

電気検層を用いたセメント改良地盤の出来形確認 — 高圧噴射攪拌工法を用いた試験改良体における現地測定実験 —

大洋基礎工業（株） 正会員 ○大野康年
 岐阜大学 正会員 村田芳信 フェロー会員 八嶋 厚
 戸田建設（株） 正会員 下坂賢二

1. はじめに

セメント系改良の一つである高圧噴射攪拌工法は、施工時の周辺への影響が少ないことから、既存杭の耐震補強、住宅地の液状化対策等に用いられている。同工法の改良効果は、一般的に硬化後のコアサンプリングによる改良体の連続性確認と、一軸圧縮試験により行われる。しかしながら、1)硬化後の確認であるため不良と判断された場合の対処が難しいこと、2)サンプリングに時間とコストを要する等の課題がある。

本報では、高圧噴射攪拌工法を用いて造成した現地試験改良体に、著者らが開発した点電極を用いた電気検層法¹⁾を適用し、同手法による出来形確認の評価を試みた結果を示す。

2. 実験概要

図1に実験サイトの土質柱状図と改良断面図を示す。同サイトは、腐植土、シルト、シルト質砂、礫混り砂が堆積し、改良対象層の物理特性は、砂質シルト： $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$ 、 $w_n=49\%$ 、シルト： $\rho_s=2.57\text{g/cm}^3$ 、 $w_n=93\%$ 、シルト質砂： $\rho_s=2.69\text{g/cm}^3$ 、 $w_n=36\%$ である。試験改良体は、改良体直径 $D=3.0\text{m}$ 、改良層厚 $L=3.5\text{m}$ （T.P.+8.5m～T.P.+5.0mの区間）、目標改良強度 $q_{\text{uck}}=500\text{kPa}$ で、高圧噴射攪拌工法の施工仕様は、固化材スラリーの噴射圧力 35MPa 、同噴射量 1900 l/分 とし、改良体造成CASE毎に噴射モニターの引上速度を変化させた。電気検層の測定対象となる試験改良体CASE-1、CASE-2の造成時引上速度は、CASE-1>CASE-2である。

実験に使用した電気検層法¹⁾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、未改良地盤では、電極プローブを小型動的コーン貫入試験の測定孔等に貫入して測定する。写真1に実験に使用した電極プローブ（四極法、点電極）を示す。本研究では、改良体固化前の電気比抵抗値による出来形確認を目的としていることから、改良体の電気比抵抗測定は、固化前の改良体に電極プローブを直接貫入し、測定した。具体的には、改良体を造成した後、30～90分後に電極プローブを改良体に 2cm/s の速度で圧入し、 5cm 毎に停止して電気比抵抗 R を測定した。

図2に測定位置図を示す。電気検層の測定は、CASE-1とCASE-2

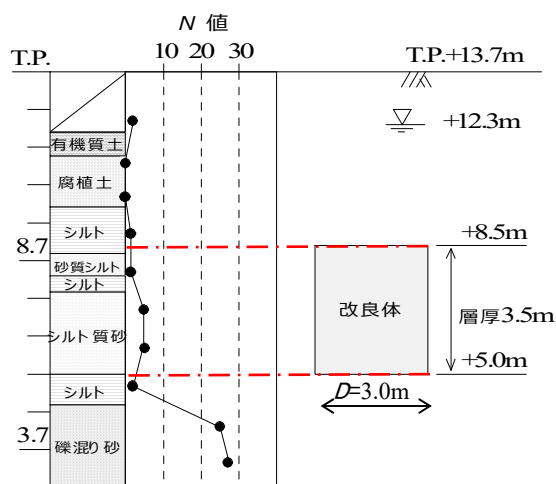
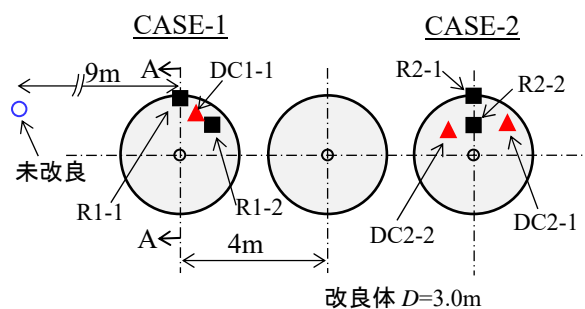


図1 柱状図と改良断面図（A-A断面）



改良体 $D=3.0\text{m}$

- ：小型動的コーン・電気検層(未改良)
- ：電気検層(改良体)
- ▲：試料採取(改良体)



写真1 電極プローブ

図2 改良平面図・測定位置図

キーワード 電気検層, 点電極, 高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒454-0871 名古屋市中川区柳森町107 大洋基礎工業株式会社 TEL 052-362-6351

の改良体に対し、改良体中心から 0.75m, 1.3m および 1.5m 位置にて実施した。また、同測定位置の近傍にて、改良体の試料採取（オールコア、材令 28 日）を行い、固結状態の確認と一軸圧縮試験を実施した。

3. 実験結果

図 3 および図 4 に試験改良体 CASE1 および CASE2 の電気比抵抗の深度分布、採取した改良体コア試料を示す。改良体コア試料は、写真上段より 1) T.P.+9.0m~+8.0m, 2) TP+8.0m~+7.0m, 3) T.P.+7.0m~+6.0m, 4) T.P.+6.0m~5.0m の採取深度であり、写真右が深度上端である。

(1) CASE-1 改良体

改良体の電気比抵抗は、固化材を添加すると低下し、所定の固化材添加量を超えると一定となる²⁾。改良体端部の測点 R1-1 では、改良体の電気比抵抗値は、未改良地盤と比較すると、 $10 \Omega \cdot m$ 程度に低下しているが、T.P.+7.5m 以深では、未改良地盤と同等な値を示す深度が多い。また、改良体中心 +1.3m 箇所の測定 R1-2 では、TP+7.0m までは改良後の電気比抵抗値の低下が確認されたが、同深度にて電極プローブの貫入が不可となった。一方、電気検層測点近傍で採取したコア試料 DC1-1 は、固結箇所と未固結箇所が確認され、固結箇所の一軸圧縮強さは、 $q_{UL}=0.5\text{MPa} \sim 2\text{MPa}$ を有していたものの、TP+7.5m~TP+5.0m のコアには、未固結箇所が比較的多く確認された。同深度は、電気検層において、電気比抵抗値が未改良地盤と比較して低下していない深度とほぼ一致する。

(2) CASE-2 改良体

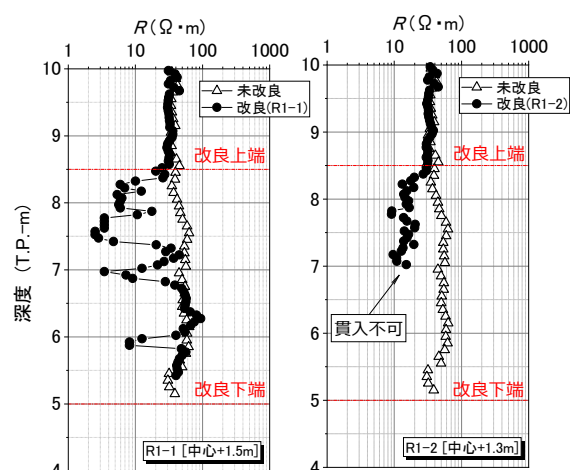
改良体の端部測点 R2-1 および半径 1/2 測定 R2-2 とも、改良体の電気比抵抗値は、未改良地盤と比較すると、改良範囲 T.P.+8.5m~+5.0m にて、 $10 \Omega \cdot m$ 程度に低下しており、電気非抵抗値のばらつきも小さい。一方、電気検層測点近傍で採取した改良端部のコア試料 DC2-1 においても改良固結体の連続性が確認され、一軸圧縮強さは、 $q_{UL}=0.5\text{MPa} \sim 2.5\text{MPa}$ の範囲にあった。

4. まとめ

本実験では、点電極を用いた電気検層法を固化前の現地試験改良体に適用し、出来形確認の評価を試みた。実験の結果、改良体の電気比抵抗の低下が、改良範囲内で均一に低下しているケースでは、所定強度を有した改良体が連続して造成されており、固結前の改良体の電気比抵抗の分布が、改良体造成有無の一つの指標になることがわかった。今後は改良強度の推定を目的とした室内実験等による検討を実施し、セメント改良地盤の改良効果評価手法の確立を目指す。

参考文献

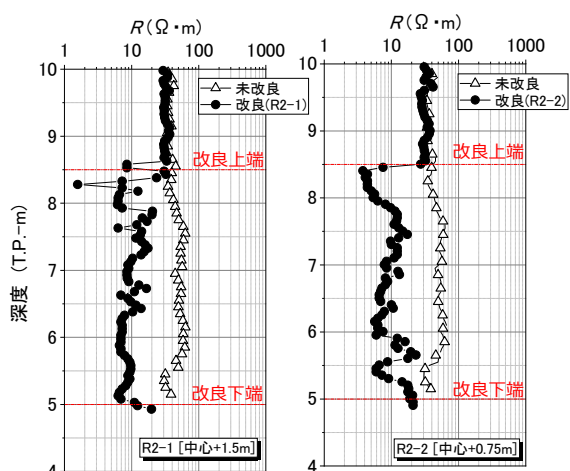
1) 大野康年他：電気検層を用いた薬液注入工法の改良効果確認，Journal of the Society of Materials Science Japan, Vol.71, No.1, pp.91-96, Jan.2022., 2) 高元浩他：電気比抵抗を用いたソイルセメントの品質管理に関する研究 東海大学紀要工学部論文集, Vol.52, No.2, pp.179-186, 2012.



改良体コア(DC1-1 中心+1.3m)



図 3 電気比抵抗分布，採取コア写真（CASE1）



改良体コア(DC2-1 中心+1.4m)

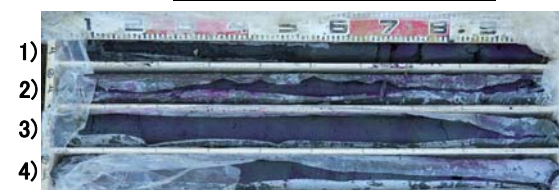


図 4 電気比抵抗分布，採取コア写真（CASE2）