

# 鋼管杭の衝撃載荷試験について

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 田野 彰一  
(独) 鉄道・運輸機構 石山 民一

## 1. はじめに

東北新幹線 八戸-新青森間、川去川橋りょう工事は、当該地盤が非常に軟弱であり被圧地下水その他の理由により橋りょうの支持杭に鋼管杭を採用している。鋼管杭の施工管理式には道路橋示方書に示されている式(以下、道示式という)が用いられることが多いが、当工区では確実な施工を行なうため、本杭の打設に先立ち衝撃載荷試験を行なった。本稿では、川去川橋りょうにおける鋼管杭の衝撃載荷試験による施工管理式の作成及びその検証結果について報告する。

## 2. 衝撃載荷試験の必要性

当工区における衝撃載荷試験の必要性は次の通りである。

想定支持層(図-1)である砂層(Nos)は、軽石を多く含んだ火山性の地質で、一般的な砂質土層とは異なり砂自体の粒子がポーラスで粒子破砕が懸念される。

当工区のように先端が開放され、杭径が比較的大きな鋼管杭の場合には、杭先端の閉塞効果が期待できず、施工管理において必要となる先端支持力(リバウンド)が得られない可能性がある。

道示式は過去の施工実績をもとに作成されたものであり、特殊な地盤への適用には不安がある。

、 に対処するため、当該地盤の持つ先端支持力とそれに付加する周面摩擦力を確実に把握し、精度の高い施工管理式を作成する必要がある。

以上から、当工区では衝撃載荷試験を実施し、当該地盤の極限支持力を確認するとともに、当該地盤の性状を考慮した精度の高い施工管理式を作成することとした。

## 3. 衝撃載荷試験の概要

衝撃載荷試験は、杭頭にハンマーで打撃力を与え、杭頭部で発生するひずみと加速度から地盤の静的貫入抵抗力を推定するものである。しかしながら、ハンマーで打撃力を与えた場合に得られる地盤の抵抗力には静的なもの動的なものが含まれており、施工時の状態から直接静的貫入抵抗力を導くことはできない。このため、当工区における衝撃載荷試験では“施工時試験”に加えて、養生期間で増加する杭周面の摩擦力を確認するために1週間の時間をおいて再度打撃を与える“養生後試験”を行なった。

衝撃載荷試験で計測されるひずみと加速度は一次元波動理論に基づいた入射波と反射波に変換できる。この反射波を波形マッチング解析することにより、地盤の静的貫入抵抗力(貫入抵抗力 = 先端支持力 + 周面摩擦力)を推定することとした。

## 4. 施工管理式について

### (1) 波形マッチング解析結果

表-1 に波形マッチング解析から得られた大浦山BL(A1)及び川去川 B(P1)の試験杭の静的貫入抵抗力及

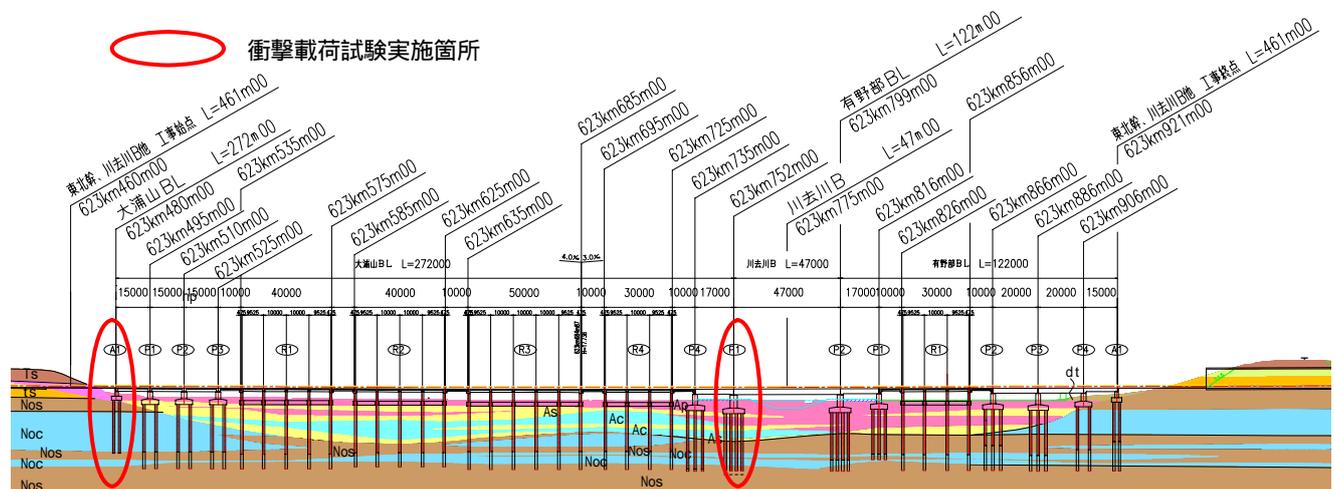


図-1：川去川 B 他工区 地質縦断面図及び衝撃載荷試験実施箇所

表-1：試験結果

	施工時試験		養生後試験		必要支持力
	先端 $R_{si1}$	周面 $R_{sr2}$	先端 $R_{sr1}$	周面 $R_{sr2}$	
大浦山BL (A1)	先端 $R_{si1}$	1,797kN	先端 $R_{sr1}$	2,584kN	5,407kN
	周面 $R_{sr2}$	1,193kN	周面 $R_{sr2}$	4,958kN	
	合計	2,990kN	合計	7,542kN	
川去川B (P1)	先端 $R_{si1}$	1,116kN	先端 $R_{sr1}$	3,497kN	6,733kN
	周面 $R_{sr2}$	1,190kN	周面 $R_{sr2}$	6,747kN	
	合計	2,306kN	合計	10,244kN	

び必要支持力を示す。尚、必要支持力とは各設計限界状態と耐震レベル L1・L2 における設計支持力を各安全率で割戻した値の最大値である。これによると、養生期間を置くことにより先端支持力と周面摩擦力はともに増加しており、これは施工時に乱した地盤が回復して土が締まることに起因すると考えられる。先端支持力の増加は杭の内側に発生する内周面摩擦力の増加によるものと考えられ、懸念していた杭の閉塞効果を確認できた。また、両試験杭とも静的貫入抵抗力は必要支持力を満足することを確認できた。

(2) 施工管理式の作成

当工区では、図-2 に示すように道示式をもとに現地での衝撃載荷試験の結果を用いて当該地盤にあった施工管理式の作成を行なった。

道示式は式(1)によって表され第 1 項はリバウンド量 K により算出される先端支持力を、第 2 項は地盤の平均 N 値から算出される周面摩擦力をそれぞれ表す<sup>1)</sup>。

$$Ra = \frac{1}{3} \left( \frac{AEK}{e_0 \cdot \ell_1} + \frac{N U \ell_2}{e_f} \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、Ra: 杭の許容支持力(kN)、A: 杭の断面積 (m<sup>2</sup>)、E: 杭のヤング係数(kN/m<sup>2</sup>)、 $\ell_1$ : 杭長の補正地(m)、 $\ell_2$ : 杭の根入れ長さ(m)、K: リバウンド量(m)、 $e_0 \cdot e_f$ : 補正係数、N: 杭周面平均 N 値、U: 杭の周長(m)である。

この式をもとに当該地盤にあった施工管理式にするため、先端支持力については、換算係数 (道示式の第 1 項に対する施工時衝撃載荷試験の先端支持力の比)及びセットアップ率  $S_{s1}$  (施工時の静的先端支持力に対する養生後の静的先端支持力の比)を求め、これらを式(1)の第 1 項に乗じることとした。一方、周面摩擦力については、設計値と試験結果を比較すると、試験結果の方が大きい値となった。従って、施工上安全側で管理する目的で設計値を周面摩擦力として加えることとした。以上から施工管理式は式(2)のようになる。

$$Rs = \frac{AEK}{e_0 \cdot \ell_1} \times \alpha \times St_1 + Rs_2 \quad \dots \text{式(2)}$$

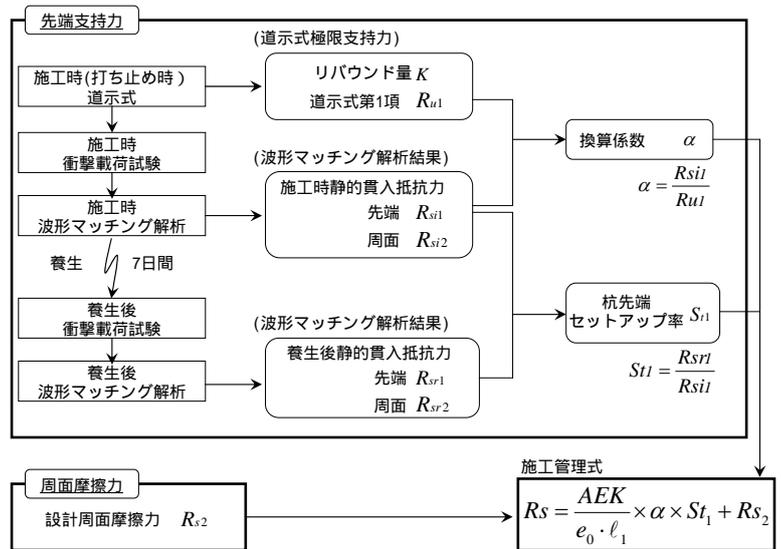


図-2：施工管理式作成フロー

ここに、Rs: 杭の極限支持力(kN)、 $\alpha$ : 換算係数、 $S_{s1}$ : セットアップ率、 $R_{s2}$ : 設計周面抵抗力(kN)である。また、大浦山 BL(A1)及び川去川 B(P1)の施工管理式は、それぞれ式(3)、式(4)となる。

$$Rs = \frac{AEK}{e_0 \cdot \ell_1} \times 1.222 + Rs_2 \quad \dots \text{式(3)}$$

$$Rs = \frac{AEK}{e_0 \cdot \ell_1} \times 1.156 + Rs_2 \quad \dots \text{式(4)}$$

式(3)、(4)では、先端支持力分が道示式に比べて約 1.2 倍大きいですが、これは実際の地盤での試験結果に基づくものであり、信頼性の高い値である。

(3) 作成した施工管理式の検証

実施工では、精度を高めた式(3)、(4)の施工管理式を用いることにより、リバウンド不足や高止まり等のトラブルもなく鋼管杭打設を適切に管理することができた。したがって、衝撃載荷試験により作成した施工管理式は、当該地盤の性質を加味した精度の高いものであったといえる。

5. まとめ

川去川橋りょう工事では、衝撃載荷試験により当該地盤にあった鋼管杭の施工管理式を作成し、それにより確実な施工を行なうことができた。また川去川橋りょうでの成果は、類似の地盤条件である周辺の新幹線工事でも活用している。

参考文献

1) 杭基礎施工便覧：日本道路協会、1994.10