかる。羽根切り回数 360 回/m 程度, P ロート 8 秒の実験と比較すると浚渫土を用いたケース 7 はある程度スラリーが地盤と混合されているのに対し、カオリン粘土を用いたケース 8 は平均混合度が非常に低くスラリーとカオリン粘土はほとんど混合されていないことがわかる。また、P ロート 12 秒で浚渫土を用いたケース 6 は同じ P ロート流下時間で羽根切り回数が 1.5 倍であるケース 1 よりも平均混合度が高く混合状態が良好である。

5. 最後に

本研究は通産省石炭生産利用技術振興補助事業の一環として実施した。本試験の実施にあたり、ご指導頂いた（財）沿岸開発技術研究センター他関係者各位に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

1) Asano, et, al.(1996):Deep Mixing Method of soil stabilization using coal ash ,International Symposium on Grouting and Deep Mixing(IS-TOKYO'96), pp393-398 2)田中他:石炭灰を利用した改良地盤の CPT の適用,土と基礎 Vol147 No.9,pp31-33 3)東 他 :石炭灰を利用した深層混合処理工法の攪拌性能と安定材スラリーの関係について,第 55 回土木学会年次学術講演会 -B pp456~457 4) 東他:石炭灰を利用した深層混合処理工法の混合攪拌性能と改良対象地盤の土質性状に関する模型実験について,第 56 回土木学会年次学術講演会(投稿中)5) 三谷谷他:石炭灰を利用した深層混合処理工法の攪拌性能に関する模型実験,第 35 回地盤工学会発表会

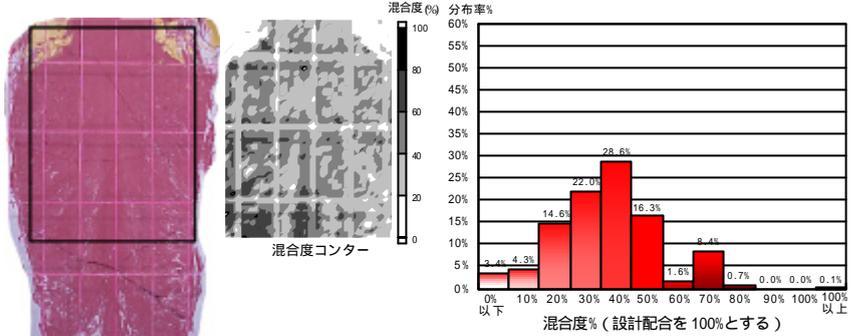


図-2 ケース5 画像解析結果

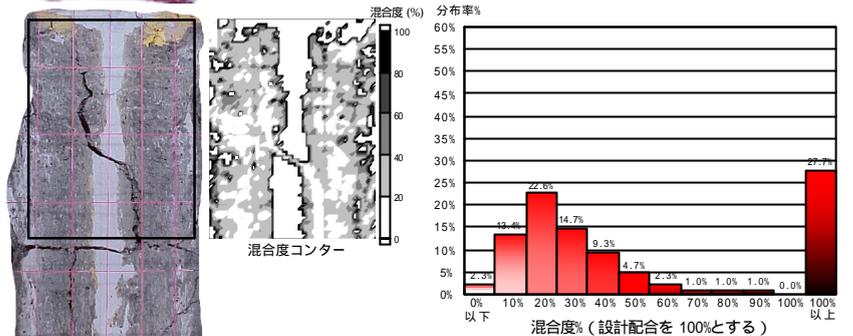


図-3 ケース6 画像解析結果

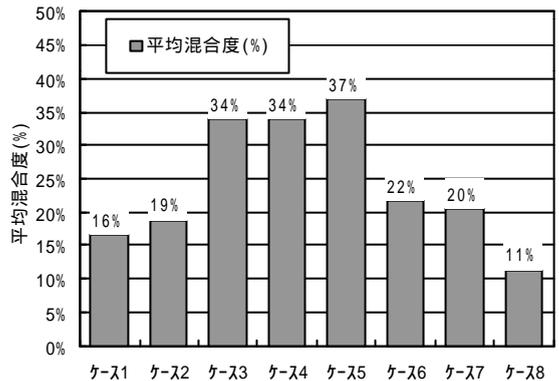


図-4 各ケースの平均混合度の比較