

ソイルセメント H 形鋼杭の実大鉛直載荷試験（その1：引抜き試験）

株式会社大林組 正会員 ○白子 将則
 愛知工業大学 正会員 渡邊 康司
 株式会社大林組 正会員 村上 賢治
 東日本旅客鉄道 正会員 滝沢 聡

1. はじめに

「e-コラム工法」は、鉄道のプラットホーム上やホーム床版下などの狭隘地や空頭制限下においても施工可能なコンパクトかつ削孔能力の高い機械攪拌式地盤改良工法で、過去に場所打ち杭の孔壁防護工や土留め工の親杭などで実績がある。本工法は、N値50以上の地層も削孔でき、支持杭への適用も可能である。今回、本設のホーム支持杭に e-コラム工法により施工したソイルセメント鋼杭（以下、e-コラム杭と称す）を初めて採用することとなったため、e-コラム杭の押込み、引抜き支持力および水平抵抗力¹⁾を確認し、ホーム支持杭としての性能を十分に満足することを実証する目的で表-1に示す項目の載荷試験を行った。本稿では、引抜き試験（試験杭⑤）結果について報告する。試験杭①～④の押込み載荷試験の結果については、別稿²⁾に示す。

表-1 試験項目と杭の仕様

杭 No.	試験項目	先端形状	改良径	芯材
試験杭①	押込み ²⁾ 、水平載荷 ¹⁾	JR 東仕様	750mm	H-400*400 (SM490)
試験杭②	押込み ²⁾	JR 東仕様		
試験杭③	押込み ²⁾	大林新案		
試験杭④	押込み ²⁾	補強無し		
試験杭⑤	引抜き、水平載荷 ¹⁾	JR 東仕様		

2. 載荷試験方法

試験杭①～⑤および反力杭①～④は、鉛直載荷試験（押込み、引抜き、水平載荷）の各影響範囲を外した位置に配置した（図-1）。

鉛直載荷試験時の変位計の設置位置を図-2に示す。先端部における鉛直変位量の測定は、ガス管25Aを外管、ガス管10Aを内管とする二重管構造とすることで、先端部の鉛直変位量を地上部で内管の変位量として計測できる。載荷試験時に生じる試験杭のひずみは、図-2に示す所定の位置（深度および断面配置）に設置したひずみゲージにより測定した。

鉛直載荷試験は、杭の鉛直載荷試験方法・同解説³⁾に準拠し、片押し段階載荷・多サイクル方式とした。

3. 載荷試験結果

図-3 a) に載荷荷重および杭頭部と先端の変位関係を示す。最大荷重は、本設ホーム支持杭の設計極限引抜き力（1068kN）を上回り、最大変位は

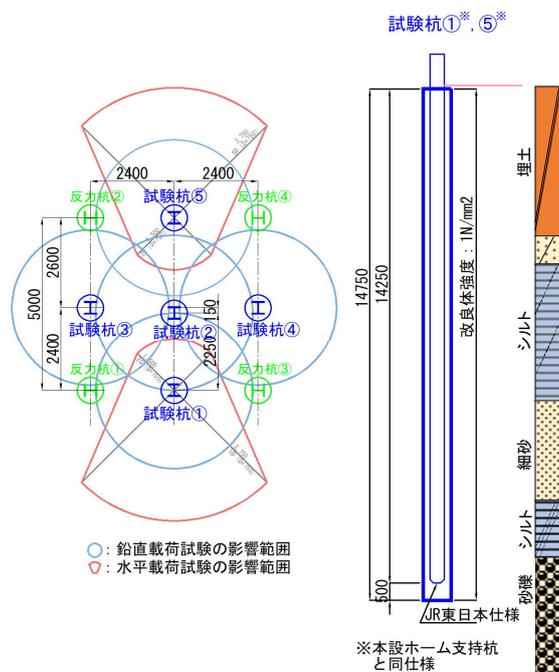


図-1 試験杭の配置および仕様

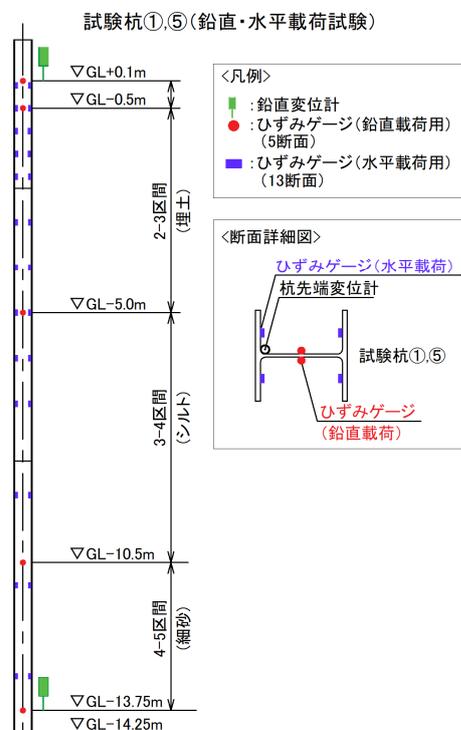


図-2 計測器設置位置図

キーワード ソイルセメント杭、鉛直載荷試験、機械攪拌式地盤改良工法
 連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 大林組土木本部生産技術本部設計第四部
 TEL: 03-5769-1308

杭頭 54 mm、先端 52mm となった。軸力は、H 形鋼とソイルセメントの複合断面として、測定された H 形鋼のひずみに鋼材の弾性係数および断面積、ソイルセメントの変形係数および断面積を乗じて、鋼材とソイルセメントの軸力を加算して算出した。

$$P_i = \varepsilon_s \cdot E_s \cdot A_s + \varepsilon_s \cdot E_{50} \cdot A_{sc} \quad \dots\dots \text{式 (1)}$$

ε_s : 鋼材のひずみ E_s : 鋼材の弾性係数

A_s : 鋼材の断面積 E_{50} : ソイルセメントの変形係数

A_{sc} : ソイルセメントの断面積

図-3 b) に各区間の周面摩擦力度と区間変位の関係を示す。周面摩擦力度は、式 (1) より算出された各深度 (図-2) の軸力から各区間の軸力差を算出し、各区間の周面積で除して算出した。ここで、周面積はソイルセメント改良体径を用いた。また、同図中には鉄道標準⁴⁾に示される場所打ち杭 (自然泥水掘削) の地盤抵抗モデルを示している。

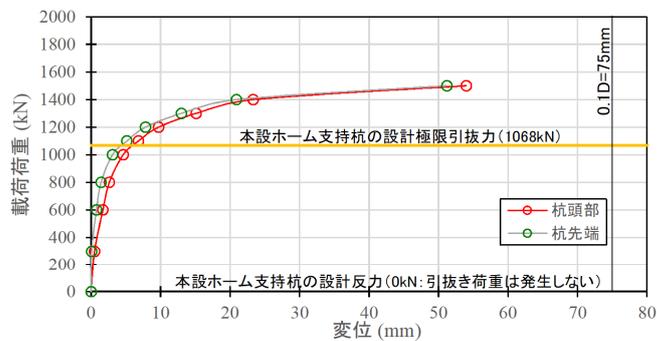
本載荷試験で得られた 2-3 区間、3-4 区間の周面摩擦力度の値は、鉄道標準⁴⁾に示される場所打ち杭 (自然泥水掘削) の地盤抵抗モデルを上回っている。しかしながら、先端に近い 4-5 区間において、場所打ち杭 (自然泥水掘削) の地盤抵抗モデルの値を下回っている。本実験における試験杭は礫層を掘削することから、掘削に想定以上の時間を要した場合のソイルセメント硬化による芯材高止まりリスクを回避するため、通常の施工方法に加えてベントナイト泥水による先行掘削を追加するステップにて施工した (図-4)。そのため、先行掘削時に形成されたマッドケーキがセメントミルク攪拌時に完全に除去できなかったことが影響し、場所打ち杭 (自然泥水掘削) の地盤抵抗モデルの値を下回ったと考えられる。そこで、鉄道標準⁴⁾に示される場所打ち杭 (安定液掘削) の地盤抵抗モデル (図中、緑色一点鎖線) と比較すると本試験で得られた値は、地盤抵抗モデルを上回っている。

4. まとめ

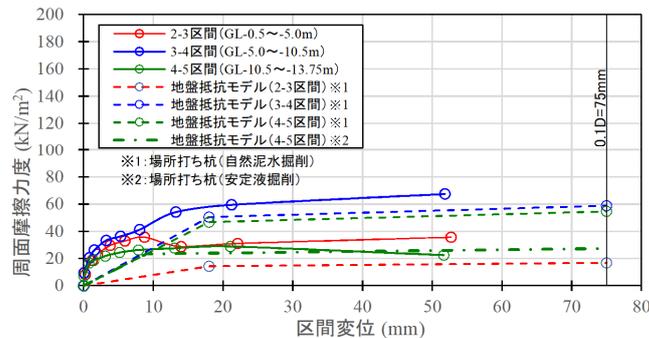
e-コラム杭の周面摩擦力度は、基本的に鉄道標準⁴⁾に示される場所打ち杭 (自然泥水掘削) の評価式を適用できると考えられる。しかしながら、先行掘削を実施した際に形成されたマッドケーキをセメントミルク攪拌時に除去できなかった場合には、場所打ち杭 (安定液掘削) の周面摩擦力度の評価式と同程度となることも分かった。今後は、先行掘削を実施する際には、先行掘削時のビット径をセメントミルク注入・攪拌時のビット径より一回り小さくするなどの対策により、マッドケーキを確実に除去することで場所打ち杭 (自然泥水掘削) の評価式を適用することが可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 渡邊ほか (2020), ソイルセメント H 形鋼杭の実大水平載荷試験, 第 55 回地盤工学研究発表会 (投稿中)。
- 2) 村上ほか (2020), ソイルセメント H 形鋼杭の実大鉛直載荷試験 (その 2 : 押し込み試験), 第 75 回土木学会年次学術講演会 (投稿中)。
- 3) 地盤工学会 (2002) : 杭の鉛直載荷試験基準・同解説。
- 4) 鉄道総合技術研究所編 (2012) : 鉄道構造物等設計標準・同解説 (基礎構造物)。

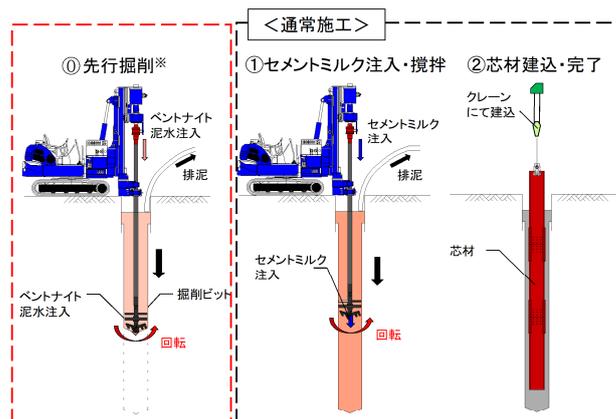


a) 載荷荷重～変位関係



b) 周面摩擦力度～変位関係

図-3 試験結果 (試験杭⑤)



※礫層等の掘削、深度が深い、作業時間が短い等の理由で掘削に時間を要する場合には、ソイルセメントの硬化による芯材高止まりのリスクを回避するため、ベントナイト泥水による先行掘削を実施する。

図-4 杭の施工ステップ