軟弱地盤下の軟岩を支持層とする長尺鋼管杭の急速載荷試験

東日本高速道路	正会員	加藤	真司
東日本高速道路		中谷	史規
地盤試験所	正会員	○亀井	秀一
八千代エンジニヤリング		後藤	雄一
八千代エンジニヤリング	正会員	牧日	岳志

京城県

福島県

山形上山

白竜湖軟弱地盤地帯

1. はじめに

山形県置賜地方,米沢盆地の北端に面積約 6.8ha の小さな湖沼,白竜湖がある.こ の白竜湖の周囲の水田地帯は,極めて軟弱な地盤(以下「白竜湖軟弱地盤地帯」)を 持つ地域として知られる.東北中央自動車道は,福島県相馬市を起点とし,福島市か ら国道 13 号に並行して山形県を北上し,秋田県横手市に達する.現在建設中の南陽 高畠 IC から山形上山 IC 間 24.4km のうち,約 3km の範囲がこの白竜湖軟弱地盤地帯 のほぼ中央部を横断することとなる(図−1).本稿は,白竜湖軟弱地盤地帯に計画中 の延長約 550m の橋梁の基礎杭について支持力を確認するために行った急速載荷試験 の結果を報告するものである.

2. 支持層の状況と急速載荷試験の目的



在するため、N値50以上の支持層線は複雑な起伏を示す.さらに、白竜湖軟弱地盤地帯の中心部に向って急激に落ち込んでおり、これより南側は支持層として期待できないほど深くなる.このため、白竜湖軟弱地盤地帯の中央部を横断するに当たり、南陽高畠IC付近で国道を横架した後、約2kmの範囲を軟弱地盤対策を併用した盛土構造、残りの支持層が確認できる範囲を橋梁で通過する計画としている.橋梁部の基礎杭の長さは最大で約90m(載荷試験杭は 4800 L=86.5m)に達するため、中掘り杭工法を併用して施工精度を確保する計画であるが、支持層の上が軟弱地盤であることからも、道路橋示方書の参考資料10による杭先端の極限支持力の推定ができない.このため、橋梁の設計の着手に先立ち、試験杭を施工したうえで急速載荷試験を行い、実際の支持力を確認するものとした.

3. 急速載荷試験の計画

急速載荷試験は、軟クッション重錘落下方式の加力装置を用い、打設完了後の杭頭に載荷時間を調整するための 厚さ 2.2m の積層ゴムによる緩衝材を設置して段階的に高さを増しながら自由落下させ、杭頭の変位量と各深度に おける杭体の加速度とひずみを測定するという方法を採用した.測定結果を一質点系モデルで解析して杭と地盤の 静的な挙動を求め、別途推定した杭の支持層内極限支持力と比較した.なお、杭の打設による影響から地盤を回復 させるため、急速載荷試験は打設完了から4週間後に実施した.

キーワード 軟弱地盤,長尺鋼管杭,急速載荷試験

連絡先 〒990-2226 山形県山形市西越 42-2 東日本高速道路㈱東北支社山形工事事務所 TEL023-625-8353

杭の支持層内極限支持力を推定するに当たり,次の二通りの考え方による推定方法を 想定した.急速載荷試験では、これらの支持力をどの程度満足するのか、試験杭を用い て確認することとなる.

(1) 道路橋示方書の支持力推定式による算出(R_{ul})

道路橋示方書IV下部構造編の式 12.4.3 より、「地盤から決まる杭の極限支持力」とし て推定する.この際,杭先端の極限支持力度については,図-解12.4.2より,砂質土を 準用し qd=2,400kN/m²とする.また,周面摩擦力は,支持層への根入れ部のみと考え, 表一解 12.4.6 より f=100kN/m²とする.以上の仮定により, R_{u1}=1,407kN となる.

(2)「軟岩・土丹を支持層とする打込み鋼管杭の軸方向押込み支持力の推定方法(案)」による算出(R_n)

道路橋示方書IV下部構造編の参考資料10に記載されている式(参10.1)を用い,支持層内の極限支持力を推定する. 「支持岩盤の一軸圧縮強度」については、支持層の実測N値の20倍として推定し、式(参10.1)よりRu2=4,532kNを 得る. なお,式(参 10.1)は、本来「支持岩盤上が軟弱粘性土地盤である場合や中掘り杭工法を併用する場合は適用 外」である.

以上より、急速載荷試験の載荷荷重は別途計算で求めた極限周面抵抗力 Rf=8085kN と上記の R₁₀とから、計画最 大荷重を 13,000kN とした. その結果, 重錘の重量 85ton, 最大落下高さ 4.5m の加力装置が必要となった (写真-1).

12000

1000

<u>2</u> 8000

袋 6000

2000

4. 急速載荷試験の試験結果

急速載荷試験の実施状況を写真-1に示す.重 錘の落下高さを 0.5m 間隔で変えて試験した.

朝 4000 図-3, 図-4 に杭頭部と杭先端+0.8m 位置に おける地盤抵抗力と変位の関係および除荷点法 の結果を示す. 杭頭部では最大落下高 2.5m の時 点(5回目の載荷)で除荷点変位が190mmとな り、杭径の10%を越えて十分な沈下量に至っている.

このときの杭頭部の静的抵抗力は 9,554kN であった. また, 図-4より, 杭先端付近の荷重 (P) と変位 (S) の関係は P=6,538kN S=70.3mm となっており, 上記の (2)の方法により求めた極限支持力 R_{u2}=4,532kN を

大きく上回る結果となっている.

図-5~7に、各深度に設置した計器の設置位置、除 荷点法で求めた軸力分布と周面抵抗力度の深度分布を 示す. なお, 設計値として近傍の土質調査から求めた 中掘り杭の最大周面摩擦力と R_{u2} の先端支持力の深度 図-5測定計器の配置

● 杭頭部 10000 --- 杭先端+0.8m位置 2 8000 摄 6000 留 到 4000 2000 50 100 変位量(m 150 200 50 150 200 100 変位量(mm) 図-3地盤抵抗力と変位の関係 図-4 地盤抵抗力と変位の関係 周面抵抗力度(kN/m²) 50cm 100cm 150cm 200cm 250cm --- 設計値 . 40 86500 度漢 . :::: 図-6軸力分布 図-7周面抵抗力度分布

12000

分布を図-6に、中掘り杭の最大周面摩擦力度を図-7に、それぞれ破線で示している.図-7より、周面抵抗力度 は当初想定より小さい結果となっている.このため、図-6では支持層以浅の軸力がほとんど上昇していない.

5. おわりに

本載荷試験の結果により、当該橋梁の設計に着手した。今回の試験では、杭先端付近の支持力が十分に期待でき る結果となった.一方,周面摩擦力は想定を大きく下回り,設計上期待できない.いずれはネガティブフリクショ ンの影響も生じるものと考えるが、これに先端支持力のみで抵抗する必要がある。本橋が施工されれば、中掘り杭 工法による長尺鋼管杭としては国内で最大級となる.

参考文献 ・社団法人日本道路協会:道路橋示方書・同解説IV下部構造編,2012.3

・社団法人地盤工学会:杭の鉛直載荷試験方法・同解説第一回改訂版,2002.5

・一般社団法人鋼管杭・鋼矢板技術協会:鋼管杭-その設計と施工-,2009.4

-310-

