

高被圧水を有する砂礫層における場所打ち杭の試験施工

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局 正会員 佐藤 和正
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局 正会員 井浦 智実

1. はじめに

北陸新幹線松倉高架橋は、富山県魚津市に位置し、高崎起点 264Km031m ~ 264Km864m、全長 833m の桁式高架橋で計画されている。

当該区間では、既往の地質調査により被圧地下水 (GL+0.85m ~ GL+2.60m) が観測されており、中間層には玉石・転石 (1200) が確認されている。このような被圧水を有した砂礫層における基礎形式選定にあたり、経済的な基礎形式である場所打ち杭の施工の可能性を検証するために試験施工を行ってのものである。

本稿では、場所打ち杭の試験施工、今後の課題について報告するものである。

2. 地質状況

松倉高架橋は、標高 30 ~ 35 m 前後の沖積低地を通過する計画となっている。沖積低地の南西側に更新世に形成された標高 50 ~ 150m 前後の台地、北東側に丘陵地が構成されており、開析扇状地となっている。

沖積低地の地質構成は、深度 15 ~ 25 m に分布する更新世の呉羽山礫層 (Ks) が基盤を構成しており、この上をシルト質砂、玉石混じり砂礫、粘土混じり砂礫、シルト、粘土からなる沖積層が厚く覆って分布している。支持層としては、更新世の呉羽山礫層 (Ks) の N 値 50 以上の砂礫層が良好な支持層となる。また、ボーリング調査を 8 箇所で行っており、そのうち起点側の 4 箇所で基盤の室田累層 (Ms) 及び呉羽山累層 (Ks) 中に、GL+0.85m ~ GL+2.60m の被圧水頭を有する被圧地下水が確認されている。

3. 基礎形式の選定

鉄道構造物等設計標準によると被圧地下水位 2 m 以上、礫・玉石 30 cm 以上の地質ではニューマチックケーソンが最も施工に適していると判断できる。しかし、基礎の工事費が高価となり経済的ではない。また、鋼管杭は礫径 30 cm 以上では施工不可となっている。

一方、場所打ち杭 (オールケーシング杭) は、礫径 30 cm 以上の層においてもスーパートップ工法等に代表される全旋回式掘削機を用いることで施工可能であるが、問題点として被圧地下水が挙げられる。しかし、当該区間の最大被圧地点 (GL+2.60m) においても補助工法 (被圧水頭差分以上の盛土をすること等) を用いることで施工できる可能性はある。

以上より、松倉高架橋における基礎形式として、場所打ち杭 (オールケーシング) が経済性に優れるが、施工性に問題があることから場所打ち杭の試験施工によりその可能性を検証した。

4. 試験施工概要

今回の試験施工は、本構造物で計画される構造形式を元に次の試験体とした (図 1)。

- ・杭径：φ1500 (無筋)
- ・杭長：L=25.0m
- * 施工基盤から L=4.0m 残し、支持層に 1 m 貫入
- ・コンクリート強度：30-18-25BB

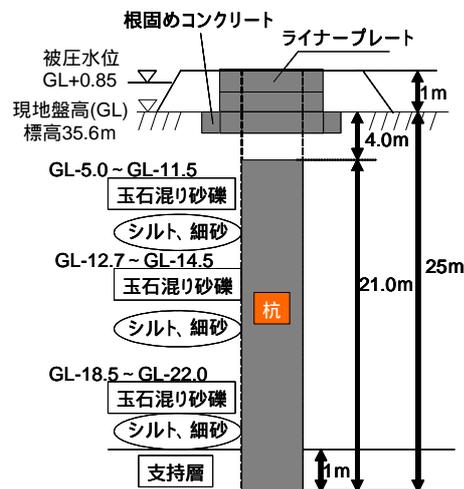


図 1 試験体概要図

また、試験施工に先立ち、試験杭から 10m 程度離して観測孔ボーリング (φ86mm、L=30m) を行い、土質確認、流向・流速試験等を行った。

5. 試験施工結果

試験施工に当たって、以下の 4 項目について検討を行い以下の結果を得た。

中間巨礫層における施工性

地質調査により最大礫径が 1200mm と想定されていることから、全回転式掘削機およびハンマージェラブによる施工の検証を行った。

深度 24m 付近において、2.2m 級の転石をケーシングで切断後、BKF ハンマーで掘削した。これより全回転式掘削機を用いることで中間巨礫層における施工は可能であることを確認した。

被圧地下水層における施工性

GL+0.85m ~ GL+2.60m の被圧が想定されることから、今回の試験杭では、盛土による水頭差確解消による施工の検証を行った。

(1) 被圧地下水位

観測ボーリング孔の掘削時に各深度において孔内水位の変化を観察することで計測を行った。施工期間中の最高水位は、ケーシング孔底深度 20.3m の時点で G.L.+0.83m (標高 36.40m) となった。また、試験杭施工箇所では、被圧地下水は最大で GL-0.5m (標高 35.1m) までしか上昇しなかった。ただし、年間を通しての地下水変動に関するデータが得られていないので、今後の観測が必要と思われる。

(2) ボイリングの影響

不均質な玉石混じり砂礫のために砂が多かったと思われる上流側でボイリングが一部発生した可能性があるが、施工に支障がない程度であった。また、水位は急激な上昇ではなく、ゆっくりと上昇してきた事が観測されたことから、地質的にボイリングの影響はなく施工できると考えられる。

地下水流の影響

地下水流が 3m/分程度以上になると、コンクリートが流され杭体の形成ができず、場所打ち杭は不適合となる。観測孔において流向・流速試験を行った結果、GL-26.5m 付近では、流速が 13.3cm/分となり、杭体の形成に問題がないことが確認できた。

試験体の確認

杭体の健全度の確認のためにコアボーリングを行った。直径 1500mm の杭のセンターから水の流向方向に上流側、下流側、中心、NW45° の 4 箇所でもボーリング採取を行い出来形を確認した。

下流側の GL-4.5m 付近ではモルタル成分のみコアが採取され、GL-13.0m 付近では地山の礫を含んだコアが採取された。

次に、NW45° でコア供試体を 6 箇所採取し、強度試験(材齢 31 日)を行った。標準養生を行った供試体では、39.8 N/mm² となっているのに対して、杭上部 (GL-5.0m 付近) では、圧縮強度が約 10N/mm² 前後と強度の弱い箇所があることを確認した。

6. 今後の課題

試験施工結果より、コンクリートの品質確保の点において次の 2 点が問題点として挙げられる。現段階においては、確定はしていないが次の原因が考えられる。

(1) 礫を巻き込んだコア

原因：地山の礫を含んだコアが採取された GL-13.0m 付近は、被圧水が確認された砂礫層となっている。施工記録よりケーシング引抜時に設計上よりも大きくコンクリート天端が下がっていることが分かっている。このことから、GL-13.0m 付近では被圧水帯層の影響もあり孔壁が崩壊し、土砂が混入したと思われる。

(2) モルタル成分のみのコア(杭の強度不足)

原因：強度が小さくなっているのは打設開始時のコンクリートが材料分離を起こしつつ表層付近にあがってきたためと想定される。

7. まとめ

コンクリートの品質管理に問題が残ったが、この問題について解決すれば、場所打ち杭の施工は十分可能であることが今回の試験施工により検証された。孔壁崩壊防止のためにコンクリートを早期充填するような対策やコンクリートの材料分離防止に有効な対策について、今後検討し設計・施工に反映していきたいと考えている。

また、より確実性の高い施工とするために、本施工前に改めて各橋脚付近でボーリング調査を行うことが望まれる。被圧地下水が確認されているのは当該区間起点側のみであることから、大幅なコスト増とされないと考えられる。