

# 鋼管矢板井筒基礎の鉛直支持力—その2 杭の急速載荷試験について

鋼管矢板井筒基礎 島根県高規格道路事務所 非会員 景山 玄夫 (株)地盤試験所 正会員 高野 公作  
 杭の急速載荷試験 島根県高規格道路事務所 非会員 星野 充孝 (株)地盤試験所 正会員 ○小林 剛  
 押込み試験 島根県高規格道路事務所 正会員 佐藤 啓介 (株)地盤試験所 非会員 山本 伊作  
 (株)地盤試験所 国際会員 宮坂 享明 (株)地盤試験所 非会員 吉國 将大

## 1 はじめに

ウォータージェット併用パイプロ工法で施工した後に鋼管矢板内部を掘削して中詰めコンクリートを打設した鋼管矢板井筒基礎の極限支持力を適切に評価するために、鋼管矢板の押込み試験を行った。一方、近年では最大試験荷重が 40MN も超える、軟クッションを用いる重錘落下方式杭の急速載荷試験が開発され、実用化されている。そこで鋼管矢板の押込み試験結果と杭の急速載荷試験結果との整合性を確認することで、他橋脚での杭の急速載荷試験結果から静的鉛直支持力特性を精度よく推定できることから、約5週間前に押込み試験をした杭において杭の急速載荷試験を行った。杭の急速載荷試験では、杭頭履歴残留沈下量が D/10 を超えるような多サイクル載荷試験を行い、両試験方法から得られた鉛直方向極限支持力を比較検討するとともに、K-WAVE により波形マッチングを行い、周面摩擦抵抗の深度分布についても比較検討した。

## 2 試験概要

### 2-1 試験装置

今回の杭の急速載荷試験は、図-1 に示す大型重錘落下方式試験装置を使用した。重錘及び軟クッションの仕様を表-1 に示す。重錘の質量は、計画最大荷重(9000kN)に対して約 2.5%で、22 t のものを使用した。試験は履歴荷重時の支持力特性を検証するため、落下高 0.25m ピッチの多サイクル試験を行った。載荷時間は、弾性波が杭体中約 7 回往復する時間(80 ms)とした。また、軟クッションが剛床上に置かれているものと仮定し、重錘が軟クッションに接してから離れるまでの時間が上記載荷時間を満足できるように軟クッションのばね乗数を決めた。実載荷時間、相対載荷時間、ばね乗数など合わせて表-1 に示す。



図-1 杭の急速載荷試験装置

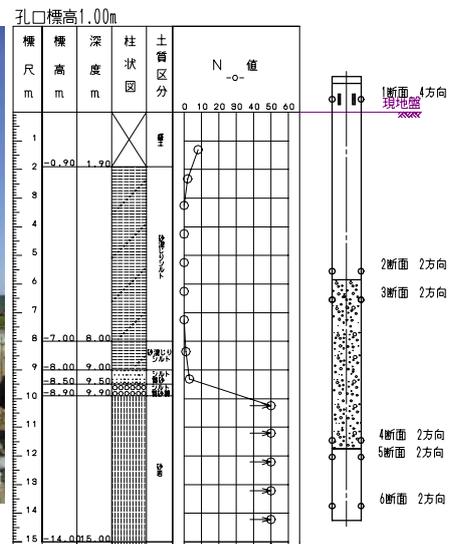


図-2 試験地盤及び試験杭

表-1 試験装置仕様

杭長	弾性波速度	相対載荷時間	実載荷時間	重錘質量	ばね乗数
m	m/s	t r	ms	t	kN/mm
15.5	5120	10	60	22	120

### 2-2 試験杭および試験地盤仕様

今回の試験地盤の土質柱状図を図-2 に示す。また、試験杭は、ウォータージェット併用パイプロ工法で施工した後に内部を掘削して中詰めコンクリートを打設した鋼管矢板で、押込み試験後5週間養生した後、杭の急速載荷試験を実施した。試験杭仕様および押込み試験結果は、それぞれ表-2 および表-3 に示す。杭先端は GL-10m 以深、N 値が 50 を超える砂岩層に約 4.2m 根入れしている。

表-2 試験杭仕様

杭径	杭長	杭種別	鋼管厚	中詰めコンクリート位置
mm	m		mm	m
1000	15.5	鋼管杭	14	杭頭-7.1m~-13.0m

表-3 杭の押込み試験結果

第1 限界荷重時		第2 限界荷重時		杭頭沈下剛性
荷重	杭頭変位	荷重	杭頭変位	
kN	mm	kN	mm	
6000	45.2	9,365	100	133

押込み試験結果としては、表-3 に示すとおり、第1 限界抵抗が 6000kN、第2 限界抵抗が Weibull 曲線推定により約 9365kN、杭頭沈下剛性が 133kN/mm であった。

表-4 杭の急速載荷試験計測項目

ひずみ計	12点
加速度計	2点
変位計	1点

Bearing Capacity of Steel Pipe Sheet-pile Well-shaped Foundation: Part 2 Hybriddynamic Pile Rapid Load Test

H KAGEYAMA<sup>1)</sup>, M HOSHINO<sup>1)</sup>, K SATO<sup>1)</sup>, T MIYASAKA<sup>2)</sup>, K TAKANO<sup>2)</sup>, G KOBAYASHI<sup>2)</sup>, I YOSHIKUNI<sup>2)</sup>, M YOSHIKUNI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Shimane Prefecture Highways Office, <sup>2)</sup> Jibanshikenjo Co., Ltd.

## 2-3 計測項目

計測項目は表-4 に示すとおり、ブリッジタイプひずみ計および圧電タイプ加速度計がそれぞれ 12 点と 2 点とした。残留沈下の測定は 1 点とし、時刻歴変位は速度からの数値積分値を用いた。

## 3 試験結果

### 3-1 静的極限地盤抵抗—沈下量の関係

除荷点法に基づく地盤抵抗—沈下量曲線を図-3 に示す。図-5 を見ると、杭の急速載荷試験から得られた初期沈下剛性値は 400kN/mm 弱となっていること、この値は押込み試験結果から得られた値(133kN/mm)に対して約 3 倍になっていること、推定された静的極限地盤抵抗は、落下高 2.2m 時が 9143kN であり、静的試験結果(9365 kN)に対して、ほぼ一致している結果となった。沈下剛性の相異は、杭先端支持地盤が硬い砂岩で、過去の履歴荷重効果が残っていることに起因するものと思われる。

### 3-2 静的杭頭荷重—沈下量曲線の推定

静的杭頭荷重—沈下量曲線は杭の急速載荷試験結果の初期勾配と前述の静的極限地盤抵抗を 0.1D にプロットした点との間を Weibull 曲線で結ぶことにより推定した。その結果を静的載荷試験結果と合せて図-4 に示す。図-4 をみると、沈下剛性が大きく異なっていることがわかる。

### 3-3 杭軸力分布

押込み試験及び K-WAVE を用いた波形マッチングから得られた杭軸力分布を合せて図-5 に示す。図-5 を見ると、両者がよく合致していることがわかる。

### 3-4 静的載荷試験との整合性

前述のように今回の杭の急速載荷試験では、杭先端支持地盤が硬い砂岩で、過去の履歴荷重効果が杭の急速載荷試験結果に大きな影響を及ぼすことを考慮して、杭の急速載荷試験から得られた地盤抵抗—沈下量曲線を静的載荷試験の結果の後ろに載せると、図-6 のようになる。図-6 をみると両試験方法の間に良い整合性を示していることがわかる。

## 4 まとめ

今回の杭の急速載荷試験の最大な特徴およびまとめは、下記のとおりである。

- ① 最大残留沈下量(H=2.2m 時)は 6.4mm であった。
- ② 最大実載荷速度(H=2.2m 時)は、荷重で約 130MN/s、変位で約 0.1m/s である。
- ③ 実載荷時間は約 60-ms で、波動が杭体中約 10 往復する時間であった。
- ④ 杭の急速載荷試験から得られた沈下剛性は、静的載荷試験から得られた値の約 3 倍となり、杭先端支持地盤が砂岩に起因するものと思われる。
- ⑤ 杭の急速載荷試験から得られた限界地盤抵抗は、静的載荷試験から得られた第 2 限界荷重とほぼ一致した結果となった。
- ⑥ 杭の急速載荷試験結果は静的載荷試験結果と良い整合性を示した。

### 【参考文献】

- 1) 地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 第一回改訂版(2003.5)
- 2) 宮坂享明, Garland Likins, 桑原文夫, Frank Rausche, その他; ハイブリッドナミック試験の載荷特性および試験結果の解釈, 第 43 回地盤工学研究発表会 pp1259-pp1260, 広島, 2008 年 7 月
- 3) Takaaki Miyasaka, Garland Likins, Fumio Kuwabara, Frank Rausche, Masayuki Hyodo; "Improved Methods for Rapid Load Tests of Deep Foundations"; 2009 International Foundation Congress and Equipment Expo.; Proceeding Deep Foundations, pp629-636, Orlando, FL., Mar., 2009

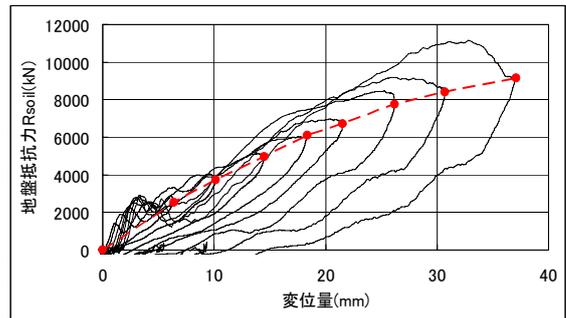


図-3 除荷点法による地盤抵抗—沈下量曲線

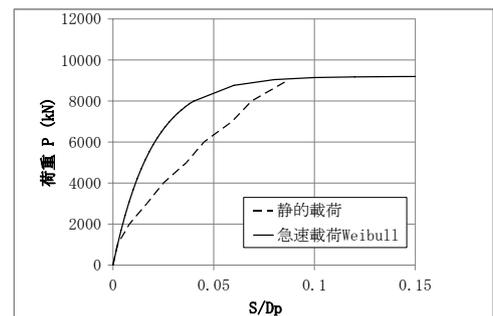


図-4 静的杭頭荷重—沈下量曲線

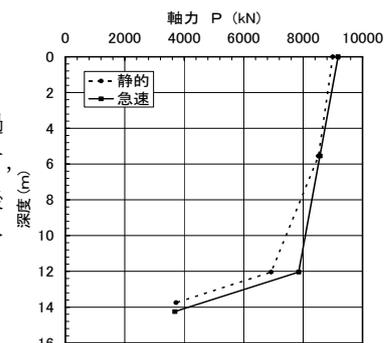


図-5 深さ方向軸力分布図

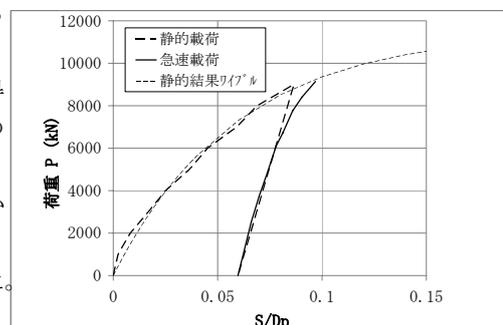


図-6 静的載荷試験と急速載荷試験との整合性