

長尺鋼管矢板の圧入対策と杭載荷試験による支持力確認

西松建設(株) 正会員 ○藤原 基博 谷川 潤 正会員 土屋 光弘
東日本高速道路(株) 村田 賢士

1. はじめに

首都圏中央連絡自動車道(圏央道)の桶川第3高架橋(仮称)では、鋼管矢板井筒基礎(φ800 L=15.5m~51.0m, 仮締切り兼用方式)が中掘り圧入工法(圧入力800kN, 中掘り先端拡大根固め工法)による施工方法で計画されていた。施工開始後に鋼管矢板の高止まりが生じ、工法検討の結果、ウォータージェット併用圧入工法(以下、WJ併用工法と称す)が採用された。WJ併用工法は、鋼管矢板に設置した導水パイプの先端より高圧水を吐出し、鋼管矢板周辺の地盤を乱しながら所定深度まで鋼管矢板を圧入する工法であり、WJ併用工法は道路橋示方書¹⁾の支持力算定式の適用範囲から除外されている。

本報告では、河川、市道、宅地および精密機械工場に近接した狭隘箇所でのWJ併用工法による鋼管矢板井筒基礎工の検討と鉛直・水平載荷試験による支持力確認結果について報告するものである。

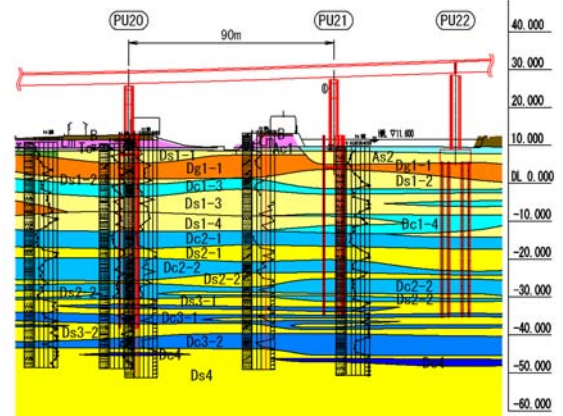


図-1 地質縦断面図 (PU20~PU22 基礎間)

2. 地質概要、鋼管矢板高止まりと工法変更

当該橋梁の地質は、図-1に示すように盛土層、粘性土・砂質土の互層で構成され、洪積砂質土層が鋼管矢板基礎の支持層として採用されている。PU20橋脚基礎の2本目で支持層への中掘り圧入が不能となり、鋼管矢板の高止まりが発生した。高止まりの原因としては、鋼管矢板長が長く、洪積粘性土層と洪積砂質土層の周面摩擦力の増大によるものと推定され、油圧式可変超高周波バイブロ等を使用して支持層への貫入を試みたが、支持層に達することとはなく、施工方法の変更が必要となった。周辺環境への影響、経済性、工程等の比較検討の結果、WJ併用工法(圧入力2600kN)が採用された。WJ併用工法の場合、前述のとおり鉛直・水平載荷試験によって支持力特性の把握が必要となった。

3. 鉛直載荷試験その1(薬液注入前)

鉛直載荷試験は、地盤工学会「杭の鉛直載荷試験方法・同解説 杭の押込み試験」²⁾に基づく多サイクル方式にて実施した。試験杭(鋼管矢板長 L=51.0m)にはひずみ計、先端変位計、多段式傾斜計を設置し、WJ併用工法にて支持層まで圧入した。なお、試験杭はPU20鋼管矢板井筒基礎の中央に施工し、反力杭(鋼管矢板井筒基礎)と試験杭の平面位置関係は地盤工学会基準²⁾を満足する配置としている。

WJ併用工法による施工後、周辺抵抗力の回復期間として14日の放置期間²⁾を経て鉛直載荷試験を実施した結果、計画最大荷重 Pmax=8000kN まで到達せず、P=3200kN で鉛直載荷試験を終了した。杭径の10%に相当する沈下が生じた際の先端支持力は1767kNであり、道路橋示方書の中掘り工法最終打撃方式による先端支持力と同程度となった。ただし、周面摩擦力は632kNと小さく、試設計で算定したレベル2地震時に基礎が降伏に到達しない周面摩擦力2470kN以下であった。

このため、橋脚基礎として必要な周面摩擦力を確保する対策工として、恒久グラウトによる薬液注入工を採用し、施工した。

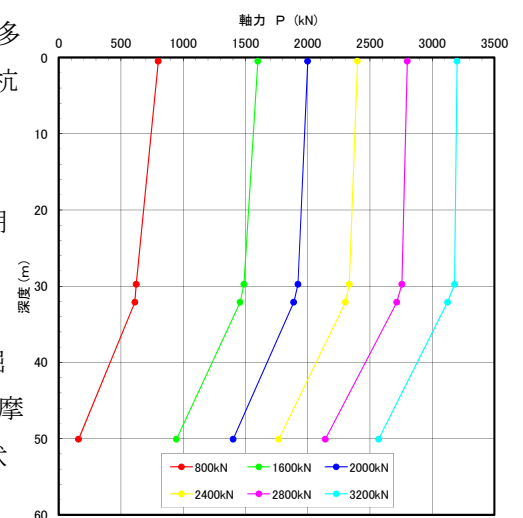


図-2 軸力分布図 (薬液注入前)

キーワード ウォータージェット併用圧入工法, 杭の鉛直・水平載荷試験, 周面摩擦, 恒久グラウト

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1-20-10 西松建設(株) 関東土木支社 TEL 03-3502-7556

4. 鉛直載荷試験その2（薬液注入後）

ウォータージェットによる乱れの影響範囲として杭から50cm程度との文献⁴⁾があるものの、地質条件によって乱れの範囲が変化することも考えられ、薬液注入工の平面範囲をより合理的に設定するため、WJ併用工法で施工した鋼管矢板近傍の4箇所について追加ボーリングを実施した。当初設計ボーリングに対し、土層構成およびN値分布を定量的に比較した結果、薬液注入工の平面範囲は、鋼管矢板外面より30cm外側の部分とした。

試験杭に恒久グラウトを注入し、グラウトの養生期間28日を経て、薬液注入後の鉛直載荷試験を実施した。図-3に軸力分布図を示す。

薬液注入後は $P_u=8800\text{kN}$ の極限支持力が確認され、当初設計の極限支持力 7819kN を満足する結果が得られた。また、薬液注入後の周面摩擦抵抗は道路橋示方書における中掘り圧入工法以上であることが確認できた。図-4の荷重～変位量曲線に示すように、薬液注入後には杭の支持力特性が大きく改善されていることを確認した。

5. 水平載荷試験（薬液注入後）

水平載荷試験は、地盤工学会「杭の水平載荷試験方法・同解説」³⁾に基づく多サイクル方式にて実施した。水平載荷試験装置は、目標水平変位量 $\delta=15\text{mm}$ 以上に対して計画し、鋼管矢板井筒基礎内を掘削・床付した後、水平載荷試験を実施している（図-5）。

試験後は、試験杭に設置したひずみ計から曲げひずみを計算し、数値微分、数値積分により水平方向地盤反力係数を算定した。

薬液注入後の水平載荷試験によって得られた水平方向地盤反力係数（図-6）は当初設計と同程度であり、水平載荷試験結果を反映して鋼管矢板井筒基礎の設計計算を実施した結果、応力上最も厳しいレベル2地震時において、鋼管矢板先端は極限支持力に到達せず、鋼管矢板の応力度も許容値以下であり、基礎の構造安全性に問題ないことを確認した。

6. まとめ

- 1) WJ 併用圧入工法は、杭周面の地盤を乱し、周面摩擦抵抗が低下することが鉛直載荷試験により確認された。
- 2) 乱れの影響範囲を N 値により評価した結果、鋼管矢板外面より 30cm を影響範囲に設定した。恒久グラウトによる薬液注入後の鉛直載荷試験の結果、当初設計以上の極限支持力が確認され、薬液注入後の周面摩擦抵抗は、中掘り圧入工法以上であることが確認できた。
- 3) 薬液注入後の水平載荷試験により得られた水平地盤反力係数は当初設計と同程度であり、現地盤に相当する試験結果であった。
- 4) 鉛直・水平載荷試験結果に基づく鋼管矢板井筒基礎の設計結果は、レベル 2 地震時において鋼管矢板先端は極限支持力に到達せず、応力度等も許容値以下であり、基礎の構造安全性を確認した。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説，2012.
- 2) 社団法人 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説[JGS1811-2002]，2004.
- 3) 社団法人 地盤工学会：杭の水平載荷試験方法・同解説[JGS1831-2010]，2010.
- 4) バイプロハンマ技術研究会：バイプロハンマ設計施工便覧，2003

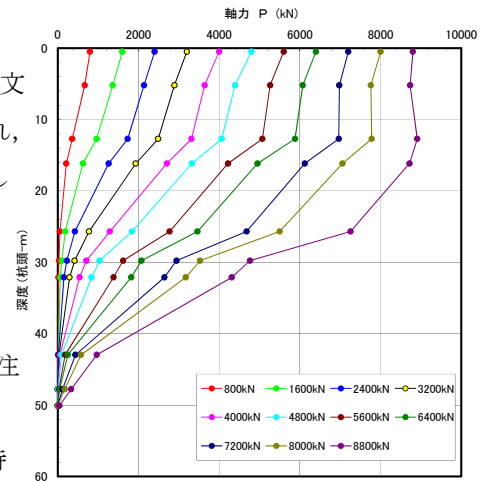


図-3 軸力分布図（薬液注入後）

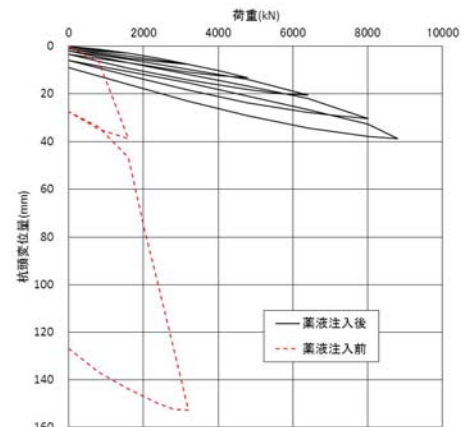


図-4 荷重～変位量曲線



図-5 水平載荷試験装置

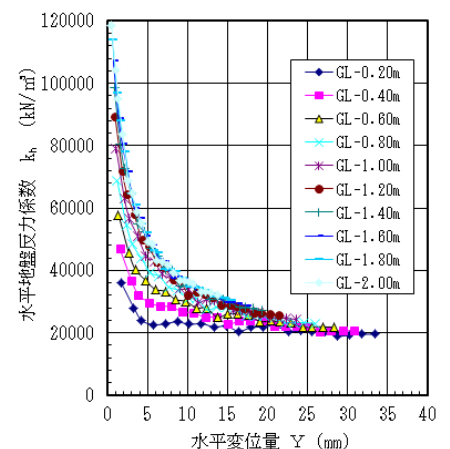


図-6 水平変位量と地盤反力係数の関係