

第Ⅲ部門

リアルタイム電流値計測に伴う地盤改良工事の可視化について

明石工業高等専門学校	学生会員	○舟橋宗毅
安藤・間	正会員	木付拓磨
安藤・間	正会員	足立有史
明石工業高等専門学校	正会員	石丸和宏
芝浦工業大学(前 明石高専)	正会員	稲積真哉

1. はじめに

地盤改良では施工中に得られる様々な情報を有効に活用し、施工状況や改良体などの出来形や品質の確保につなげることが重要である。ただ、これらは地中に構造物を造成するため、施工状況の目視による確認や評価することが不可能である。そこで、本研究では地盤改良の見える化を目的とし、地盤改良と並行に、地盤をリアルタイムに動態計測する技術と計測した地盤および施工情報（スラリー量、施工深度、速度、攪拌回転数、電流値など）を3次元に可視化するシステムを開発した。さらに、以上の技術向上の確立のため、可視化システムにおける計測技術の信頼性を確保する必要がある。そこで、動態計測項目のうち電流値に着目し、電流値からN値を推定する換算式の立案から施工性の効率化を図るものである。

2. 地盤改良工事の可視化

2.1 地盤改良施工情報・可視化システムの概要

本研究では「地盤改良施工情報・可視化システム」を開発している（図-1 参照）。本システムの開発により、地盤改良の施工現場のみならず、施工現場外部でもCloudサービスを活用することで施工情報を3次元に

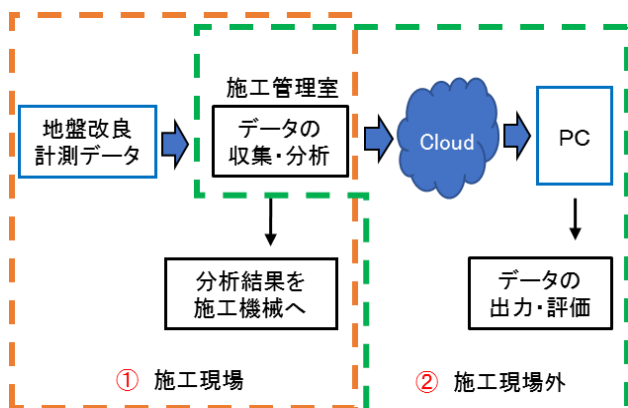


図-1 地盤改良施工情報・可視化システムの概要

可視化し、リアルタイムに情報共有することにより、施工管理が容易になる（図-2 参照）。

2.2 可視化システムにおける動態計測の検証

(a) 電流値の計測

地盤改良における施工性の効率化と地盤の見える化

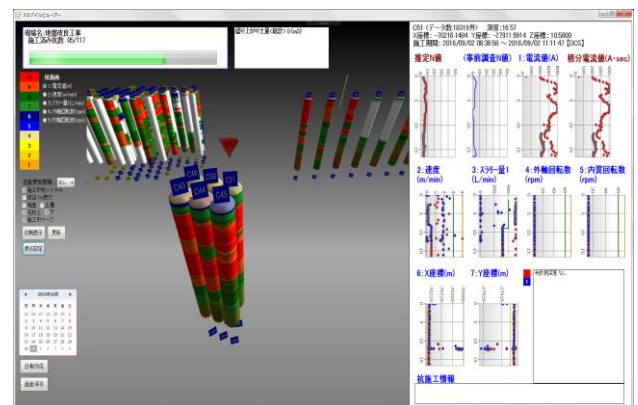
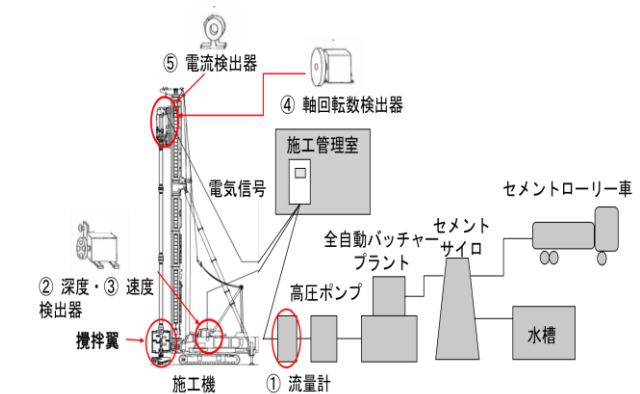
図-2 施工情報の3次元可視化技術²⁾

図-3 地盤改良における計測センサーの配置関係例

を図るために、地盤改良と並行に施工情報を計測するセンサーの配置関係の例を示す（図-3 参照）。

(b) N 値の推定

地盤改良において、原地盤のN値をリアルタイムに推定すること（以下、推定N値とする）は、限られた

地盤調査から設定した設計量の妥当性や施工の見直し、追加対策の有無などを迅速に判断するために必要である¹⁾。従来、電流値の計測は行われてきたが、電流値からN値を推定する方法はなかった。すなわち、推定N値を求めるための換算式は確立されてもいない。そこで、本研究では、事前に実施した標準貫入試験位置に最も近接した改良体施工時における電流値に着目する。さらに、推定N値と比較のために標準貫入試験のN値と電流値から推定N値の換算式を立案し、その適用の可能性を検証する必要がある。

(c) 推定N値の換算式立案

本研究では、事前に実施した標準貫入試験の結果と地盤の動態計測により得られた電流値に着目し、推定N値の換算式を立案する。以下の手順により立案した。

- (1) 本研究で実施した標準貫入試験のN値は、改良範囲に関して0～7までのシルトや粘土を主体とした土質区分である（図-4参照）。そこで、推定N値の換算式の適用範囲を粘性土地盤でかつN値 ≤ 7 とした。また、N値を0～1,・・・,5～7の6段階のステージに分け、動態計測により得た深度および電流値を標準貫入試験のN値のステージに対応するように整理する。
- (2) 各N値のステージに対応する電流値のヒストグラムを作成し、正規分布であると仮定する。そこで、正規分布に適合することを確認するために、適合度検定を実施する。適合度検定では電流値の χ^2 値を算出し、自由度と確率に応じた χ^2 分布表から χ^2 値を求め、 χ_0^2 値 $<\chi^2$ 値であれば有意水準5%で有意差があるとし、正規分布に従うと判断する。
- (3) 推定N値の換算式に用いる各N値のステージの電流値は、電流値のヒストグラムと正規分布曲線における期待値と一致する階級に着目し、その階級の中央値を採用する。また、推定N値は各N値のステージにおける中心値を採用する。

3. 推定N値の換算式結果

標準貫入試験のN値と電流値の関係から、推定N値の換算式を立案した（図-5参照）。以下に電流値の取得範囲において、標準偏差 σ を含んだ推定N値の換算式を示す。

$$\text{一標準偏差 } \sigma: y = 0.022x - 9.581 \quad (R^2 = 0.96) \quad (1)$$

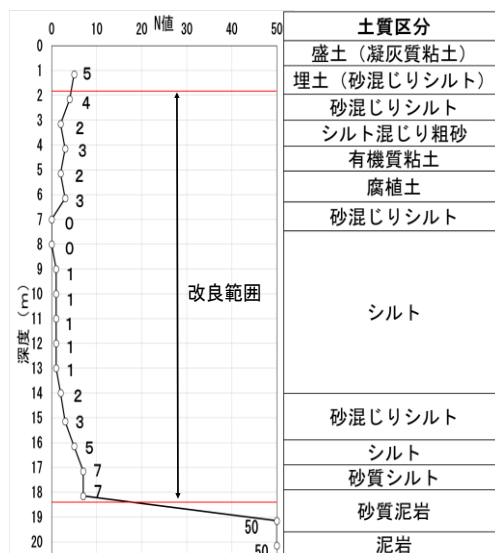


図-4 標準貫入試験結果

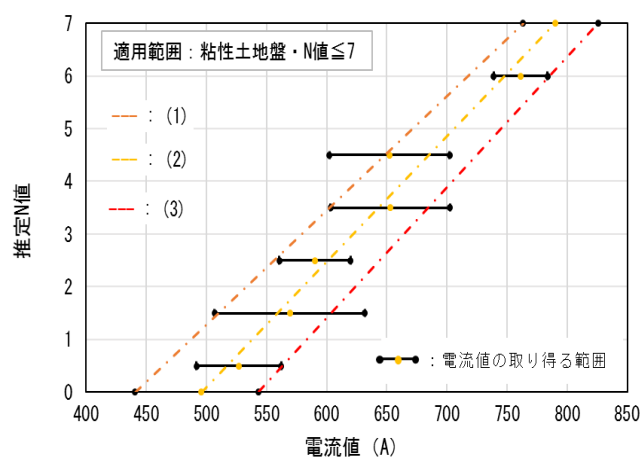


図-5 推定N値の換算式

$$\text{中央値 } M: y = 0.024x - 11.805 \quad (R^2 = 0.98) \quad (2)$$

$$+ \text{標準偏差 } \sigma: y = 0.025x - 13.469 \quad (R^2 = 0.97) \quad (3)$$

4. おわりに

- (1) 地盤の動態計測により、取得した地盤改良の施工情報を3次元に可視化し地盤の見える化を実現した。また、Cloud管理を利用することで、迅速な情報共有が可能になる。
- (2) 電流値からN値を推定する換算式の立案により、施工現場におけるリアルタイムなN値を推定するためのキャリブレーション指標となる。

参考文献

- 1) 木付拓磨, 澤口宏, 今井正, 高植俊彰, 土屋潤一, 稲積真哉: 大口径・大深度深層混合処理工法の適用におけるリアルタイム管理システムの導入, pp.1-4, 2016
- 2) 木付拓磨, 高植俊彰, 土屋潤一, 稲積真哉: 深層混合処理工法におけるリアルタイム 3D 可視化システムの適用, 第13回地盤工学会関東支部発表会, pp.1-2, 2016