

地盤改良工法を利用した工事桁支持杭の開発

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○西川 晃司
JR 東日本 東京工事事務所 正会員 鈴木 啓晋

1. 概要

鉄道工事において、営業線近傍や軌道下を工事する場合、工事桁を架設し軌道への影響を避ける手法が多く採られている。その際、工事桁を支持する仮橋台・仮橋脚の基礎杭には、鋼管杭が多く採用されている。

しかしながら鋼管杭は、硬質な地盤での打設時間など施工性での課題や、継手を含む鋼管杭の材料によってコストが嵩むという課題があった。

そこで、既往の地盤改良工法での改良体と、芯材としてH形鋼を組み合わせた工事桁支持杭（以下、地盤改良杭と表記）を開発することとした。なお、地盤改良には既往の工法から機械攪拌・高圧噴射併用工法を採用した。ここでは、地盤改良工法を利用した工事桁支持杭検討の中から、地盤改良体と芯材H形鋼との付着力確認試験および、地盤改良性と改良体へのH形鋼挿入性を検証した施工性確認試験結果について報告する。

2. 地盤改良杭の構成

当地盤改良杭は、機械攪拌と噴射した固化材スラリーによって造成された改良体の中に、芯材としてH形鋼を建込んで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先端から低圧で下方に、攪拌翼先端から高圧で改良部の外周方向に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、以下の性能を目指すこととした。

- ・ 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の施工が可能となる。
- ・ 鋼管杭に比べてコスト、工期の短縮を図る。
- ・ 改良径で支持力を確保し、杭長の短縮を図る。

支持力について、既往の、モルタル等で根巻きをしたH鋼杭においては、支持力はH鋼を矩形換算した断面で計算する例が見られるが、本開発では、杭径によって先端および周面支持力を確保することで支持能力の向上を図ることとした。これを目指すため、H形鋼芯材と改良体が一体となって挙動するよう、図1に示すように補強鉄筋を設置して、改良体との付着力を高めることとした。補強鉄筋の配置は、芯材の軸力を改良体へ伝達されるために芯材から張り出した構造としている。

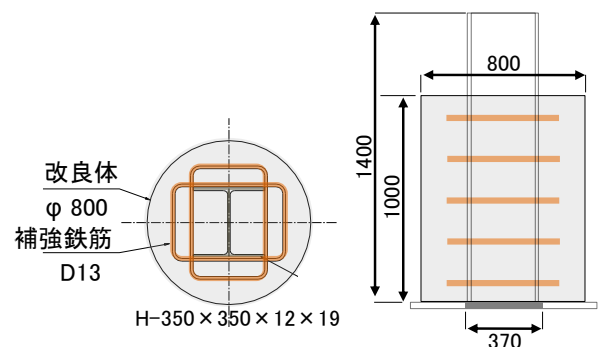


図1 地盤改良杭の補強鉄筋配置

3. 付着力確認試験

補強鉄筋の効果を確認するため実施した、付着力確認試験の内容を記述する。試験体は実際の改良径と芯材仕様を想定して、直径800mm、高さ1000mmの改良体に、H-350×350×12×19の芯材を配置するものとした。試験体は補強鉄筋量を指標として、無補強Type（CASE I）、5段/mType（CASE II）、3段/mType（CASE III）の3体を構築し、補強鉄筋の効果を確認した。試験はこれら試験体の芯材に、鉛直荷重を連続的に載荷し、芯材の変位、芯材および補強鉄筋のひずみを計測するとともに、改良体のひび割れ状況の確認も行った。

載荷荷重～芯材の変位関係の結果を図2に示す。

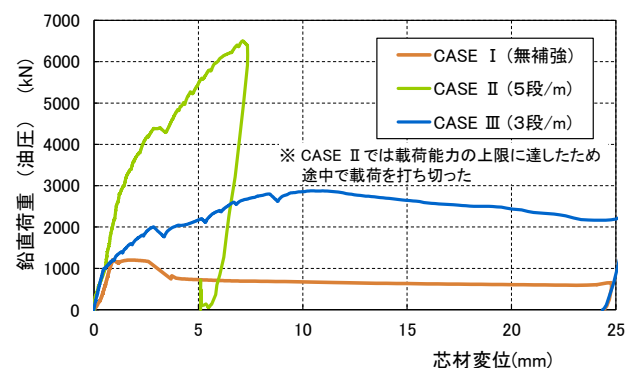


図2 付着力確認試験結果（鉛直荷重-芯材変位）

キーワード 工事桁支持杭、地盤改良工法、H形鋼

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 東日本旅客鉄道(株) TEL03-3379-4353 E-mail : kouji-nishikawa@jreast.co.jp

CASE I および CASE III では 1000kN 付近で芯材変位が増加したことから改良体と芯材の付着切れが生じたと推定される。また最大荷重は、CASE I に比べ、CASE II、CASE III の方が大きいことから補強鉄筋による効果が発揮されており、さらに、CASE III に比べて CASE II ではその値も大きく、補強鉄筋量の効果が確認できた。

4. 施工性確認試験

当地盤改良杭を、鉄道工事特有の環境下における施工が可能か確認するために、施工性確認試験を実施した。試験は造成長 17.4m、芯材長 17.0m の杭で、以下の 2 点を確認事項とした。

- ・ 夜間、列車の走行がない限られた時間内における改良体造成及び芯材建込の可能性
- ・ 架線等空頭や各種制約状況下での施工の可能性

なお、夜間での作業時間の制約から、改良体造成と芯材建込みに各々 1 作業日を要し、場合によっては 2 日連続での作業が出来ず、改良体の固化によって芯材の施工が困難となることも想定される。今回はこのことを考慮し、改良体造成から 72 時間後（3 日後）における芯材の建込みが可能か、併せて確認することとした。

試験により得られたサイクルタイムを、改良体造成について図 3、芯材建込みにについて図 4 にそれぞれ示す。点線が計画で、実線が試験で得られたサイクルタイムである。改良体造成、芯材建込みにともに、施工はできたものの、計画を大きく上回ってしまったことがわかる。

改良体造成では、第 1 層の粘性土は概ね計画通りであったものの、砂質シルト層および礫層での造成に時間を要した。これは、造成後のリングビットに多量の土の固着が確認されたことから、固着した土の抵抗によって造成効率が低下したものと考えられる。

続いて、改良体造成後 72 時間経過した後、芯材の建込みを実施した。今回の計画では、芯材の建込みが可能なスラリーのフロー値を 150mm と設定し、建込み時のフロー値もその値を満たしていたものの、時間を要する結果となった。これは、途中から芯材の自重による沈没が困難となり、パイプロを用いての施工となったための結果と考えられる。

次に、建込み後には芯材を引抜き、状態の確認を行ったところ、一部の補強鉄筋部でその内側に、未改良の土塊が固着した状態が確認された。これは、改良が不十分であること、芯材建込み時の抵抗になったことなどの要因と考えられる。

以上の結果から、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の改善が必要であると考えている。

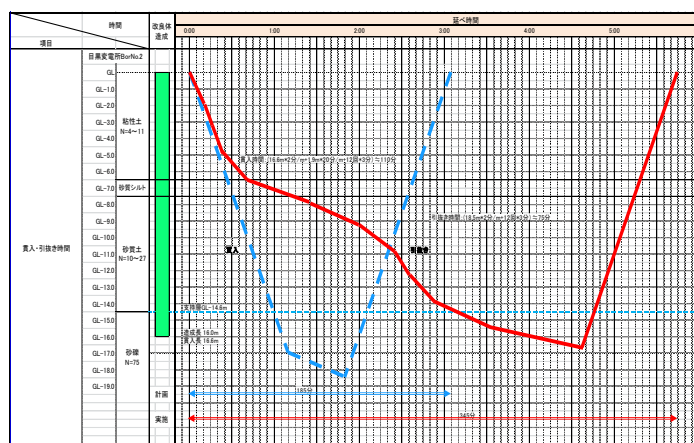


図 3 改良体造成サイクルタイム

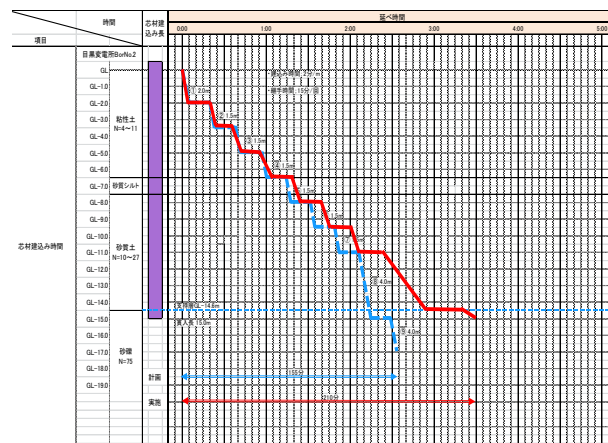


図 4 芯材建込みサイクルタイム

5. 結論

今回の試験により、地盤改良体と芯材の付着性能について、補強鉄筋の効果が確認できた。しかしながら、施工性については、地盤改良体の造成方法に検討の余地が残った。今後は機械攪拌・高圧噴射併用工法について、改良体造成手順や、地盤種別に応じた改良体造成ビットを再考し、計画サイクルタイムを満足する施工を目指す一方、鉛直載荷試験を実施し、当地盤改良杭の支持力性能についても確認する予定である。