

導電率による中層混合処理工法の品質管理システム

(株) 大林組 正会員 ○望月 勝紀 正会員 森田 晃司
(株) 加藤建設 正会員 伊藤 浩邦 正会員 牧野 貴哉

1. はじめに

中層混合処理工法の施工管理では、固化材の量と羽根切り回数が所定値以上であることを確認する。また、品質管理では、改良体の強度と均質性が基準を満たすことを確認する¹⁾。特に重要な管理項目は均質性であり、改良体が不均質であった場合、部分的に強度不足が生じ、品質を確保できない恐れがある。しかし、改良体の均質性は、施工後に採取した複数の供試体で強度試験を実施し、各供試体の強度を比較することでしか確認できない。そのため、安全側の施工管理として、羽根切り回数を多くすることで品質を担保せざるを得なかった。さらに、攪拌作業は地中で行われるため、オペレーターは地表の混合状態を目視確認し、操作レバーに伝わる感覚や攪拌翼の回転抵抗を頼りに施工する必要があった。オペレーターの熟練度が品質の善し悪しに影響するので、オペレーターの腕に頼らない定量的な品質管理の確立が課題となっていた。本稿では、新たな品質管理システムの確立に向けた各種検討結果を報告する。

2. 品質管理システムの概要

本システムは改良中の地盤の導電率を計測することで、改良体の均質性を定量的に評価する。導電率とは、電気の通りやすさを示す物性値で、値が大きいほど電気が通りやすい。また、導電率は粘土鉱物や水の量に影響を受けるため、土質によって値が異なる。さらに、地盤に添加される固化材(Ca^{2+})の量と導電率には相関があることを室内実験で確認している(図-1)。本システムでは、トレンチャーに取付けた複数のセンサーで改良中の地盤の導電率を計測する。各導電率のバラツキが所定の範囲に収まっていれば、原土と固化材が均質に攪拌されたと判断する(図-2)。オペレーターは、車載モニターで導電率のバラツキを確認しながらトレンチャーを移動させることで、過不足のない攪拌作業が可能となる。そのため、必要以上に羽根切り回数を多くすることがなくなり、日施工量の増大も期待できる。さらに、計測結果は GPS で取得した位置情報とともに PC に保存されるため、改良体全体が均質に攪拌されたことを確認できる。

3. 現場実験

(1) 目的

本システムの適用性を検証し、品質管理方法の検討に必要なデータを取得するため、現場実験を実施した。

(2) 方法

トレンチャーの支柱の側面に 5 台のセンサーを等間隔で取付け、施工中の導電率を計測した(図-3)。施工は図-4 のように原土と固化材を攪拌

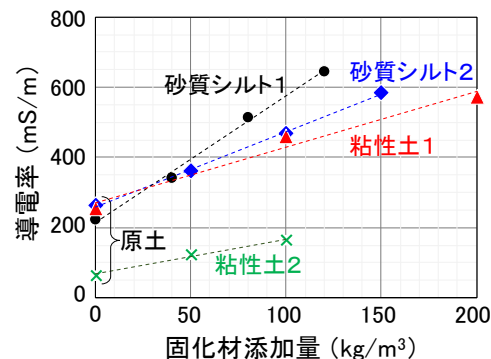


図-1 固化材添加量と導電率の関係

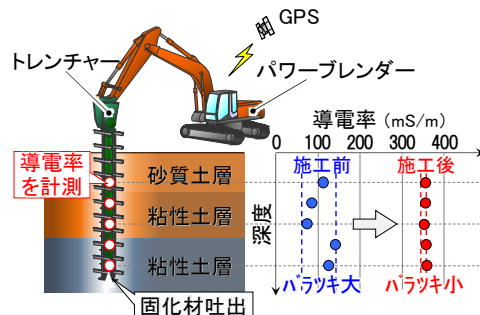


図-2 システムのイメージ

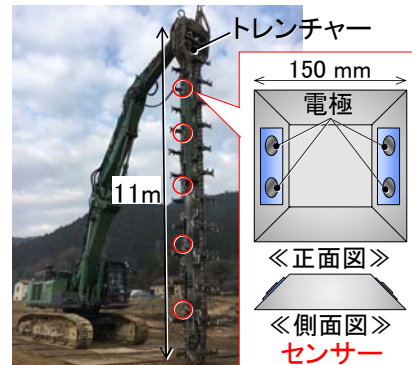


図-3 センサー取り付け状況

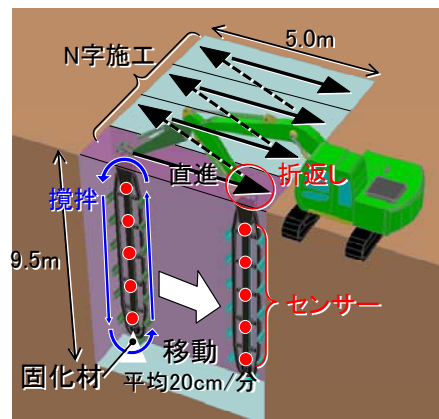


図-4 施工概要

キーワード 地盤改良工, 中層混合処理工法, 導電率

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 (株) 大林組生産技術本部技術第二部 TEL 03-5769-1302

しながら、トレンチャーの直進と折り返しを繰り返すこと(N字施工)で改良体を造成した。また、改良体の強度のバラツキを確認するため、施工後に GL-1, -3, -5, -7, -9m の改良土を採取し、一軸圧縮試験を実施した。なお、今回の実験では、表-1 に示す施工条件で従来の施工管理のもとで施工した。

(3) 結果

計測結果を図-5 に示す。各色の点(●)は 2 分ごとに計測された各深度の導電率、白抜きの点(△)はそれらの平均値を表す。時間の経過とともに、導電率の平均値が上下し、バラツキの幅も大小に変動している。特に、折返し部(図-5 中のハッチング部)の付近で、その傾向が大きい。折返し部では、導電率の低い未改良土が初めて攪拌されるため、導電率が低下するが、固化材が添加されるにつれて上昇に転じる。その際、バラツキが一時的に大きくなると考えられる。一方、直進部では、改良済みの箇所とラップさせるようにトレンチャーを移動させるため、大部分が 2 回攪拌されることになり、バラツキも小さくなると考えられる。次に、攪拌直後に各深度で採取した改良土の一軸圧縮試験結果、および施工時に各深度で計測された導電率を図-6 に示す。材齢 28 日の一軸圧縮強度は全ての深度で設計基準強度を上回っており、品質管理基準を満たしている。また、一軸圧縮強度のバラツキを変動係数で表すと、0.09 となっており、従来の品質管理で求められている強度の変動係数の目標値 0.23³⁾を大きく下回る。そのため、原土と固化材は均質に攪拌されたとと言える。一方、導電率の変動係数は 0.09 と小さい。これらより、導電率で改良体の均質性を定量的に評価できることが示された。

4. 品質管理手法の検討

現場実験の結果より、導電率の変動係数が 0.1 程度になるまで攪拌されると、改良体は十分均質になることが分かった。そこで、施工中の導電率から変動係数を算出し、改良体の均質性を評価する手法を検討した。図-5 のデータを変動係数に変換したグラフを図-7 に示す。変動係数の閾値を 0.1 とし、閾値を下回れば改良体にバラツキがなくなり、均質になったと判断する。折返し付近に関しては、折返し完了時点での変動係数で判断するものとする。本システムでは、車載モニターに導電率のバラツキ判定結果を表示することで、施工中にオペレーターが容易に改良体の均質性を確認できるようにした(図-8)。

5. まとめと今後

導電率を計測することで、改良体の品質を「見える化」できることが示された。一方で、現場実験での強度の最低値は、設計基準強度より十分に大きく、導電率の変動係数が 0.1 より大きくても、管理基準を満たす可能性がある。今後、羽根切り回数を低減した(導電率の変動係数が大きい)場合の強度のバラツキを確認し、導電率の閾値を高め設定できれば、施工効率をさらに向上できる。また、様々な施工条件・土質条件の現場でデータを取得・蓄積し、本システムの有用性を検証していく予定である。

参考文献

1) パワーブレンダー工法協会: パワーブレンダー工法技術資料

表-1 施工条件

改良対象土の分類	砂質シルト
改良深度	9.5 m
設計基準強度	220 kN/m ²
セメント添加量	110 kg/m ³
水セメント比	230 %
羽根切り回数	50 回/m ² 以上

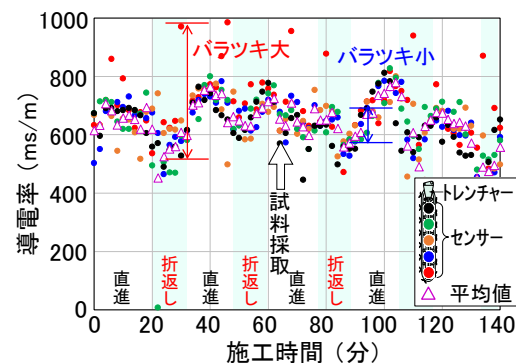


図-5 計測結果

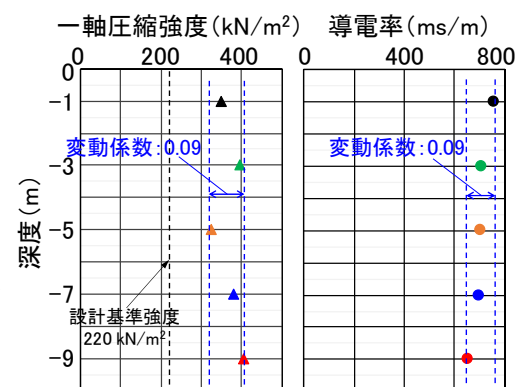


図-6 各深度の一軸圧縮強度
および導電率

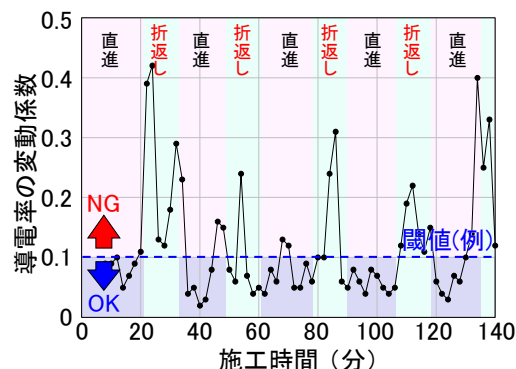


図-7 導電率のバラツキ管理図

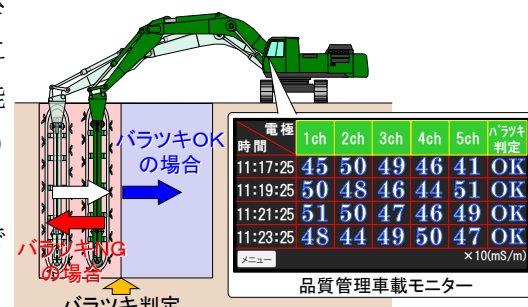


図-8 品質管理システム