

電気検層を用いた薬液改良地盤の改良効果確認

—沿岸部埋立地における現地実証試験—

太洋基礎工業（株） 正会員 ○大野康年 伊藤孝芳

岐阜大学 正会員 荻谷敬三 村田芳信 フェロー会員 八嶋 厚

岐阜大学 非会員 花田有紀 山本圭吾

戸田建設（株） 正会員 下坂賢二

1. はじめに

著者らは、薬液注入工法の改良効果確認として、動的コーン貫入試験から得られる N_d 値増分より一次効果確認を行い、 N_d 値のバラツキが大きく改良効果が明瞭に判断できない場合、同孔を用いた電気検層から得られる電気比抵抗変化より二次的改良効果確認を行う手法の開発に取り組んでいる。電気比抵抗については、沿岸域の埋立地等、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¹⁾があるが、著者らは、模型実験を行い、地下水塩分濃度が 5,000~10,000ppm 程度以下であれば電気検層による薬液改良の有無が判断できるという結果を得ている²⁾。本報では、沿岸部埋立地の薬液改良体に電気検層を実施し、同手法の適用性について検討した結果を示す。なお、電気検層は、新たに開発した点電極を用いた押込型マイクロ電気検層²⁾（点電極、2 極法、電極間隔 2.5, 5.0cm）を用いた。

2. 試験概要

試験サイトは、愛知県西尾市一色町の沿岸部埋立地で、地層は、地表面から礫混り砂、砂質シルト、礫混り砂、シルト質細砂が分布する。柱状図と N 値を図 1 に示し、深度毎の粒径加積曲線を図 2 に示す。地下水位は、潮位変動により GL-1.2m~1.4m の範囲にある。地下水の塩分濃度分布を図 3 に示す。地下水塩分濃度は、700~7,400ppm の範囲にあり、電気検層による薬液注入有無の判断可能範囲内にある。薬液改良体の平面・断面図を図 4

に示す。改良体の仕様は、特殊シリカ液濃度 9wt%、注入率 40.5%、目標改良強度 $q_u=100\text{kPa}$ （平均値）である。

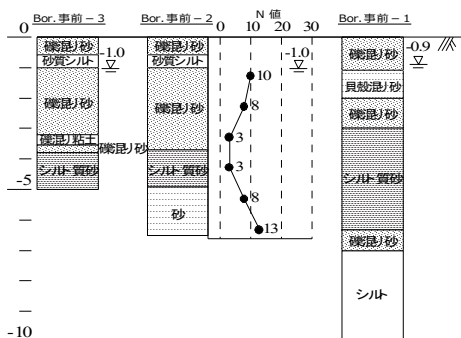
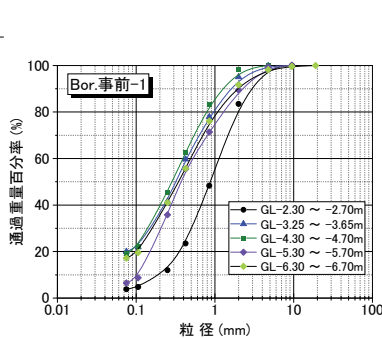
図 1 柱状図と N 値

図 2 粒径加積曲線

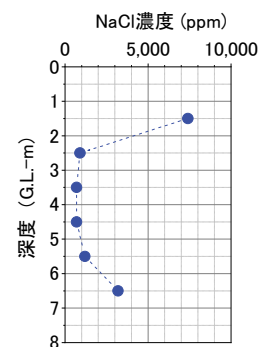


図 3 地下水塩分濃度の深度分布

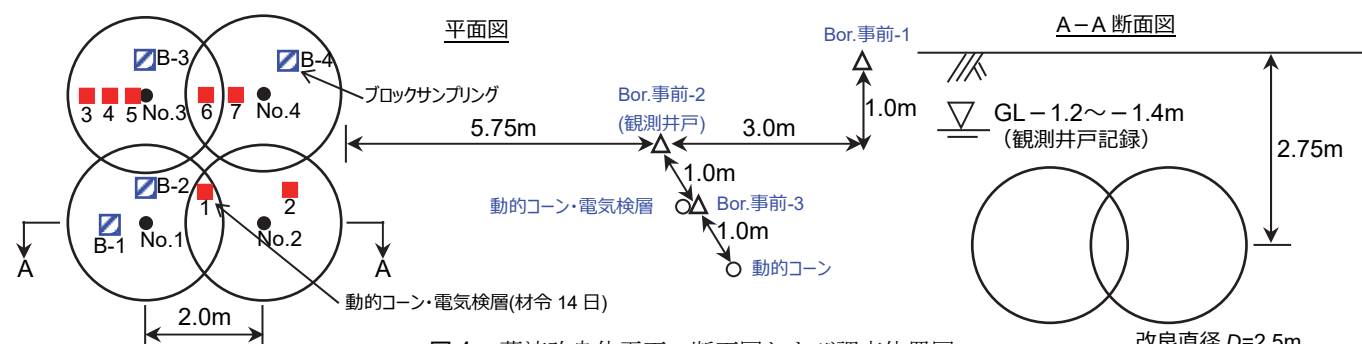


図 4 薬液改良体平面・断面図および調査位置図

キーワード 薬液注入工法, 電気検層, 埋立地, 液状化対策

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

試験は、小型動的コーン試験を実施後、同試験孔を用いて押込型マイクロ電気検層を実施した。写真1に使用した電極プローブ²⁾を示す。また、改良体を発掘し、ブロックサンプリングにて採取した試料について一軸圧縮試験、繰返し三軸試験他を実施した。図4に調査位置を示す。



写真1 電極プローブ²⁾

3. 試験結果

図5に改良体No.3にて小型動的コーン貫入試験より得られた 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。同図は、改良体中心から60cm、100cm位置における結果である。なお、No.4箇所の R 深度分布にてGL-2m、-2.5mおよびGL-4m~-5mにて R が高い値を示しているが、プローブ突起部の摩耗による電極の孔壁へ圧着不良の可能性が高いと考えられる。また、サンプリング試料B-3における改良体の $q_u=50\sim 127\text{kPa}$ 、 $R_{L20}=1.07$ であった。

改良による N_d 値の増分は、改良深度GL-1.75m~-3.75mにて概ね増加が確認されるが、バラツキが大きく、部分的に増加が見られない深度もある。一方、電気比抵抗 R は、改良前が $15\sim 75\Omega\cdot\text{m}$ に対し、改良後は、概ね $3\sim 10\Omega\cdot\text{m}$ と低下し、当該沿岸部埋立地では薬液注入による比抵抗変化が明確に見られた。

図6および図7に現地土砂を用いて実施した室内試験より得られた改良砂の $q_u\sim\text{SiO}_2$ 関係および $R\sim\text{SiO}_2$ 関係を示す。図6より目標改良強度 $q_u=100\text{kPa}$ に相当する SiO_2 濃度は約5wt%となり、図7より $\text{SiO}_2=5\text{wt\%}$ に相当する改良砂の電気比抵抗 R は、 $5\Omega\cdot\text{m}$ 程度となる。この結果に基づいて電気検層より得られた R の深度分布(図5)より改良効果を評価する。No.3、No.5箇所のGL-1.75m~-3.5mでは、 R の平均値が $5\Omega\cdot\text{m}$ 以下となっており、 $q_u\geq 100\text{kPa}$ であると評価できる。これは前述した改良体の q_u および R_{L20} と比較しても概ね妥当である。GL-3.5m~-3.75mでは $10\Omega\cdot\text{m}$ 程度であり $5\Omega\cdot\text{m}$ 以下を満足していないが、GL-3.5m以深に分布する粘性土(図1参照)の影響が考えられる。一方、No.4箇所のGL-1.75m~-3.25mでは、 R の平均値が $7\Omega\cdot\text{m}$ 、GL-3.25m~-3.75mでは $20\Omega\cdot\text{m}$ を超える値となっており、No.3、No.5箇所と比較して大きい値を示す。これは、同箇所の電気比抵抗値が電極間隔2.5cmと5.0cmの測定結果に乖離があること、および、同箇所の N_d 値増分の傾向は、No.3、No.5とさほど変わらないことを考慮すると、前述した電極の孔壁へ圧着不良の可能性が高いと考えられる。これら貫入による電極プローブ突起部の摩耗は今後の課題である。

これは前述した改良体の q_u および R_{L20} と比較しても概ね妥当である。GL-3.5m~-3.75mでは $10\Omega\cdot\text{m}$ 程度であり $5\Omega\cdot\text{m}$ 以下を満足していないが、GL-3.5m以深に分布する粘性土(図1参照)の影響が考えられる。一方、No.4箇所のGL-1.75m~-3.25mでは、 R の平均値が $7\Omega\cdot\text{m}$ 、GL-3.25m~-3.75mでは $20\Omega\cdot\text{m}$ を超える値となっており、No.3、No.5箇所と比較して大きい値を示す。これは、同箇所の電気比抵抗値が電極間隔2.5cmと5.0cmの測定結果に乖離があること、および、同箇所の N_d 値増分の傾向は、No.3、No.5とさほど変わらないことを考慮すると、前述した電極の孔壁へ圧着不良の可能性が高いと考えられる。これら貫入による電極プローブ突起部の摩耗は今後の課題である。

4. まとめ

本研究では、地下水塩分濃度700~7,400ppmの範囲にある臨海部埋立地にて実証試験を実施した結果、薬液注入前後の比抵抗変化が明確に見られた。これは著者らが実施した模型実験結果²⁾と同様な結果であった。また、 $q_u\sim\text{SiO}_2$ 関係、 $R\sim\text{SiO}_2$ 関係に基づき、電気検層より得られる R 分布から改良効果の評価が可能であった。なお、本試験場所の利用に際し、ご協力いただいた愛知県西三河建設事務所の皆様に感謝致します。

参考文献: 1)菅野他: 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所: 港湾空港技術研究所資料 1366, 2020. 2) 大野他: 電気検層を用いた薬液注入工法の出来高確認, 第14回地盤改良シンポジウム論文集, pp.607-614, 2020.

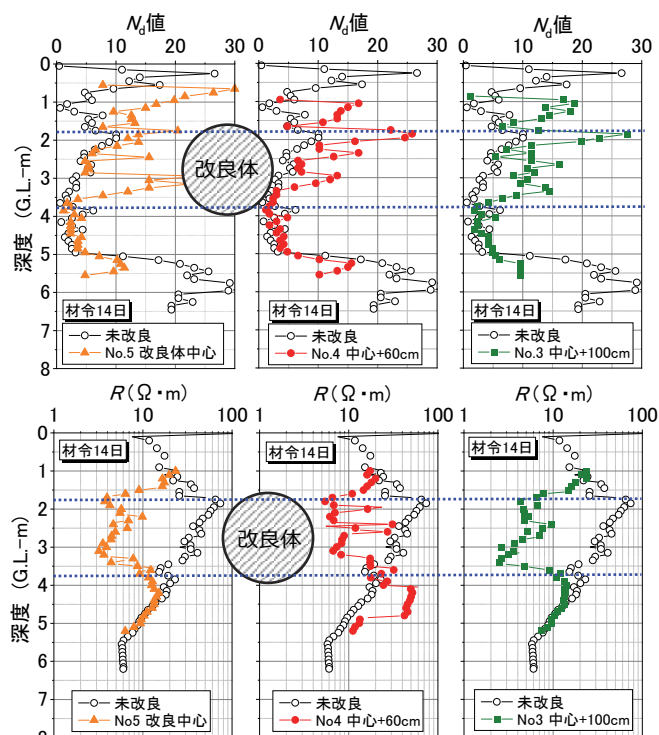


図5 N_d , R の深度分布

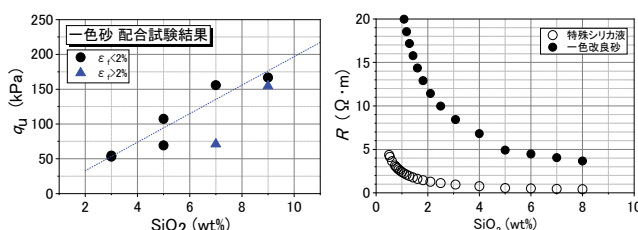


図6 $q_u\sim\text{SiO}_2$ 関係(室内)

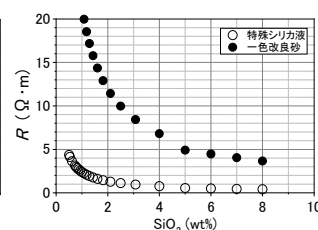


図7 $R\sim\text{SiO}_2$ 関係(室内)