

低空頭・狹隘対応場所打ち杭BCH（Bottom Circulation Hole）杭の支持力特性

鹿島建設（株） 正会員○嶋田義人，正会員 北本幸義
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 棚村史郎，正会員 西岡英俊
 鹿島建設（株） 岡直彦， 山本信也

1. はじめに

超低空頭・狹隘部における本設構造物としての場所打ち杭の造成を目標として開発した BCH(Bottom Circulation Hole)工法¹⁾では，従来の正循環方式である BH 工法が抱えていた孔内の安定液の高比重化による支持力性能の低下という課題が改善された．この改善効果は試験施工時における安定液の濃度の測定により確認されたが，造成された杭(以下，「BCH 杭」)の支持力特性を定量的に把握し，鉄道構造物基礎として十分な支持力を有することを確認するために，杭の押込み試験（地盤工学会基準 JGS1811）を実施した．

鉄道構造物基礎としての BCH 杭の支持力評価においては，押込み試験から得られる杭の最大周面支持力，杭先端の基準先端支持力および杭周面のせん断地盤反力係数，杭先端の鉛直地盤反力係数が鉄道技術基準（鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物編²⁾）から定まる値以上であることを確認することとした．

2. 杭の押込み試験の概要

杭の押込み試験は，多段階载荷方式・多サイクルによった．試験杭の仕様は直径Φ800mm，杭長L=26.5mで，図-1のボーリング柱状図に示すように，支持層はN値が50以上の砂層である．反力抵抗体は4本の反力杭とし，試験杭と同様に BCH 工法により直径Φ800mmにて掘削し，H形鋼 H-400×400 を芯材として杭底まで設置した．

押込み試験箇所は，図-1に示すように自立性の高い地盤と考えられたことから，反力杭の掘削はベントナイト濃度を3%未満として行った．試験杭については，実際の施工においてベントナイト濃度を3~10%に設定する頻度が多いと考えられることから，ベントナイト濃度5%の安定液を用いた．試験杭は，このようにベントナイト濃度を3~10%として施工するものの，設計値を上回る最大周面支持力及び基準先端支持力が得られる可能性があることから，計画最大荷重としてはベントナイト濃度を3%未満として得られる設計鉛直支持力 $R_{vd}=9,464 \text{ kN}$ （基準先端支持力 $R_p=1,761 \text{ kN}$ ，最大周面支持力 $R_f=7,703 \text{ kN}$ ）に50%の割増を見込んだ15,000 kNに設定した．

押込み試験時の計測項目として，試験杭については杭頭沈下量，杭先端沈下量，杭中間沈下量（1深度），杭頭水平変位量及び杭体ひずみ（7深度）を，反力杭については芯材（H-400×400）の杭頭ひずみ及び浮き上がり量を設定した．なお，杭体ひずみについては鉄筋籠に取り付けたひずみゲージにて測定し，このひずみに対応したコンクリートの弾性係数から軸力に換算した．試験杭の計器配置を図-1に併記する．杭先端の変位が100mm（杭径の12.5%）を超過し，杭頭反力13,500kNを得られた段階で押込み試験を終了した．

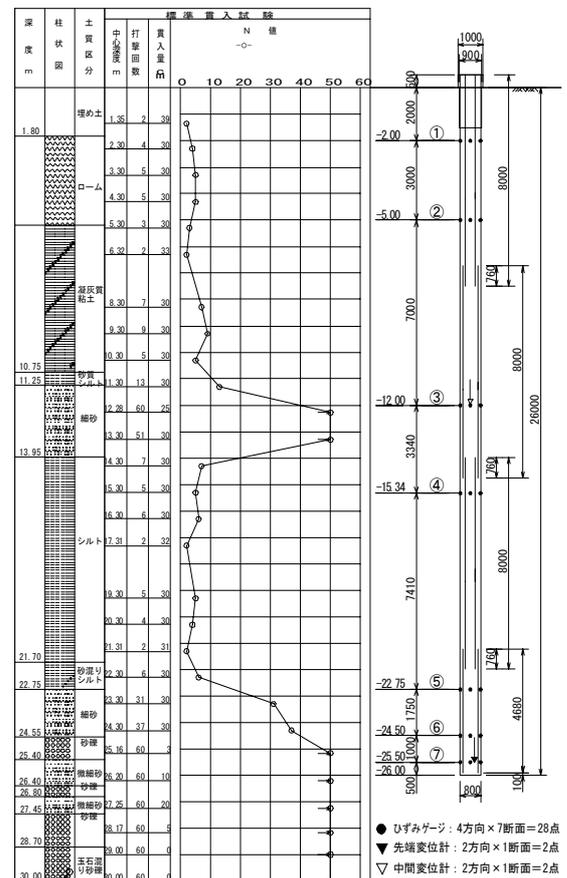


図-1 土質柱状図及び計器配置図

キーワード：場所打ち杭，低空頭，狹隘，杭基礎，鉄道構造物

連絡先：鹿島建設（株）土木管理本部 土木工務部 東京都港区元赤坂 1-2-7 TEL:03-3404-3311

（財）鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL：042-573-7261

2. 押込み試験結果

押込み試験の試験結果総合図を図-2 に示す。最大周面支持力度および基準先端支持力度については、杭径の10%の変位における値とピーク値の内、最大値を試験値とした。一方、杭周面のせん断地盤反力係数および杭先端の鉛直地盤反力係数については、基準変位量 10mm の時の周面支持力度および先端支持力度の割線勾配とした。

なお、①～②区間(図-1 参照)については、掘削径の出来形のばらつきが大きいこと、そして最も荷重変位が大きく、かつ土中の拘束圧が小さいため荷重試験から得られる最大周面支持力度の正当な評価が難しいと考えられる。③～④区間については、杭施工時に礫を確認し、荷重試験後に実施したコーン貫入試験より礫層を挟む中位の砂との互層と考えられること、また、近傍のボーリングでは N 値が 20 程度であり、荷重試験地点の N 値は礫を叩いて大きな値となった可能性があることから同じく評価が困難であると考えられる。以上より、①～②、③～④区間は評価対象外とした。

(1) 杭の周面支持特性の評価

各土層の最大周面支持力度および杭周面のせん断地盤反力係数を表-1 に示すが、最大周面支持力度、杭周面のせん断地盤反力係数ともに試験値は設計値を上回る結果を得た。

(2) 杭の先端支持特性の評価

表-2 に示すように、基準先端支持力度は設計値の約 2.8 倍、鉛直地盤反力係数も約 17 倍といずれも試験値が設計値を十分上回る結果となった。

(3) 鉛直支持力の評価

杭の鉛直支持力(最大周面支持力と基準先端支持力の和)について、試験値と設計値(ベントナイト濃度 3～10%)との比較表を表-3 に示す。最大周面支持力が設計値の約 1.6 倍、基準先端支持力は設計値の 2.8 倍となり、杭の鉛直支持力としては設計値の約 2 倍の値が得られ、十分な支持力が得られることを確認した。

3. まとめ

超低空頭・狭隘な箇所における本設構造物基礎としての場所打ち杭を正循環方式にて造成することを目指して開発された BCH 工法は、BH 工法が有していた課題を解消するために改良を加えたものである。その改良の効果は、掘削中に測定された孔内のベントナイト濃度や掘削後の孔壁の超音波測定結果から確認することができたが、押込み試験を行うことにより、定量的にも試験地点では鉄道構造物基礎として十分な支持力特性を有することを確認した。今後は、BCH 工法の更なる適用と押込み試験の実施によるデータの蓄積を図り、一般的な工法としての展開に努める予定である。

- 参考文献 1)村田, 神田, 齋藤他, 低空頭・狭隘対応場所打ち杭 BCH (Bottom Circulation Hole) 工法の概要と特徴, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004.9 (投稿中)
 2) 鉄道総合技術研究所編, 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物編, 2000.6

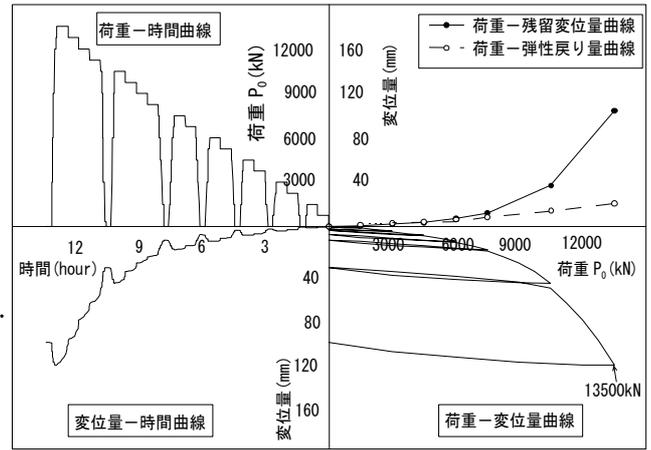


図-2 試験結果総合図

表-1 最大周面支持力度及び杭周面のせん断地盤反力係数一覧表

区間	土質	最大周面支持力度		杭周面のせん断地盤反力係数		
		試験値	設計値*	試験値		設計値
		r_{test} (kN/m ²)	r_{design} (kN/m ²)	k (kN/m ³)	k_{svtest} = $k/1.5$ (kN/m ³)	$k_{svdesign}$ (kN/m ³)
②～③	凝灰質粘土	188	77	16,309	10,900	1,330
④～⑤	シルト	156	80	21,948	14,600	1,060
⑤～⑥	細砂	129	68	18,388	12,300	9,040
⑥～⑦	砂礫	1,330	100	122,077	81,400	13,300

*ベントナイト濃度 3～10%

表-2 基準先端支持力度及び杭先端の鉛直地盤反力係数一覧表

土質	基準先端支持力度 (Φ800)		杭先端の鉛直 地盤反力係数	
	試験値	設計値	試験値	設計値
	q_{ptest} (kN/m ²)	$q_{pdesign}$ (kN/m ²)	k_{vtest} (kN/m ³)	$k_{vdesign}$ (kN/m ³)
砂質土	9,630	3,500	1,470,000	88,700

表-3 杭の鉛直支持力比較表

項目	最大周面 支持力	基準先端 支持力	合計
試験値	7,907kN	4,843kN	12,750kN
設計値*	4,840kN*	1,761kN	6,601kN*

*ベントナイト濃度 3～10%