

電気検層を用いた薬液改良地盤の改良効果確認 —臨海地区液状化対策工事における現地調査—

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

1. はじめに

薬液注入後の地盤の改良効果確認は、従来、一軸圧縮試験による強度確認が用いられているが、改良強度が $q_u=50\sim 100\text{kPa}$ 程度と低強度のため、試料採取時や供試体作成時において強度低下に繋がる乱れが生じやすく適正に評価されない課題ある。著者らは、小型動的コーンと電気検層を組み合わせた改良効果確認手法の開発に取り組んでいる。従来行っていた試料採取による一軸圧縮試験に比べて、地盤性状のばらつきの影響が少なく、原位置での地盤の強度評価が可能となり、地盤の改良効果を評価する上で適している。本報では、臨海地区液状化対策工事にて同手法を用いた現地調査の適用結果を示す。

2. 工事概要

本工事は、臨海地区プラント施設の液状化対策工事である。対象地盤はばらつきの大きい埋立地盤で、改良範囲 (GL-2~11m) に粘土層および細粒分含有率が 40% を超える層が介在し、貝殻等も多く混入する。地下水位は GL-2.0m 付近で、塩分濃度は 500~1200ppm と海水の影響は少ない。供用中の施設周辺および既設構造物直下の地盤改良となるため、本工事には恒久型薬液を用いた低圧浸透注入による薬液注入工法 (ハイグリップグラウト工法 (NETIS:CB-180028-A)) が採用されている。土質柱状図を図 1 に、本工事の改良仕様を表 1 に示す。

恒久型薬液は、特殊シリカ液を使用する。本工事の目標改良強度は $q_{\text{uck}}=100\text{kPa}$ 、現地土を用いた事前の配合試験より薬液シリカ濃度は 9wt% である。特殊シリカ液は、水ガラスを原料とした薬液で、砂粒子間に付着することで砂粒子同士を結合し、長期に渡る液状化防止効果を発揮する。既往の研究¹⁾では、地盤や地下水と比べ、注入後の固化過程で薬液ホモゲルの組織が密になっていき電気を通しやすい性質を有している。

3. 調査方法

本調査は、小型動的コーン貫入試験と電気検層を併用した原位置試験である。先端コーン上部に電極プローブ (写真 1) を装着した小型動的コーン貫入試験を所定深度まで実施し、ロッド引抜き時に電極プローブを孔壁に接触させ電気比抵抗を連続的に測定し、 N_d 値および電気比抵抗 $R (\Omega \cdot \text{m})$ の改良前後の変化により改良効果を判定する。

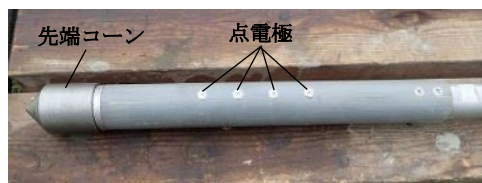


写真 1 電極プローブ (一体型)

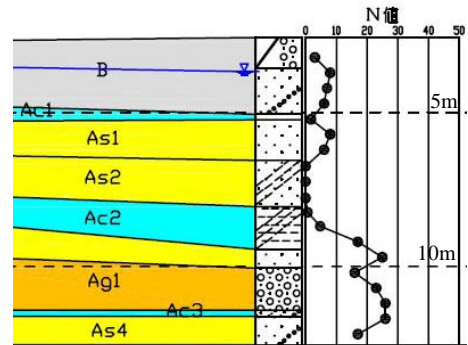
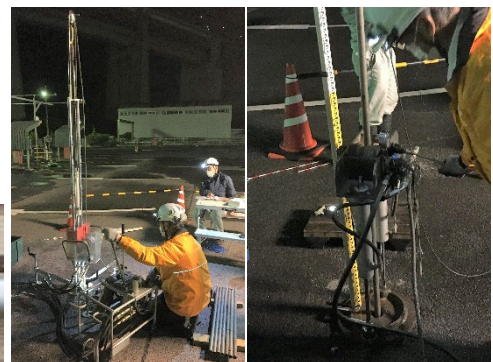


図 1 対象地盤柱状図

表 1 改良仕様

改良範囲	1,710m ²
改良土量	11,105m ³
改良深度	GL -2~11m
改良注入率	36%
改良強度	$q_{\text{uck}}=100\text{kPa}$
使用薬液	特殊シリカ液 9wt%
施工条件	夜間施工 (17時~翌5時)



小型動的コーン貫入試験

電気検層

写真 2 測定状況

キーワード 薬液注入工法, 電気検層, 液状化, 原位置試験

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-9-1 RBM 東八重洲ビル 戸田建設(株) 技術研究所 TEL 03-3535-2641

4. 測定結果

図2に測定結果の一例を示す。動的コーンから得られる改良前後の N_d 値の増加分 (ΔN_d 値) と一軸圧縮強さ q_u には相関があり q_u の推定式として以下の式が提案されている²⁾。本調査から得られた N_d 値増加分から本式より推定 q_u を算定し、改良効果確認を行った。また、電気検層から得られる電気比抵抗値 R が改良前と比較して小さいことを確認することで、地盤への薬液浸透がされていることが判断できる。

$$q_u = f(F_c) \times \Delta N_d$$

F_c : 細粒分含有率

$f(F_c)$: 細粒分含有率に応じた係数

$F_c < 25\%$ の時, $f(F_c) = 20 + F_c \times 1.2$, $F_c \geq 25\%$ の時, $f(F_c) = 50$

ΔN_d : N_d 値の増加分

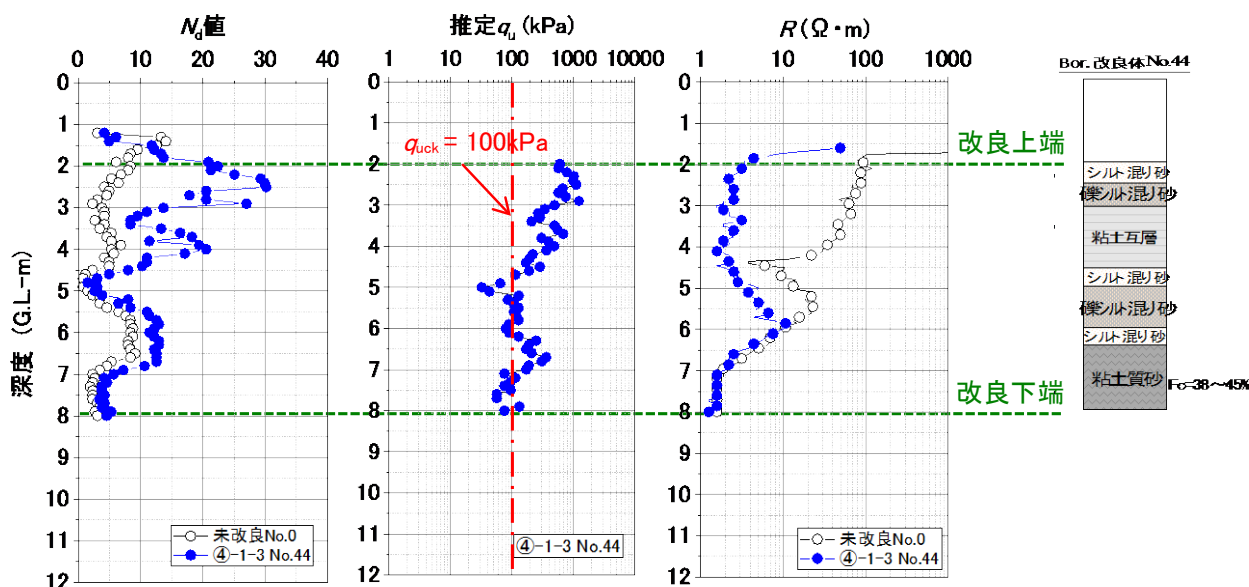


図2 動的コーン・電気検層測定結果の一例

図2より、改良範囲では、改良前と比較し改良後の N_d 値が概ね増加していることがわかる。改良範囲の強度は、改良層（上層 GL-2m～5m）の平均値：推定 $q_u=480\text{kPa}$ 、改良層（中層 GL-5m～8m）の平均値：推定 $q_u=130\text{kPa}$ である。改良前後の電気比抵抗 R は、GL-2m～6m にて低下が確認され、薬液が地盤に注入されていることがわかる。一方、GL-6m～8m では、改良前後でほとんど差が無い。これは、地層構成に示すように $F_c=38\sim45\%$ の粘土分の多く含む層による影響により、電気比抵抗 R の低下が小さくなったものと考えられるが、 N_d 値の増加分により目標改良強度 $q_{\text{uck}}=100\text{kPa}$ を概ね満足すると評価できる。

5. まとめ

当該地盤の事前・事後調査では、①ボーリングによる試料採取率が75%以上に満たない箇所がある、②粘土、貝殻等が多く混入することから、試料採取時の乱れの影響を多く受け、貝殻片、礫の混入により改良体試料の一軸圧縮試験は困難であった。また、シリカ含有量試験も埋立地盤の不均一性により改良前後のシリカ含有量増分の把握が難しく、原位置の改良効果を正しく評価することが困難であった。本調査により、動的コーンと電気検層による複合探査は、地盤性状のばらつきの大い埋立地盤においても、改良前後の地盤特性の変化を明確に捉えることが可能であり、 N_d 値の増加分と電気比抵抗 R を評価することで改良効果を定量的に推定、評価できる原位置試験として有効であることが確認された。

参考文献

- ・1) 大野康年他；薬液により浸透改良された砂の微視的構造，土木学会第57回年次学術講演会，III-092.
- ・2) (一財)沿岸技術研究センター；浸透固化処理工法技術マニュアル（改訂版），pp.107-109，2020.7.