

高圧噴射攪拌改良地盤を対象とした多点針貫入抵抗測定

大成建設 技術センター 正会員 ○小林 真貴子 正会員 藤原 斉郁

大成建設 東京支店 正会員 近藤 達也 正会員 竹谷 純一 正会員 堀口 慧人

1. はじめに

固化改良地盤の品質管理においては、ボーリングコアを用いた一軸圧縮試験による強度評価が一般的であるが、この方法では試料の運搬・切出し・整形等に時間や労力を要したり、採取したコアの亀裂や欠損によっては試験できる供試体の数や位置が限定されたりするのが現状である。これに対し、著者らは一軸圧縮強さ q_u と相関があり、簡易に強度を把握できる針貫入試験に着目し、原位置の孔内で多点針貫入試験を行う装置にて強度分布を把握する方法(T-GeoPenester)を開発した¹⁾。今回、本装置による効率的な測定と強度評価の実用性を確認するために、高圧噴射攪拌工法で改良した地盤を対象に多点針貫入試験を実施した。本報では、まず原位置挿入型針貫入試験装置の概要を説明し、次に現場概要および実施内容を示し、最後に取得した強度データの結果や測定実績についてまとめる。

2. 原位置挿入型針貫入試験装置の概要

針貫入試験(JGS3431-2012)は、試験対象に $\phi 0.84\text{mm}$ のもめん針を 10mm 貫入し、貫入荷重と貫入長さの比から針貫入勾配 N_p を求める試験である。著者らはこの針貫入試験を応用して、図 1 に示すような原位置に設けた孔内で多点データを自動取得する装置²⁾を開発した。装置の特徴を以下にまとめる。

- ・ $\phi 108\text{mm}$ の円柱形貫入装置が測定孔内を降下し、所定の位置にて反力アームで貫入装置を孔壁面に押し付けて固定し、孔壁に向けて針貫入を行う。
- ・ 貫入速度は試験基準に準拠して $20\text{mm}/\text{min}$ で変位制御し、ロードセルで貫入過程の荷重推移を測定することができる。
- ・ 貫入針の上部には CCD カメラを搭載しており、貫入状況や孔壁の様子を PC 上でリアルタイムに確認できる。
- ・ タッチパネル上で測定深度や間隔等の条件を設定後は全自動で針貫入試験を行うため、人が常駐する必要がなく省人化が可能である。
- ・ 写真 1 のように装置本体と台車を一体化することで、一人での運搬・設置が可能である。また、汎用バッテリー駆動での終日測定が可能であり、AC 電源への接続作業を省力化できる。

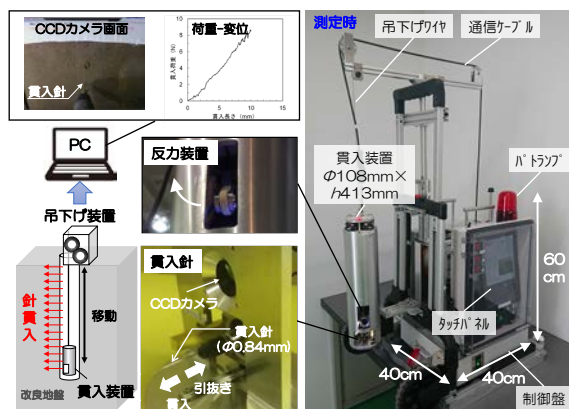


図 1 装置の構造および測定方法

3. 現場概要

測定対象は、耐震補強を目的とした跨線橋更新工事で地耐力向上のために高圧噴射攪拌改良工法(V-JET 工法)を実施した改良地盤である。当該地盤の土質構成は、表層から埋土層(層厚 1.5m)、シルト層(以下 Ac 層、層厚 1.2m , $N=1$)、シルト混じり砂層(以下 As 層、層厚 2.2m , $4 \leq N \leq 10$)、砂質シルト層(以下 Ac-s 層、層厚 1.5m , $7 \leq N \leq 13$)であり、本工事では埋土層下の Ac 層から Ac-s 層までの層厚 4.8m の区間に直径 2.0m の改良体を改良率 78.5% で合計 64 体造成する。目標強度は 1MPa である。

4. 実施内容

- ① 測定対象とした改良体に対し、改良体中心から 500mm の位置にて $\phi 110\text{mm}$ のコ



写真 1 移動時の様子

キーワード 高圧噴射攪拌, 針貫入試験, 品質管理, 原位置

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7221

アボーリングを行い、コア試料の採取と測定孔の造成を行う。

- ② 材齢 28 日で孔内水位が浅い地盤改良区間(G.L.-2.0m~4.3m)において、深度方向に 2cm 間隔の設定条件にて自動で原位置針貫入試験を行う (写真 2)。
- ③ 採取したコア試料から深度方向に約 500mm の間隔で $\phi 110\text{mm} \times h100\text{mm}$ 供試体を 5 体抽出し、材齢 64 日に外周部で等間隔に 25 点の針貫入試験を行った後、外周部をトリミングして直径 50mm の供試体として一軸圧縮試験を行い、取得した N_p と q_u に基づき相関式を求める。
- ④ 上記以外の箇所から高さ 100mm の供試体を 8 体抽出し、 $\phi 50\text{mm}$ に整形して一軸圧縮試験を行い、②で取得した原位置針貫入試験結果と比較する。



写真 2 原位置測定の様子

5. 測定結果

図 2 a)に原位置で測定した針貫入抵抗 N_p を、b)に N_p から q_u に換算した深度分布および一軸圧縮試験の結果を示す。今回、 q_u 換算式の選定においては、前述の実施内容③にて算出した相関式(1)($\log(q_u) = 0.602 \cdot \log(N_p) + 2.785$)と汎用相関式(2)($\log(q_u) = 0.978 \cdot \log(N_p) + 2.621$)²⁾による換算結果を比較し、実測 q_u と換算 q_u の相対誤差が小さい式(1)を採用した。その結果、いずれの深度においても換算 q_u は目標強度を上回っており弱部のような箇所は確認されなかったものの、As 層部の方がばらつく傾向を示していた。写真 3 に測定に並行して CCD カメラで撮影した a)Ac 層部および b)As 層部の孔壁の様子を示すが、As 層部において 1~3cm 大の黒土が点在する様子が確認され、この影響が考えられた。なお、換算 q_u と実測 q_u の深度方向の分布傾向は材齢の違いはあるものの、2 深度で顕著に大きな実測 q_u となったことを除きほぼ整合していた。この 2 深度の供試体については、他の供試体と比べ目視上での違いは見られなかったものの乾燥密度が大きかったことが判明しており、局所的にセメント量が多くなるなどの影響があった可能性が考えられる。

6. まとめ

今回、現場での全自動測定にて全 115 点の強度データを約 2 時間で取得でき、別途実施した強度結果とも整合していたことから、本装置による原位置測定と強度評価の実用性を確認することができた。一方で、本装置を品質管理用として適用する上では、品質評価上で支障のない限り今回の 2cm ピッチよりも測定間隔を拡げて時間短縮することや、相関式の更なる精度向上などの課題が残ると考える。今後は、引き続き様々な工法で造成した改良地盤を対象に測定データを蓄積し、合理的な品質管理手法を構築したい。

<謝辞>本調査に際しては、渋谷区の関係者の方々にご支援頂きました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>1)小林ら:原位置固化改良地盤を対象とした多点針貫入抵抗測定の高効率化に関する検討, 土木学会第 77 回年次学術講演会, VI-988, 2022. 2) 丸東製作所: 軟岩ペネトロ計 SH-70, <https://www.rex-rental.jp/large/140/middle/080/product/20109> (2023.03.07 アクセス)

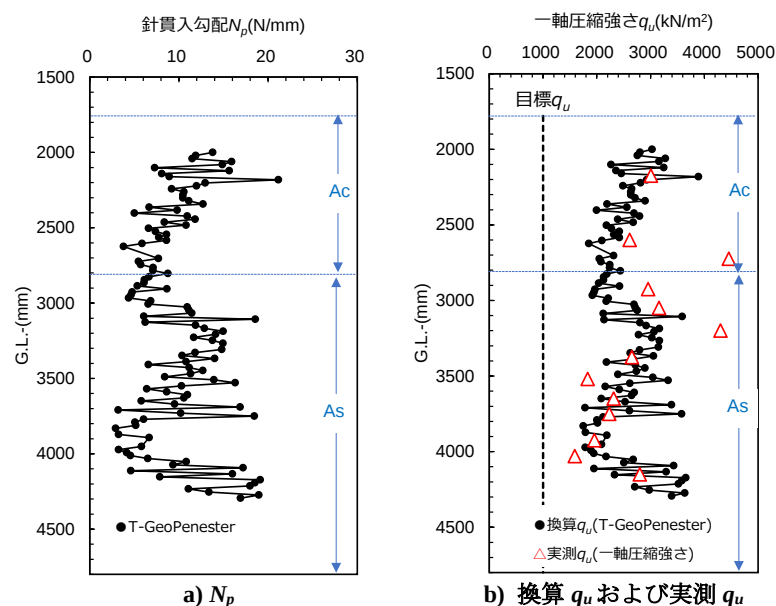


図 2 N_p および q_u の深度分布

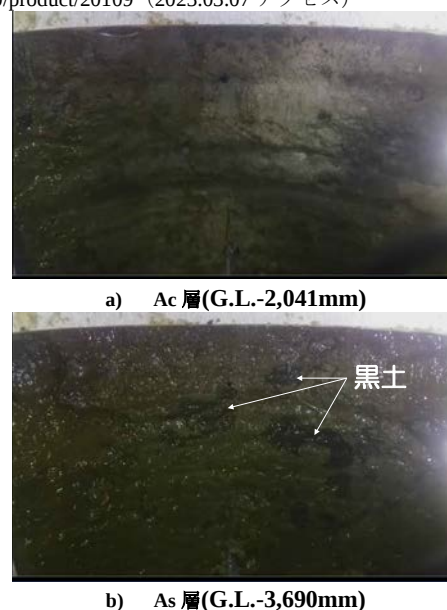


写真 3 CCD カメラの映像