

周面支持力を向上させた鋼管杭の鉛直支持力の評価

J R 東日本 正会員 ○ 鈴木吉昭，正会員 鈴木啓晋，正会員 高崎秀明
鉄建建設（株） 正会員 竹田茂嗣， 森本武夫， 山本 淳

1．はじめに

鉄道構造物等設計標準¹⁾（以下，設計標準）によれば，地盤を切削しながら鋼管杭を圧入する中掘り先端根固め杭の周面支持力は，杭体が地山に密着する場所打ち杭（掘削に泥水を用いない）の場合より低く算定され，杭長の設定に大きく影響している．そこで，中掘り先端根固め杭において鋼管杭先端部の周面にセメントミルクを充填することにより，周面支持力を向上させて杭の鉛直支持力を向上させる方法を開発した．試験杭を打設し杭の押込み試験により周面支持力の向上効果を検証した結果について報告する．

2．試験方法

（1）鋼管杭の打設および周面支持力向上の方法

鋼管杭先端部の構造を図-1に示す．周面支持力向上の対策は杭先端部 2.0m の範囲に対して行うものとし，先端ビット中央部に根固め用セメントミルクの吐出口を，鋼管側面には2箇所に周面支持力向上用の吐出口（A，B）を設け，セメントミルクを一体化させるためのリブを螺旋状に設置した．鋼管杭の打設は，所定の深度に達するまで鋼管の削孔・圧入および接続を繰り返して先端根固めを行った後，杭を回転させながら吐出口 A，B よりセメントミルクを鋼管杭の外周面に向けて噴射し杭周面に充填した．

（2）試験ケース

試験ケースを表-1に示す．試験杭1と試験杭2では土質の異なる深度で杭先端部 2.0m の範囲（以下，杭先端部）で周面支持力向上を行い，周面支持力の向上効果の違いを検証した．また，文献2)において打設した周面支持力向上対策を行わずに先端からのみセメントミルクを吐出し周囲に行きわたらせた杭を試験杭3として，試験杭1,2と比較した．

（3）地盤条件

各試験杭を打設した地点の地盤条件を図-2に示す．試験杭1,2を打設した地点の土質は，主として深度 7.5m までは N 値 1～2 の粘性土層，7.5m～15m は N 値 9～31 の粘土質細砂層，15m～24m は N 値 22～50 以上の細砂層で構成されている．試験杭1は N 値 55 となる深度 20.0m の細砂層，試験杭2は N 値 20 となる深度 13.8m の粘土質細砂層まで打設した．また，試験杭3を打設した地点の土質は，地表から 5.4m までは N 値 5 程度の粘性土層であり，それ以深は N 値 5 以上の砂質土層である．杭の打設長は， N 値が 30 以上となる 16.5m とした．

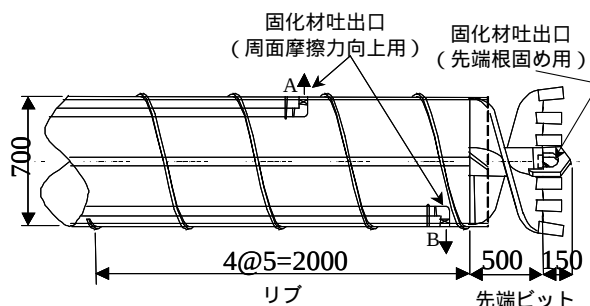


図-1 鋼管杭先端部

表-1 試験ケース

項目	試験杭1	試験杭2	試験杭3
杭径	φ 700	φ 700	φ 700
杭長（打設長）	20.0m	13.8m	16.5m
周面支持力向上	リブ範囲	先端2.0m	なし
	対象土質	粘土質細砂	砂質シルト

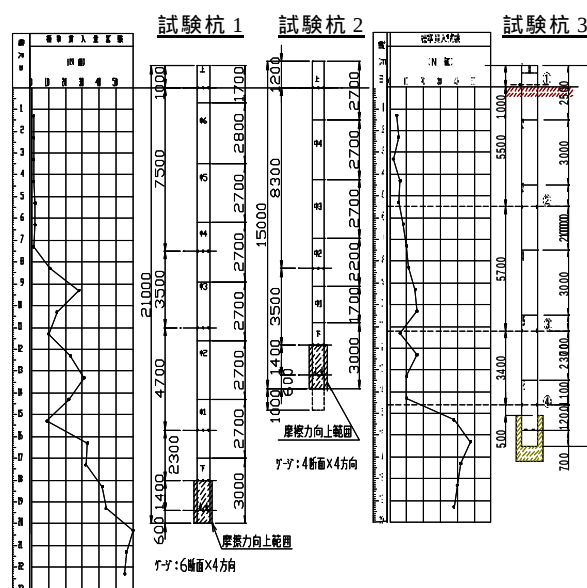


図-2 土質柱状図

キーワード：鋼管杭，周面支持力，鉛直載荷試験

連絡先：東京工事事務所 工事管理室 〒152-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 03-3379-4353

（４）鉛直載荷試験

各杭の鉛直支持力の確認試験は「（社）地盤工学会：杭の押込み試験方法²⁾」に準拠して実施した。設計鉛直支持力は、中掘り先端根固め杭の算定方法¹⁾により算定し、最大荷重は各杭の設計鉛直支持力の1.5倍に相当する荷重とした。また、サイクル数は5サイクルで荷重ピッチは10段階とし、各新規荷重へ到達後30分間の荷重保持を行った。計測項目は、杭頭・杭先端沈下量、杭頭水平変位、杭体ひずみ量とし、杭体のひずみ量は、図-2に示したとおり地層が変化する断面において4点ずつ計測した。

３．試験結果

表-2は、各試験杭の押込み試験結果から第2限界抵抗力発生時の周面支持力と先端支持力をまとめたものである。第2限界抵抗力は、試験杭1および3では、杭頭荷重のピークが現れなかったため杭先端沈下量が杭径の10%（70mm）に到達した時とした。また、試験杭2では、杭頭荷重が最大試験荷重を超えても杭先端沈下量が14mm程度であったため、3900kNまで載荷した時点で試験を終了し、杭頭荷重～杭先端沈下量関係を用いて第2限界抵抗力を推定した。いずれの試験杭においても、第2限界抵抗力は設計鉛直支持力を上回る結果となった。

表-3は各試験杭先端部の第2限界抵抗力発生時の周面支持力をまとめたものである。設計値は、設計標準における場所打ち杭の方法（砂質土： $r=5N$ 200kN/m²，粘性土： $r=10N$ 150kN/m²）により算出したものである。試験杭1および2の周面支持力は、それぞれ5N（砂質土）の1.1倍および1.8倍で場所打ち杭の方法による設計値を上回る結果となったが、試験杭3は10N（粘性土）の1.0倍で設計値にほぼ等しい値を示した。

次に図-3は、杭先端部の周面支持力度／最大周面支持力度と杭頭荷重／第2限界抵抗力（試験杭2は試験終了時の荷重）の関係を示したものである。周面支持力度は試験杭1および3では第2限界抵抗力に到達する手前でピークに到達する。その後、試験杭1では第2限界抵抗力に至るまで周面支持力度は殆ど減少せずに最大値が保持されているのに対し、試験杭3では1割程度減少している。この極限状態付近における周面支持力の挙動の違いは、周面支持力向上対策を行った鋼管杭の鉛直支持力が増す要因の一つであると考えられる。

以上の結果から、今回実施した地盤条件においては、杭周面にセメントミルクを充填することによる周面支持力の向上効果は確実であり、その場合の周面支持力の算定には場所打ち杭の方法が適用できることがわかった。

４．まとめ

先端部に周面支持力向上対策を行った鋼管杭に対して鉛直載荷試験を実施した結果、以下の知見を得た。杭周面にセメントミルクを充填することにより、鋼管杭の周面支持力は増大する。

周面支持力向上を行った範囲には、設計標準における場所打ち杭の算定方法（砂質土： $r=5N$ ，粘性土： $r=10N$ ）が適用できる。

【参考文献】

- 1)（財）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），1997。
- 2) 沼田ら：低空頭条件下における鋼管杭工法の施工確認試験，第61回土木学会年次学術講演会概要集，2006.9，投稿中
- 3)（社）地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説，2002。

表-2 押込み試験結果（第2限界抵抗力）

	試験杭1		試験杭2		試験杭3	
	設計値	試験値	設計値	試験値	設計値	試験値
周面支持力 (kN)	1946	3743	936	3510	939	1988
先端支持力 (kN)	2886	2737	1154	1190	2375	2422
合計 (kN)	4832	6480	2090	4700	3314	4410

試験杭2は推定

表-3 杭先端部 周面支持力

	試験杭1	試験杭2	試験杭3
設計値 (砂質土 $r=5N$ 粘性土 $r=10N$ kN/m ²)	245	125	130
試験値 (kN/m ²) (第2限界抵抗力到達時)	269	225	127
試験値/計算値	1.1	1.8	1.0

試験杭1の設計値は上限値を無視した場合

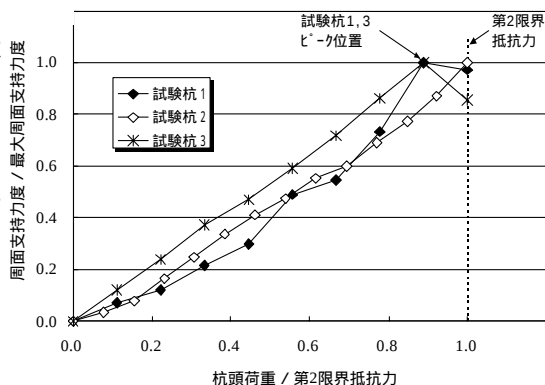


図-3 杭先端部の周面支持力と杭頭荷重の関係