

セメント改良土を対象とした原位置針貫入抵抗測定を試み

大成建設 技術センター 正会員 ○小林 真貴子 石井 裕泰 藤原 斉郁
フェロー 青木 智幸
東京工業大学 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

セメント改良土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り、例えば深層混合処理工法の品質管理基準¹⁾に示された評価・判定法において、供試体本数については、「改良体 500 本未満では改良体 3 本について各々 3 供試体×3 深度の合計 27 供試体を取得、250 本増えるごとに改良体 1 本分の 9 供試体を追加」するとしている。一方、より多くの強度データを取得し、統計的な分析を含めて事後検証にあたることで設計・施工の合理化・最適化を期待できるが、一軸圧縮試験を単に増量するだけではそのまま労力と費用の増加につながる。そこで、代替法の提供が望まれると考え、著者らは一軸圧縮強さとの相関性により強度を把握する針貫入試験に着目し、別報²⁾では一軸圧縮強さを求める換算法に関する検討を報告している。本報では針貫入抵抗を効率的に測定する装置の開発に向け、考案した原位置測定装置を紹介するとともに、測定機能・効率および精度確認を目的とした室内検証実験を報告する。

2. 原位置針貫入抵抗測定装置

針貫入試験とは、軟岩やセメント改良土に針を貫入し、その貫入荷重を貫入長さで除した貫入抵抗を求めるもので、「JGS3431-2012 針貫入試験方法」にて基準化されている。測定形態としては図 1 に示すように、i) 現地盤やコア箱に置かれた試料を対象に手作業で測定し、ばね式荷重計で抵抗値を特定する「携行型」、ii) 既定の貫入速度で機械的に貫入しロードセルで抵抗値を特定する「机上型」に大別される。前者については迅速に測定が行える点、後者については信頼度の高いデータが得られる点が長所となる。

著者らは、上記 2 形態をそのまま転用するだけでは先述の代替法の提供にはつながらないと考え、第三の形態の考案にあたった。その結果、図 2 左図に示すような手順にて、孔壁に対して「机上型」に見合う制御で測定にあたる「原位置挿入型」に着想を得て、図 2 右に示すような円柱形の試作機（直径 108mm、高さ 443mm）を製作した。ここで、

孔壁での測定のための対処として、1) 針貫入時にはアームを出して孔壁から反力を取り、装置を固定する機構を付与し、2) 貫入状況を監視するための CCD カメラを搭載し、3) 多方向に貫入を行うための方向制御用の回転ホイールを装備している。こうした「原位置挿入型」が実現できれば、測定作業の迅速性と測定値の信頼度を両立できるものと考えられる。

3. 室内検証実験

測定機能・効率および測定精度を確認するため、室内検証実験として以下 2 つの測定にあたった。イ) ボイド管($\phi=300\text{mm}$, $h=1000\text{mm}$)内にセメント改良土と模擬調査孔($\phi=114\text{mm}$)を用意して、25(深度)×4(測点/深度)=100 測点での測定(図 3)、ロ) 上記と同一試料で作製した 2 供試体(ϕ

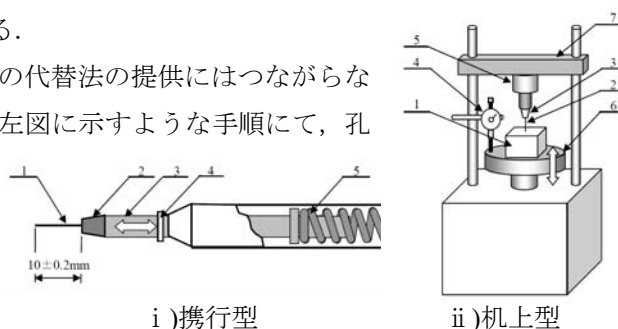


図 1 針貫入試験装置

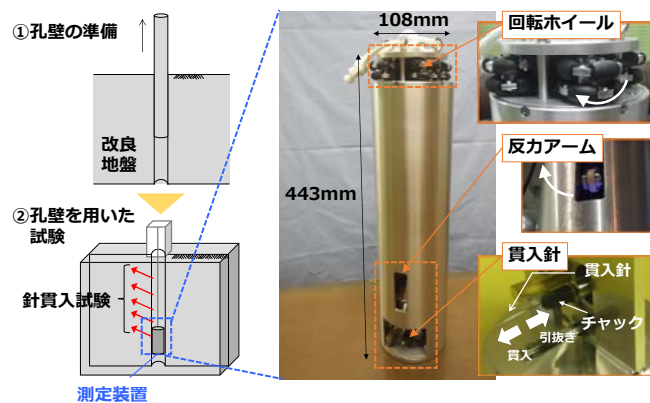


図 2 原位置測定方法の概念図および測定装置

キーワード 改良土, 貫入試験, 一軸圧縮強さ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7217

100mm×h120mm)を対象に机上型試験機にて各々の供試体で25測点の測定(図4)。

測定機能・効率については、上記イ)を通してPC画面上での貫入状況確認(図5)、反力アームによる装置の固定、ホイールによる任意方向への回転が正常に稼働し、今回準備した模擬調査孔に対しては良好な動作性を確認した。また、1測点あたり1.2分の作業時間で測定でき、別報2)に準じて1試料の一軸圧縮強さを推定するのに25点の測定を行うとすれば、30分で結果を得られることを確認した。測定精度については、上記イ)、ロ)を通して得たデータで以下のように考察した。まず、貫入荷重～貫入長さ関係の例は、a)原位置挿入型およびb)机上型試験機で図6のようになった。前者では、貫入抵抗上下変動が目立つこと、測定初期で非線形的な傾向が見られる点で、固定・貫入機構に改善の余地を見る。そうした前提ながら、次に各々の測定値から貫入長さ10mm時点で特定する針貫入抵抗(=貫入荷重/貫入量)を算定し、図7のように頻度分布にまとめた。ここで、原位置挿入型の一部データは模擬地盤製作時に混入した気泡による空隙やくぼみを貫入していたことをCCD映像にて確認したため、本図では除外し、縦軸は頻度を全測定数で除した密度分布で表記している。

図7より以下のことが言える。

- I. 原位置挿入型は針貫入抵抗が小さい測点の割合が多く、机上型に比べて変動係数が大きい傾向を示した。
- II. 原位置挿入型の一部過小な点を除いては、両者の分布幅は同程度であり平均値も同等であった。

原位置挿入型の一部過小な点については、CCD映像では確認できない孔壁内面の空隙やくぼみを貫入したことが一因として考えられるが、上記I、IIを通して測定装置や対象供試体の違いによる実験誤差も考慮すると、原位置挿入型は机上型と大きな乖離なく対象地盤の強度を把握できたと考えられる。

4. まとめ

一連の検討を通しては原位置装置にて机上型と概ね同等の強度を効率的に把握できる見通しを得るとともに、測定機構については細部に改良余地を確認した。引き続き別報²⁾による推定方法の検討と合わせて、一軸圧縮試験の代替法の実現に向けた検討を進めていく所存である。

＜謝辞＞本取り組みは、一般財団法人国土技術研究センターの研究開発助成(2017年度募集)を受けて実施したものである。記して謝意を表す。

＜参考文献＞1)土木研究センター：陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版，2008。2)小林ら：針貫入抵抗による一軸圧縮強さの推定方法に関する考察(その1:多点測定による精度向上の可能性)，第54回地盤工学研究発表会，2019(投稿中)。

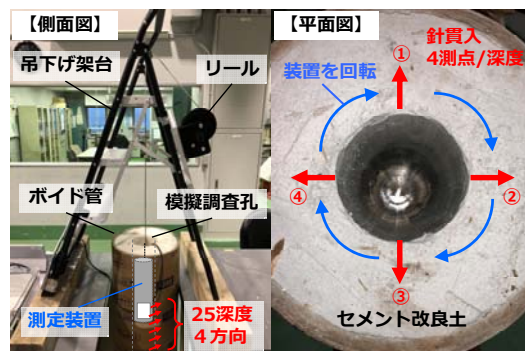


図3 検証実験の様子

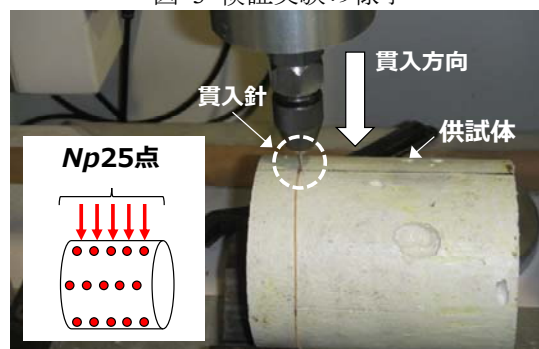


図4 机上型試験機による針貫入試験



図5 測定時の映像確認(PC画面上)

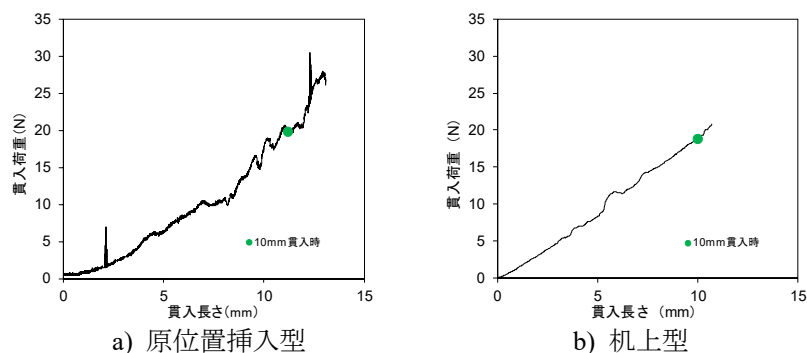


図6 貫入荷重と貫入長さの測定例

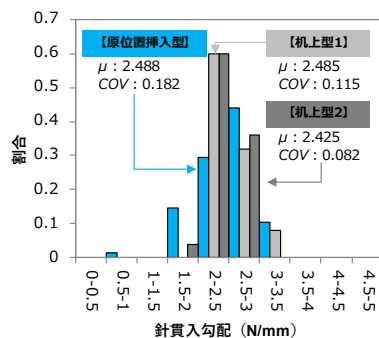


図7 各測定結果の頻度分布