

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及び施工管理手法の一考察 (その1:鉛直載荷試験及び設計への適用)

九州旅客鉄道(株)

○清水 琢磨, 古屋 弘樹
安藤 貴彦

1. はじめに

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15ヶ所の踏切除却を目的とした連続立体交差事業が施行中である。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、基礎構造は、摩擦特性の長けた鋼管ソイルセメント杭を検討対象とした。しかしながら、これまで摩擦杭として同杭を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及び施工管理手法の一考察について報告する。その1では鉛直載荷試験及び設計への適用について述べる。

表1 杭構造の比較

	場所打ち杭	鋼管ソイルセメント杭
杭径×杭長	Φ1.1m×38m	Φ1.0m(固化体径Φ1.2m)×32m
杭鋼材	D38-20本(SD345)	t=18(SKK490)
支持力	先端150N,周面5N	先端150N,周面7N
施工性	◎	○
環境性	△(振動大)	○(低騒音・低振動・低排土)
工事費	(1.00)◎	(1.08)○
工期	○	◎
総評	○	◎

2. 杭構造の選定

本区間の高架橋基礎杭の選定対象は、高架橋施工実績の多い場所打ち杭と鋼管ソイルセメント杭を対象とした。概略検討を元にした杭構造の比較結果は表1の通り。

3. 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、現行鉄道標準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¹⁾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。

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
周面支持力	9.3	7N	5330	7650(kN)
先端支持力	13.7	150N	2320	

表3 試験杭の仕様

	鋼管径(mm)	鋼管長(m)	板厚(mm)	固化体径(mm)
試験杭1	1000	24.5	19	1200
試験杭2	800	24.5	19	1200
反力杭	800	24.5	9	1200

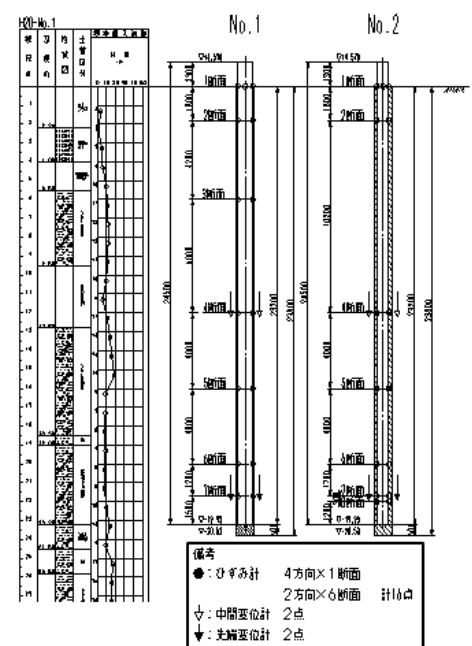
4. 鉛直載荷試験の計画

試験杭は、暫定的に摩擦杭としての設計を行い、L2地震動での液化化の影響を考慮しても、必要な支持力を満足できる杭諸元(固化体径1.2m、杭長23.8m)とした。この杭諸元に対して既存の算定式による支持力(以下「設計値」と記す)を概算したものを表2に示す。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ために、計画最大荷重は15000kNとした。

試験杭の鋼管の仕様は、設計上は鋼管径800mmでも耐えられることが明らかになったため、表3に示すように、試験杭は鋼管径800mmと1000mmの2本とした。

5. 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(15000kN)に対して、試験サイクルを5サイクル(3000kN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、杭頭部と杭先端部及び中間部の変位と、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配置状況を示す。

6. 試験結果

(1) 総合図

試験杭1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図2に示す。荷重の増加と共に徐々に変位量が大きくなり、12500kNから15000kNへの载荷の過程で変位が大幅に増加し、極限状態に至った。各試験の結果は表4のとおり。

表4 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

(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（鋼管径1000）の荷重段階毎の深度方向軸力分布図を図3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として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。

7. 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载荷試験結果の比較を表に示す。結果、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確認できた。鉄道構造物設計標準「载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設計とした。

8. 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、鉛直载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て設計を行うことで、より合理的な設計とすることが可能となった。後述の論文において実施工事例の紹介及び施工管理手法の考察について述べる。

参考文献

1) 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

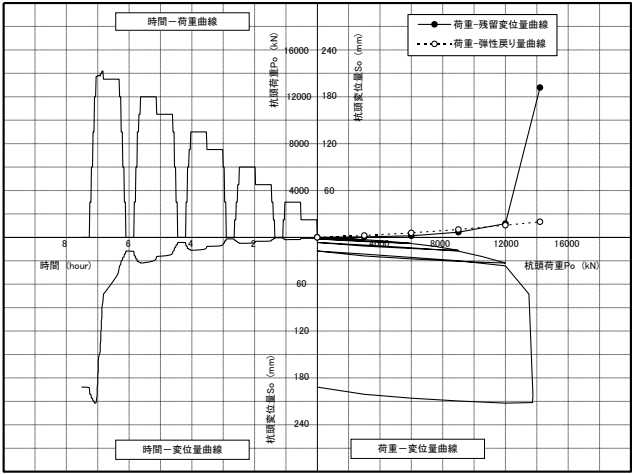


図2 総合図

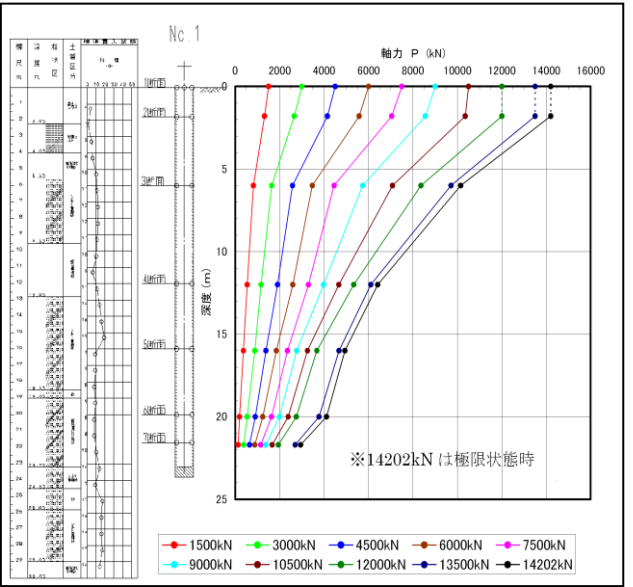


図3 軸力分布図

表5 設計値と载荷試験結果の比較

	既往算定式 による設計値	载荷試験結果	
		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)