

武豊線半田駅付近高架化における硬質粘性土層の支持力評価について

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○布川 博一、矢田 輝一

1. はじめに

武豊線乙川駅・東成岩駅間の半田駅付近高架化事業（以下「半田高架」という。）は、愛知県南西部に位置する半田駅を中心とする約 2.6km の区間を連続立体交差化するものであり、平成 27 年 7 月に都市計画決定された。高架本体工事は令和 3 年 12 月より着手し、基礎工事等の施工を進めている。本稿は、鉄道高架橋の支持層として存在する硬質粘性土層について、杭の鉛直載荷試験により支持力評価を行った内容について報告する。

2. 地盤概要と検討背景

半田市は、知多半島東海岸の中部に位置しており、地質調査より海岸平野堆積物、半田段丘堆積物、第三紀常滑層が分布し、支持層が大きく起伏する複雑な地層が確認された（図-1）。特に、第三紀常滑層のうち粘性土主体の硬質粘性土層（以下、Tc2 層。）

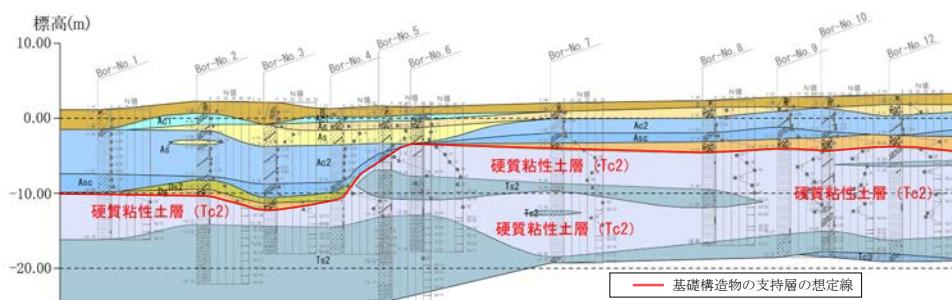


図-1 地質想定縦断面図

は建設地点の広範囲に分布しており、良質な支持層の目安である N 値 20（粘性土の場合）を上回るため、基礎構造物の支持層として期待できる地層であった。一方、基礎構造物の設計について文献¹⁾では、硬質粘性土層を支持層とする場合、十分な載荷試験データベースが蓄積されていないため、杭の鉛直載荷試験により基準先端支持力を設定することが望ましいとされている。

このため、設計で算定した先端支持力が現地で確保されていることを確認する目的で杭の鉛直載荷試験を行い硬質粘性土層（Tc2 層）の基準先端支持力の評価を行った。

3. 地質調査の結果

高架化区間約 2.6km で 39 箇所のボーリング調査を行い、地質調査結果から Tc2 層の N 値と一軸圧縮試験結果を整理した。図-2 に N 値と一軸圧縮強度 (qu) の関係を示す。図中の黒線は、Terzaghi & Peck による推定式である。図-2 より、N 値 50 程度であっても一軸圧縮強度が 500kN/m² 未満の箇所が、全体の調査箇所の 3 分の 1 で確認され、推定式より求まる一軸圧縮強度を下回る結果となった。また、N 値と一軸圧縮強度は推定式のように比例関係にあるが、Tc2 層は N 値と一軸圧縮強度の相関は低く、図-2 に示すように N 値に対する一軸圧縮強度のばらつきが大きいことが確認された。ばらつきが大きいと考えられる原因として、図-3 に示すように Tc2 層は均一な地盤ではなく、砂層が局所的に介在しており、砂層を界面としてせん断破壊したことで一軸圧縮強度が過小評価されたと考えられる。

以上より鉛直載荷試験では Tc2 層の地盤強度のばらつきを考慮し、複数本の試験杭にて基準先端支持力を確認することとした。

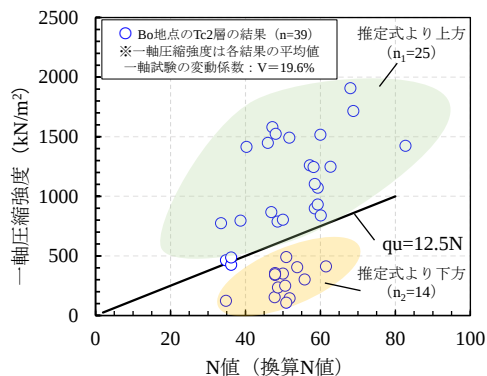


図-2 N 値と qu の関係

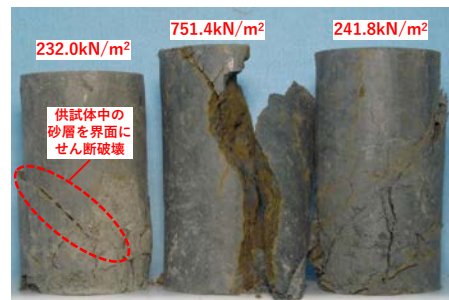


図-3 一軸圧縮試験後の供試体

キーワード 鉄道、支持力評価、載荷試験、硬質粘性土層

連絡先 〒450-6101 名古屋市中村区名駅一丁目 1 番 4 号 JR セントラルターズ

東海旅客鉄道株式会社 建設工事業部 TEL 052-564-1724

4. 載荷試験の概要

載荷試験は、杭の押込み試験方法（JGS 1811-2002）に従い実施した。載荷試験場所の選定は、杭の先端支持力を安全側に評価するため、Tc2 層が比較的地表面から浅い位置で出現する現場ヤード内で実施した。載荷試験の概要を表-1 に示す。試験杭は、高架橋の杭種と同じ RC 場所打ち杭であり、支持層への根入れは杭径以上、杭間隔は杭径の 3 倍を確保した。また、杭施工後 28 日間現地にて養生したのち載荷試験を実施した。

計測機器は、杭頭部、杭中間部、杭先端部での変位の測定および杭の先端支持力を評価するため、杭の軸方向鉄筋にひずみ計を 5 断面設置して周面支持力を測定した。試験杭の計画荷重は文献¹⁾に基づき算定した設計支持力より設定した。

5. 載荷試験結果と考察

図-4 に載荷試験結果を示す。基準支持力の評価は、地盤工学会基準における第 2 限界抵抗力の定義により杭径の 10%を基準変位（沈下量 100mm）として支持力評価を行った。なお、試験杭 No.2 は杭先端変位が基準変位に達した時の荷重を付記しているが、試験杭 No.1 は基準変位に到達しなかったため最終サイクル後の荷重を付記している。試験杭 No.1 と No.2 を比較すると、杭全体の支持力（青線）は杭の周面支持力のばらつきにより差が生じているが、杭先端の支持力（赤線）は、杭全体の支持力と比べその差が小さいことが確認できる。また、試験杭 No.2 の基準変位に達した時の杭先端の支持力は、4357kN であり、表-1 で示した設計基準先端支持力と比較すると 2 倍以上の支持力があることが確認された。

図-5 に文献¹⁾で示される砂・砂礫の基準先端支持力の実測値と N 値の関係に、本試験で得られた 2 本の試験杭の基準先端支持力度を記載した。図中の実線は、文献¹⁾で示される砂・砂礫・粘性土（参考式）の N 値による設計先端支持力度である。本試験で得られた Tc2 層の先端支持力度は、一般的な支持層である砂・砂礫で得られた実測値と比較して、同等以上の支持力度を有していることがわかる。また、図中の実線で示す各土質区分による設計先端支持力度と比較しても、試験結果から得られた先端支持力度は上方にあることから、Tc2 層は基礎構造物の支持層として問題ないことが確認された。

6. まとめ

本報告は、鉄道高架橋の支持層として存在する硬質粘性土層（Tc2 層）について、杭の鉛直載荷試験により支持力評価を行った。試験の結果、Tc2 層は文献¹⁾に基づき算定される設計基準先端支持力を上回る先端支持力が確認された。また、一般的な支持層である砂・砂礫で得られた実測値と比較して、同等以上の支持力度を有しており Tc2 層は基礎構造物の支持層として問題ないことが確認された。今後の基礎構造物の設計において本報告事例が硬質粘性土層の支持力評価の一つとして参考となれば、幸いである。

謝辞 本報告にあたり（公財）鉄道総合技術研究所より多大な技術指導を賜りました。ここに感謝の意を申し上げます。

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，平成 24 年 1 月

表-1 載荷試験の概要

項目	内容（試験杭 No.1・2共通）
試験杭	RC場所打ち杭（オールケーシング工法） φ1.0m×14.0m×2本
杭体	圧縮強度：f _{ck} =30N/mm ² 主鉄筋：D25-16 帯鉄筋：D19@150mm
計画荷重	8000kN
試験方法	加圧段階載荷方式（5サイクル10段階）
計測項目	載荷荷重・時間
	鉛直変位 （杭頭：4箇所・中間：1箇所・先端：1箇所）
	水平変位 （杭頭：X方向：1箇所・Y方向：1箇所） 杭体のひずみ量：4箇所×5断面
設計基準支持力 ^{文献1)}	R _k =5144kN
設計基準先端支持力 ^{文献1)}	R _{tk} =2082.88kN
設計基準周面支持力 ^{文献1)}	R _{fk} =3061.17kN

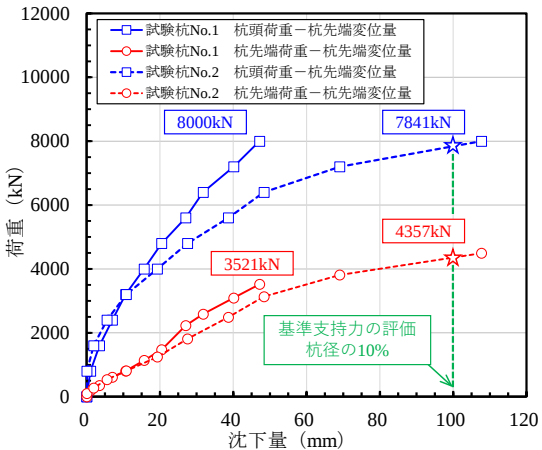


図-4 載荷試験結果（荷重－変位関係）

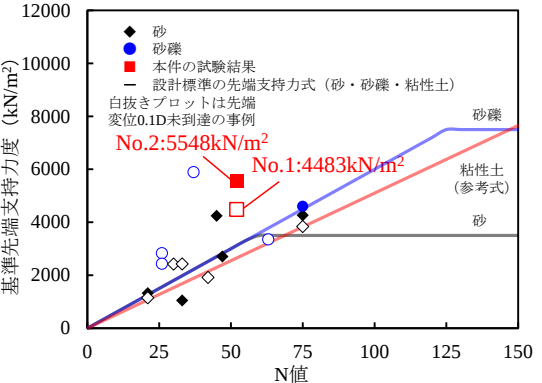


図-5 基準先端支持力度の実測値と N 値の関係

〔 RC 場所打ち杭工法^{文献1)} 〕