

しらす地盤における鋼管ソイルセメント杭の鉛直載荷試験および施工管理手法の一考察
(その1：鉛直載荷試験および設計への適用)

九州旅客鉄道（株） 正会員 ○真井 哲生 正会員 清水 琢磨
安藤 貴彦 立川 裕司

1. はじめに

現在、鹿児島市内の JR 指宿枕崎線の谷山駅付近において鹿児島市を事業主体とする地域の一体的なまちづくりや 15 ヶ所の踏切除却等を目的とした連続立体交差事業が行われている。現地は軟弱な沖積しらす（二次しらす）層が、高架橋区間約 2.5km のうち約 1.2km の範囲で 40m 以上の厚さで堆積している。そのうち約 400m の区間では 70m の深度でも明確な支持層が確認できていない。このような地盤条件を踏まえ、高架橋の基礎構造は摩擦特性に長けた鋼管ソイルセメント杭としている。しかしながら、これまで同杭を摩擦杭として鉄道高架橋に用いた事例は少ない。本論文では杭基礎の設計にあたり、現地において実寸法杭の静的鉛直載荷試験を行い、設計に反映させるための周面支持力等を評価した結果および施工管理手法の一考察について報告する。その 1 では鉛直載荷試験および設計への適用について述べる。

2. 載荷試験の目的

鋼管ソイルセメント杭工法は、RC 場所打ち杭に比べて大きな周面支持力、先端支持力が期待できる。しかしながら、鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物）¹⁾には同工法を用いた場合の設計法について明示されておらず、別途既往の載荷試験事例に基づく支持力算定式が提案²⁾されているものの、沖積しらす層での載荷試験事例は含まれていない。このため、本高架橋の杭基礎の設計にあたり、特殊地盤である沖積しらす層の周面支持力を適切に評価し、設計に反映させることを目的とし、現地において極限状態まで載荷する静的鉛直載荷試験を行った。

3. 鉛直載荷試験の計画

試験杭は、摩擦杭としての設計を行い、L2 地震動による液状化の影響を考慮しても必要な支持力を満足できる諸元とした。また、鋼管径は 800mm と 1000mm とした（諸元は表 1 参照）。この諸元に対して既往算定式³⁾による支持力（以下「設計値」と記す）の概算を表 2 に示す。計画最大荷重は、既往算定式が安全側に設定されていることと極限状態まで載荷することを考慮し、15,000kN とした。

4. 鉛直載荷試験の概要

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」に基づき、多サイクル方式にて実施した。試験の最大計画荷重（15,000kN）に対して、試験サイクルを 5 サイクル（3,000kN ピッチ）とし、新規荷重段階での荷重保持時間は 30 分とした。測定項目は、杭頭部と杭先端部および

表 1 試験杭の所

	鋼管径 (mm)	鋼管長 (m)	板厚 (mm)	固化体径 (mm)
試験杭 1	1,000	24.5	19	1200
試験杭 2	800	24.5	19	1200

表 2 既往算定式³⁾による設計支持力の概算

	平均 N 値	支持力度 (kN/m ²)	支持力 (kN)	合計 支持力 (kN)
周面	9.3	7N	5,330	7,650 (kN)
先端	13.7	150N	2,320	

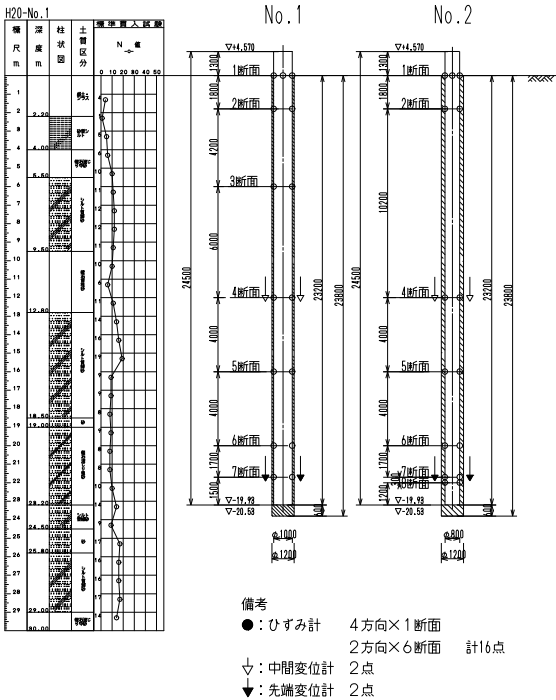


図 1 土質柱状図と試験杭の計器の設置状況

キーワード しらす，二次しらす，摩擦杭，静的鉛直載荷試験，鋼管ソイルセメント杭

連絡先 〒812-0061 福岡市東区筥松 2-35-38 九州旅客鉄道（株）施設部工事事務所 TEL092-626-1220

び中間部の変位と鋼管のひずみを7断面で測定した。図1に土質柱状図と試験杭の計器の設置状況を示す。

5. 試験結果

(1) 総合図

図2、図3に各試験杭における、荷重-変位、時間-荷重、時間-変位の関係を示した総合図を示す。これらより、荷重の増加に伴い徐々に変位量が大きくなり、12,000kN から15,000kN の間の載荷で変位が大幅に増加し、極限状態に至ったことが分かる。各試験杭における試験結果を表3に示す。

(2) 軸力分布

杭体の軸力は、鋼管のひずみに鋼管とソイルセメント体の合成剛性を乗じて求めた。これにより得られた試験杭1の荷重段階毎の深度方向軸力分布図を図4に示す。軸力分布図は、三角形分布の性状を示しており摩擦杭の支持力性状の特徴が現れている。

(3) 鋼管径φ800とφ1000の比較

ソイルセメント径1200mmに対して、鋼管径1000mmを用いた場合と、鋼管径800mmを用いた場合の、荷重と変位の関係については大きな傾向の違いは見られなかった。

6. 支持力の評価と設計への適用

既往算定式を用いた設計支持力と載荷試験結果の比較を表4に示す。これより、先端支持力、周面支持力とも設計値を大幅に上回ることが分かる。鉄道構造物設計標準¹⁾に「載荷試験を実施して設計鉛直支持力を補正する場合には、試験により得られる値と、各算定式による設計値に地盤特性係数 $f_p=1.2$ を乗じて得られる値の小さいほうを用いるのが良い。」に準拠し設計支持力を割り増した(算定式から求められた値に f_p を乗じた)設計とした。

7. まとめ

しらす地盤において鋼管ソイルセメント杭を摩擦杭形式で採用するにあたり、鉛直載荷試験を行って支持力の評価を行った。その結果、設計値を大きく上回る支持力を確認し、設計支持力の提案をすることが出来た。これらの結果を用いることで、より合理的な設計をすることが可能となる。

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・抗土圧構造物），丸善，1997.3 2)川村，長谷川，小西，石井，神田：鋼管ソイルセメント杭工法の周面支持力の評価，土木学会第61回年次学術講演会，2006.9 3)勅使川原，棚村，永尾，神田：鋼管ソイルセメント杭の地盤抵抗特性，鉄道総研報告，Vol.16，N0.9，pp.23-28，2002.9

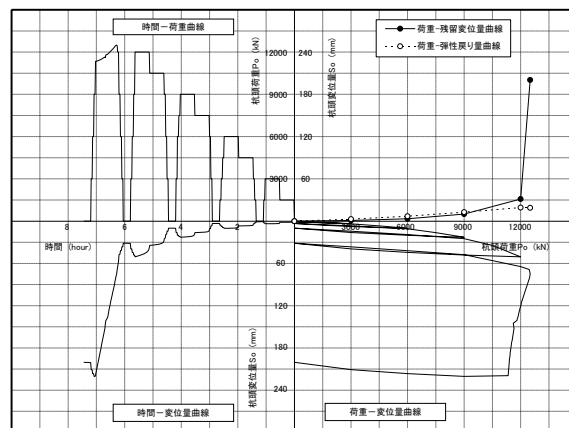


図2 総合図（試験杭1 φ1000）

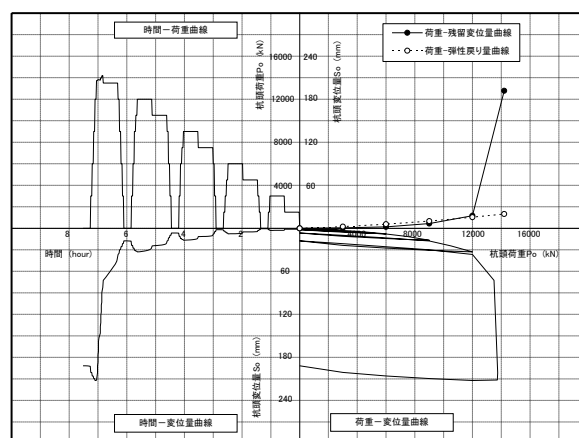


図3 総合図（試験杭2 φ800）

表3 各試験杭の最大荷重及び極限状態荷重

	鋼管径(mm)	最大荷重(kN)	極限状態時荷重(kN)
試験杭1	1000	14200	14022
試験杭2	800	12500	12020

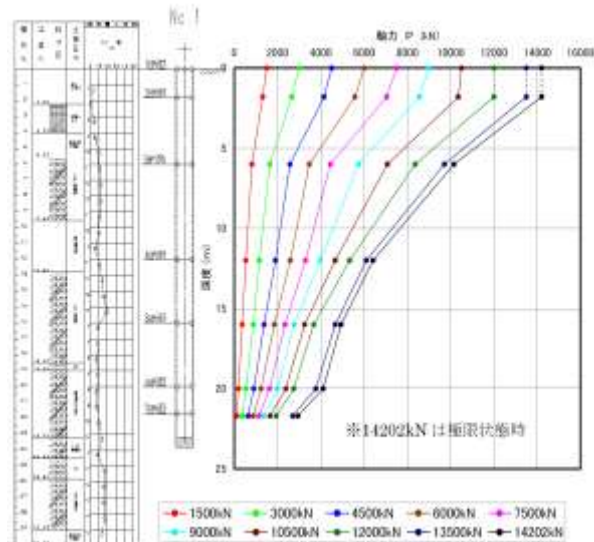


図4 試験杭1（鋼管φ1000）軸力分布

表4 設計値と載荷試験結果の比較

	既往算定式 による設計値	載荷試験結果	
		鋼管径1000	鋼管径800
基準先端支持力	2320	3160 (1.36)	3260 (1.41)
最大周面支持力	5330	10870 (2.04)	8760 (1.64)