

## 薬液注入改良体の電気比抵抗を用いた出来高確認

## Quantitative Evaluation of Chemical Grouting Improvement using Electrical Resistivity

○大野康年・苅谷敬三・村田芳信・花田有紀・山本圭吾・八嶋厚・伊藤孝芳・下坂賢二・赤塚光洋

○Yasutoshi OHNO, Keizo KARIYA, Yoshinobu MURATA, Yuki HANADA,

Keigo YAMAMOTO, Atsushi YASHIMA, Takayoshi ITO, Kenji SHIMOSAKA, Mitsuhiro AKATUKA

The confirmation of the volume of the improved body formed by chemical grouting method is performed using the uniaxial compressive strength. However, because the target strength of the improved body is not so high, it can be difficult to evaluate the difference in strength before and after the improvement. Therefore, it is required to introduce another indicator representing the difference before and after the improvement more sensitively instead of uniaxial compressive strength. In this study, we focused on the change in resistivity before and after the improvement. In this paper, we report the results of small soil tank experiments and field demonstration experiments conducted in order to clarify the electrical resistivity characteristics of improved sand and the scope of application by the proposed method.

## 1. はじめに

著者らは薬液注入工法の改良効果確認手法の開発に取り組んでいる。薬液注入工法による改良体の出来高管理は一軸圧縮強さを用いて行われることが多い。しかしながら、改良体の目標強度は $q_u=50\sim 100\text{kPa}$ 程度と、さほど高いものではないため、サンプリングによる乱れ、地盤の不均一性等の理由により強度のばらつきが大きく、改良前後の特性変化を定量的に把握することが難しい。

本研究では改良前後の電気比抵抗変化に注目した。電気比抵抗については、沿岸地域の埋立地等、地下水の電気比抵抗が小さい場合では薬液浸透の判別に適用できる可能性は低いとの指摘<sup>1)</sup>があるが、具体的な根拠は示されていない。

本報では間隙水圧の塩分濃度が地盤の電気比抵抗に及ぼす影響を確認し、本手法が薬液浸透の判別に適用できる範囲を明らかにする目的で実施した小型土槽実験結果および現場実証実験結果を示す。なお、電気比抵抗測定においては点電極を用いた押込型マイクロ電気検層法を新たに開発した。

## 2. 小型土槽実験

本実験は、直径約30cm、高さ30cm(試料長20cm)の小型円筒土槽を用い、0~30,000ppmの範囲にて異なる9種類の塩分濃度の間隙水にて飽和した未改良地盤と同地盤に特殊シリカ液(薬液)を注入した改良地盤を作製し、各地盤の電気比抵抗を測

定した。使用砂は、珪砂7号(瀬戸産)、遠州砂、地盤の相対密度は50%とした。また、特殊シリカ液のシリカ濃度は、6wt%である。同液の電気比抵抗は、図1に示すようにシリカ濃度が1.5wt%より低くなると急激に増加する。写真1に実験で使用した電極プローブ(点電極, 4極法, 電極間隔25mm)を示す。実験では、同プローブを土槽地表面より圧入し、地盤の電気比抵抗を測定した。なお、本研究では、既往の円周状に配置した電極では電極径に対する測定孔径の比が、測定される電気比抵抗へ与える影響が極めて大きいこと<sup>2)</sup>から、同影響の無い点電極を採用している。

図2に珪砂7号(瀬戸産)および遠州珪砂の未改良地盤、改良地盤の電気比抵抗と間隙水塩分濃度

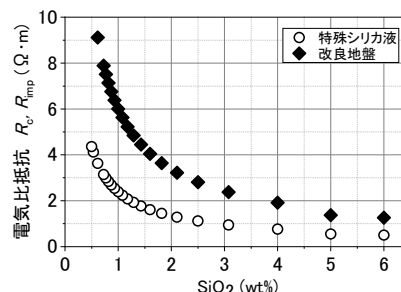


図1 特殊シリカ液の電気比抵抗特性



写真1 実験に用いた電極プローブ

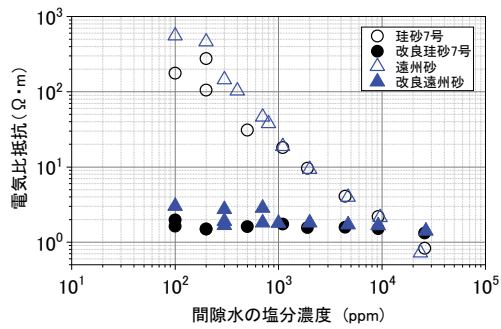


図2 特殊シリカ液の電気比抵抗特性

の関係を示す。未改良地盤では間隙水の塩分濃度が高くなるにつれ比抵抗が小さくなるが、改良地盤では間隙水の塩分濃度に関わらずほぼ一定となる。未改良地盤と改良地盤の電気比抵抗は、間隙水の塩分濃度が 10,000ppm 程度で同程度となり、同濃度を超えると間隙水の電気比抵抗は薬液の比抵抗より小さくなる。したがって、未改良・改良の電気比抵抗の差異は、地盤種別によるが、間隙水の塩分濃度が 5,000~10,000ppm 程度までは、判別することが可能である。

### 3. 現地実証実験

現地における有効性を検証するため、愛知県津島市で実施した試験施工<sup>3)</sup>による薬液改良地盤を対象に本手法を適用し、改良効果を評価した。新たに開発した押込型マイクロ電気検層法は、ボーリング孔内に挿入した電極により測定する一般的な電気検層とは異なり、動的コーン貫入試験等を実施した後に、同貫入孔を利用して測定を行う。電極プローブ(点電極、2極法、電極間隔 2.5, 5.0cm)を写真2に示す。同プローブは電極を貫入孔の壁面に圧着させるためスリーブ側面に 3mm の突起を設けている。薬液改良体の平面・断面図を図3に示す。地層は、地表面から盛土、砂混りシルト、その下部にシルト混り砂が堆積する。地下水位は GL-1.1m で、地下水の電気比抵抗は 4~12Ω·m、同塩分濃度は 400~1,300ppm の範囲にある。改良体のシリカ濃度は、TypeA : 8wt%, TypeB : 5wt% で、改良体の一軸圧縮強さは、ばらつきが多いが、TypeA : 100kPa 程度、TypeB : 60kPa 程度である。

図4に小型動的コーン貫入試験より得られた  $N_d$  値と等価な  $N_d$  値、押込型マイクロ電気検層(電極間隔 2.5cm)より得られた電気比抵抗  $R$  の深度分布を示す。改良後の  $N_d$  値は概ね増加している。電気比抵抗  $R$  は、未改良地盤では 30~130Ω·m 程度の値を示すが、改良地盤では 1~3Ω·m 程度と低

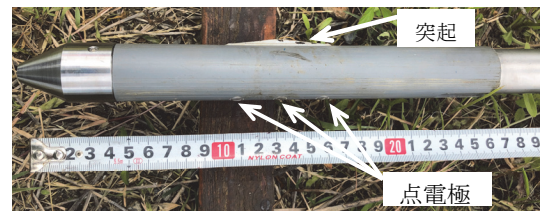


写真-2 電極プローブ

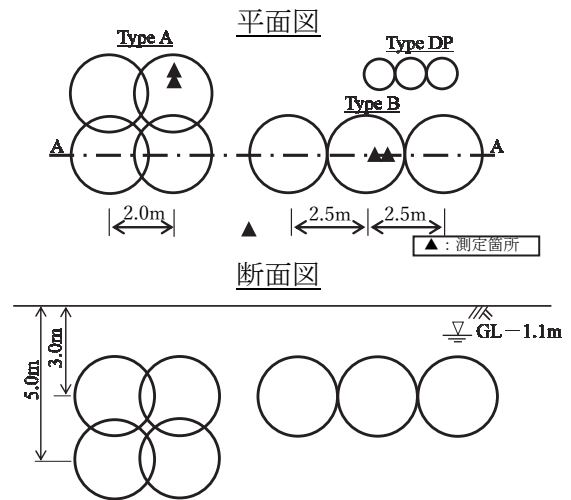


図3 改良平面・断面図(津島実証試験)

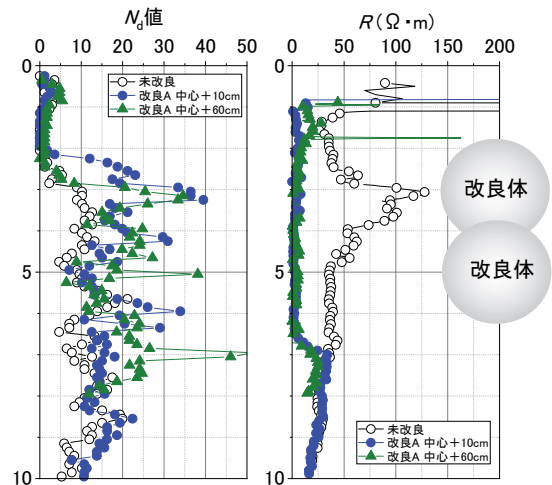


図4  $N_d$ , 電気比抵抗  $R$  の深度分布(改良 A)

い値を示し、改良により大きく低下していることがわかる。

参考文献: 1)菅野他: 液状化対策として薬液を注入した地盤の原位置調査による強度評価法, 港湾空港技術研究所資料, No.1366, pp.6.2020., 2)高他: 電気比抵抗を利用した土の細粒分含有率の評価法, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.2, pp.299-308, 2014.

謝辞: 本研究の一部は、令和元年度京都大学防災研究所一般共同研究「ナノ材料が市街地の地震時液状化被害を低減」の成果によります。ここに記して感謝いたします。