

地盤改良工法を利用した工事桁支持杭の支持力性能

JR 東日本 正会員 ○西川 晃司
JR 東日本 正会員 鈴木 啓晋

1. はじめに

鉄道工事で営業線近傍を施工の際、軌道への影響を避けるため工事桁を架設する手法が採られている。現状では、工事桁を支持する仮橋台・仮橋脚には鋼管杭が多く採用されているが、施工性向上、工事費縮減を図るため、既往の地盤改良工法での改良体に H 形鋼を芯材とした工事桁支持杭（以下、地盤改良杭と表記）を開発することとした。地盤改良杭を工事桁支持杭に適用するための検討の中から、ここでは実大杭の鉛直載荷試験結果について報告する。

2. 地盤改良杭の概要

当地盤改良杭は、既往の地盤改良工法の中から機械攪拌・高圧噴射併用工法を用いて、噴射した固化材スラリーにより造成した改良体の中に、芯材として H 形鋼を建込み構築するものである。改良は、固化材スラリーを改良ビットおよび攪拌翼先端から噴出させるとともに機械攪拌することでソイルセメント改良体を造成するもので、以下の3項目を目標として設定した。

- (1) 硬質な地盤でも改良速度が著しく下がることはなく、夜間短時間の間合いで施工が可能となる。
- (2) 鋼管杭に比べてコスト、工期の短縮を図る。
- (3) 改良径で支持力を確保し、杭長の短縮を図る。

(3)について、既往のモルタル等で根巻きをした H 形鋼杭においては、支持力は H 形鋼外周の矩形で換算した断面での計算例が見られるが、本開発では、図 1 に示す補強鉄筋の配置により H 形鋼と改良体の付着性能を高め、杭径によって先端および周面支持力を確保し、支持能力の向上を図ることとした。

これまでに実施した付着力確認試験および施工性確認試験において、地盤改良体と芯材の付着性能について補強鉄筋の効果を確認した一方、地盤改良体の造成方法に検討の余地を残す結果となっていた¹⁾。

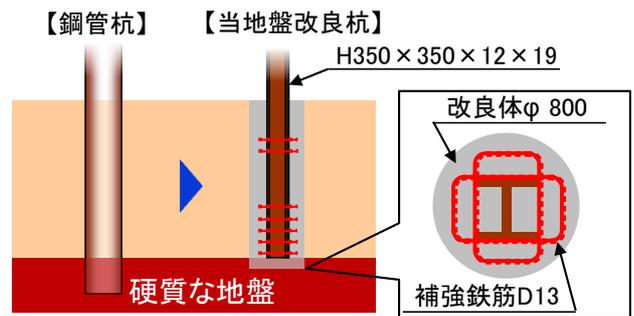


図 1 地盤改良杭の補強鉄筋配置

3. 試験杭の構築

鉛直載荷試験に当たっての杭の構築手法について記述する。図1に示す改良体径とH形鋼の仕様により杭長9.0m (No.1杭)と杭長11.5m(No.2杭)の2本を構築した。これは、支持層の違いによる支持能力の際を考察するために設定したものである。補強鉄筋は先端に5段/mに配置をし、中間部には1.5m間隔に2段の配置をした。補強鉄筋を5段/mに配置した場合、補強鉄筋を設けないものと比較し、6倍以上の付着性能が過去の試験において確認されている。また、過去の試験においては、改良体造成時に改良ビットへの土塊の固着による作業効率の低下、および改良体造成において地盤の未改良部が残ったため芯材建込みに時間を要することを確認している。そのため、改良ビットの種類・形状や、土塊を固着させないスラリー噴射方法について改善が必要となっていた。今回の各杭構築時における地盤改良体造成時スラリーの噴出仕様と芯材建込み時の挿入性を表1に示す。

表1 杭構築時のスラリー噴射仕様と芯材挿入性

	No.1杭	No.2杭
貫入時	低圧&高圧 スラリー噴射	低圧&高圧 清水噴射
造成時	高圧スラリー噴射	高圧スラリー噴射
芯材挿入性	△ (パイプロ使用)	○ (自沈により施工)

施工の結果、No.1杭では先端ビットへの土塊固着の発生および改良体の流動性が低いために芯材の建込み時におけるパイプロの必要が生じた。原因の一つとして改良体の固化の進行が早かったことが考えられる。これは、No.1杭の改良体造成時にスラリーが過剰に噴射されているためと考えられたことから、No.2杭では貫入時に清水噴射を

施工の結果、No.1杭では先端ビットへの土塊固着の発生および改良体の流動性が低いために芯材の建込み時におけるパイプロの必要が生じた。原因の一つとして改良体の固化の進行が早かったことが考えられる。これは、No.1杭の改良体造成時にスラリーが過剰に噴射されているためと考えられたことから、No.2杭では貫入時に清水噴射を

行うこととした。その結果、貫入速度は各層において計画サイクルタイム通りとなった。また、改良体の流動性もよく、芯材も自沈での建込みが可能であり、建込みに要する時間も短縮された。

4. 鉛直載荷試験

構築した地盤改良杭の支持力性能を確認するため実施した、鉛直載荷試験の内容を記述する。計測内容は載荷荷重と杭頭、杭先端の鉛直変位およびH形鋼芯材の軸方向ひずみとし、鉛直変位が杭径の1/10に達した際に載荷を打ち切った。

載荷荷重～杭体変位関係の結果を図2、図3に示す。No.1杭、No.2杭ともに、極限支持力が改良体全断面積を有効とした、鉄道構造物等設計標準での場所打ち杭の支持力式から算定した設計鉛直支持力を上回っていることが確認できる。また、芯材の軸方向ひずみより算出したNo.2杭の、先端支持力と周面支持力の分担状況を図4に示す。極限支持力である5500kN時において、周面支持力は最大周面支持力を下回るものの、3000kN～5000kNの範囲では、最大周面支持力を上回る計算結果となっており、設計鉛直力を支持できることがわかる。

なおNo.1杭の芯材建込時にバイブロによる圧入を実施したことから、補強鉄筋の折損とそれに伴う改良体と芯材の付着性能の低下が懸念されたが、改良体天端での杭頭変位量と、芯材先端での変位量が同程度の値を示したことから、両者は一体挙動を示していることが推測できた。

更に、載荷試験後、杭頭部を掘削し出来形確認を行ったところ、No.1杭で改良径1100mm～1200mm、No.2杭で改良径1400mmであることおよび、表面での脆弱部が見られないことを確認した。また、改良体全長から採取したコアの圧縮強度試験を実施し、いずれも設計値(粘性土0.5N/mm²、砂質土3.0kN/mm²)以上であることを確認した。

試験において、設計鉛直支持力を大きく上回る極限支持力を得たことは、改良が設計径800mmを上回る径で施工されたことも一つの要因と考えられる。参考としてNo.2杭の極限荷重5500kN時における基準先端支持力について、試験値から算出した値と、支持力式による値を比較すると、前者の4300kNに対し後者の値は改良径約1400mmとして算出した値と同程度となった。

5. まとめ

鉛直載荷試験により、当地盤改良杭が改良体全断面を有効とした設計鉛直支持力を上回る支持力を確保できることを確認した。引き続き鉄道工事特有の環境下における施工性について検討を重ね、工事桁支持杭としての実用性を確認していく予定である。

参考文献

- 1) 西川晃司, 鈴木啓晋: 地盤改良工法を利用した工事桁支持杭の開発, 土木学会関東支部第41回技術研究発表会, 2014

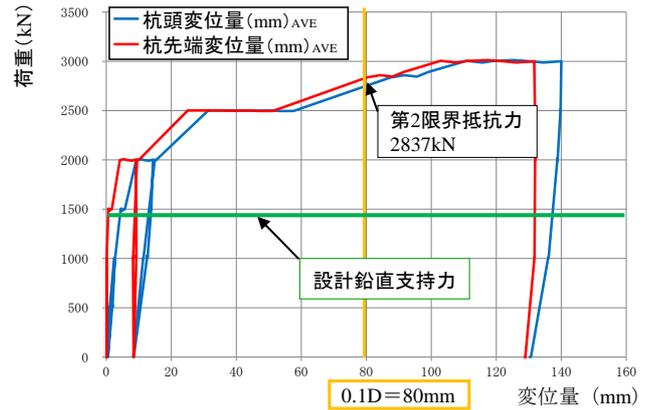


図2 載荷荷重～杭体変位関係 (No. 1 杭)

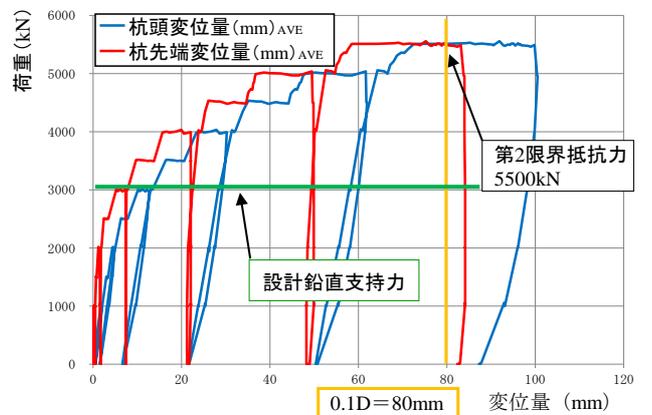


図3 載荷荷重～杭体変位関係 (No. 2 杭)

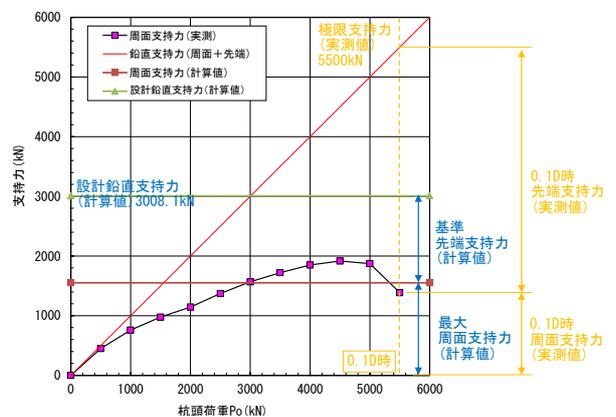


図4 支持力分担状況の推移 (No. 2 杭)