

都市計画道路松江熊野線「鍛冶橋」架け替え工事における
回転切削圧入工法で施工した鋼管杭の軸方向押込み支持力について

島根県 松江県土整備事務所 飯塚 拓英, 善家 修一
同上 松浦 漢
鋼管杭, 回転切削圧入工法, 急速載荷試験 松江土建 (株) 岸本 健一
(株)地盤試験所 国際会員○中山 敦, 山下 久男

1. はじめに

都市計画道路松江熊野線「鍛冶橋」架け替え工事は、建設から90年以上が経過し現状の耐震基準を満足せず、さらに交差点形状も良好でなく渋滞の原因となっていることから、耐震化、渋滞解消を目的として実施している。橋は橋長24m、幅員29.32mの単純鋼・コンクリート合成床版橋で、橋台の鋼管杭基礎の施工は近隣への環境配慮、狭隘な施工スペースおよび硬質な支持層(泥岩：N=95)に鋼管杭(φ800mm)を1D(D：杭径)以上根入れさせる計画から回転切削圧入工法を採用している。

この施工法の設計法は文献¹⁾に紹介されているが、支持層が岩盤(泥岩)の場合の試験実績が少ないことから、建設地点で地盤から決まる杭の軸方向押込み支持力を確認し設計へ反映させることを目的として急速載荷試験を実施したのでその内容について報告する。

2. 試験概要

試験杭は、文献²⁾に示されている類似の中掘り工法で設計した本杭を用い、その仕様はφ800mm×t12/9mm×21.5m(規格：SKK400)で、杭先端には図2に示すリングビットを取り付けてある。打設位置の地盤条件(ボーリングBP29-NO.1)を図1に示す。杭はTP-14.71m以深の支持層(泥岩)に試験位置に於いては2.34m(約3D)根入れさせる計画である。この地盤条件の設計で用いた地盤定数を表1に示す。

3. 施工概要

試験杭の施工では、文献¹⁾に示されている施工深度の圧入力、トルク値を計測して支持層深度を確認した。計測した圧入力とトルク値を図3に示す。この図が示すように、深度-14.7m付近から圧入力、トルク値も上昇し始めていることから、支持層深度は、ボーリング柱状図の泥岩の上端TP-14.7m付近であることが確認できる。

4. 試験概要

試験杭の軸方向押込み支持力は、18.2t重錘を用いた軟クッション重錘落下方式の急速載荷試験により確認した。

計画荷重は、杭耐力から5.8MNに設定し、杭の先端支持力、周面摩擦力を確認するため図1に示す杭頭、中間、杭先端より1D(D：杭径)上方0.8m(先端)位置の3断面にゲージを貼って試験を実施した。

この杭頭～中間ゲージ間の礫混砂層を除いた粘性土層の平均粘着力は $c \approx 26\text{kN/m}^2$ で、中間～先端ゲージ間の砂質土層の平均N値は $N = (8+54+63)/3 \approx 42$ であった。なお、試験は養生期間を14日取って実施した。

5. 試験結果

各落下高の各断面最大荷重と最大沈下量を

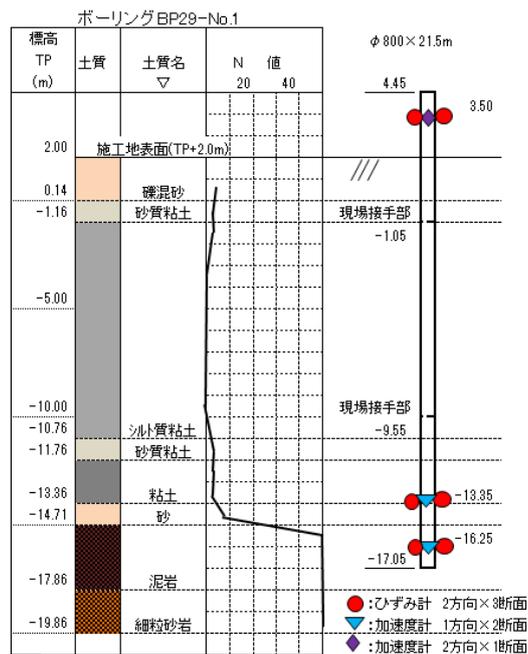


図1 地盤条件

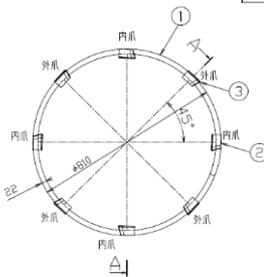


図2 リングビット

表1 地盤定数

【Bor.BP29-NO1】				
	深度 TP (m)	層厚 (m)	N値	c (kN/m ²)
	2.00			
礫混砂	0.14	1.86	3	
砂質粘土	-1.16	1.30	12	
シルト質粘土	-10.75	9.59	26	
砂質粘土	-11.76	1.01	31	
粘土	-13.36	1.60	35	
砂	-14.71	1.35	8	
泥岩	-17.86	3.15	95	
細粒砂岩	-19.86	2.00	151	

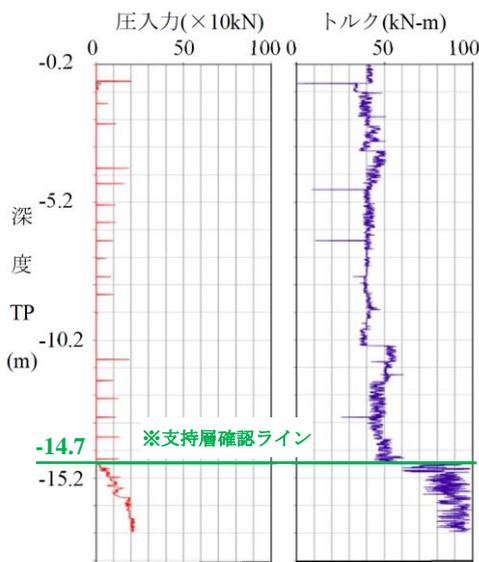


図3 施工深度の圧入力とトルク値

Vertical bearing capacity of rotary press-in method
Takuei IITSUKA, Syuichi ZENKE, Kan MATSUURA (Matsue Kendoseibi office of Shimane Prefecture)
Kenichi KISHIMOTO (Matsue-doken Corporation)
Atsushi NAKAYAMA, Hisao YAMASHITA (Jibanshikenjo Company limited)

まとめたものを表2に示す。表には式(1)の除荷点法解析で求めた地盤支持力を()内に、各落下高の残留沈下量を加えた累計残留沈下量も併記してある。この内、杭頭地盤支持力と沈下量の関係を図4に示す。

$$R_{soil} = Frapid - M \times \alpha \dots (1)$$

ここに、 R_{soil} ：地盤支持力(kN), $Frapid$ ：各断面最大荷重, M ：各断面の杭の質量, α ：各断面の加速度

この表2に示すように、最大落下高1.5m時の杭頭最大沈下量は48+40=88mmと杭径の10%以上であった。

また、図4が示すように、地盤支持力と沈下量の関係は、重錘落下高0.9mよりほぼ沈下量の軸に平行になっていることから、最大地盤支持力は地盤から決まる杭の極限支持力の特性値を示しているものと推測される。

最大地盤支持力は、表2から杭頭で3,290kN、杭先端(杭先端-1D位置)で2,574kN(5,123kN/m²)であった。文献²⁾に沿って図5に示す杭先端3D区間の換算平均N値は $N \approx 157$ であるので、杭先端の極限支持力の特性値は $5,123/157 \approx 33(qd \approx 33N)$ と文献²⁾の他工法に比べ極端に小さい値であった。このように、回転切削圧入工法のような施工法で岩盤(泥岩)支持層に打ち止めた場合、一般的な閉塞効果が発揮されにくいことから、文献³⁾に示される杭先端純断面積を用いる先端支持力式で求めると $R_p = 400 \cdot N \cdot A_p (A_p: \text{リングビットの純断面積}) = 400 \times 95 \times 0.05446m^2 \approx 2,070kN$ となり概ね安全側で推定できると考えられる。

文献⁴⁾では岩盤支持層については提案されていないことから、今回の結果は岩盤支持層で本工法を採用する場合の参考になるものと考えられる。

次に、表2の各断面間の支持力の差をその区間の周面積で除して求めた周面摩擦力度を表3に示す。この表が示すように杭頭～中間の粘性土が卓越する区間の最大値は $f = 17.1 kN/m^2$ 、中間～先端の砂層と泥岩の互層区間の最大値は $f = 22.9kN/m^2$ であった。この値から最大周面摩擦力度の特性値を杭頭～中間地盤の礫混砂層を除いた粘性土層の平均粘着力 $c \approx 26kN/m^2$ を用いて算出すると $f_i = 17.1/26 \approx 0.7c$ となり、設計に用いた文献²⁾の中掘り工法程度であった。中間～先端地盤の砂質土層は平均N値 ≈ 42 を用いて算出すると $f_i = 22.9/42 \approx 0.5N$ と、こちらも文献²⁾の中掘り工法の推定式2Nに対し先端支持力と同様に極端に小さい値であった。

このことは、泥岩のN値を一般的な地盤と同様に扱うことが出来ないことを示唆している。泥岩のN値を砂層と同程度の $N=8$ 程度と仮定すると、 $f_i = 22.9/8 \approx 2N$ となり設計に用いた文献²⁾の中掘り工法程度になる。このことは、泥岩などの岩盤の周面摩擦力度は実測N値を用いて算出すると過大評価となることを示している。

次に、図4に示す杭頭の試験結果より降伏支持力を判定すると落下高0.3mの2,370kNと判定できる。この値は文献²⁾で示されている地盤から決まる杭の極限支持力の特性値から求めた降伏支持力の特性値 $R_y = 0.65R_u = 2,139kN$ 以上となり、文献²⁾の設計法が適用できることが確認できた。

6. おわりに

この現場では、回転切削圧入工法を採用するにあたって、文献⁴⁾で設計法が提案されているが岩盤支持層の試験実績が少ないことから、泥岩に打設する杭の支持力を把握することを目的として急速載荷試験を実施した。その結果、この現場での地盤から決まる杭の極限支持力の特性値および岩盤支持層の極限支持力度などの設計に反映できるデータを得ることができた。

今後、この結果が同様な地盤に回転切削圧入工法で施工する鋼管杭の検討の参考になれば幸いである。

参考文献：1) 回転切削圧入工法(ジャイロプレス工法)の設計法・施工法に関する技術評価；土木学会

2) 道路橋示方書・同解IV下部構造編；平成29年11月、日本道路協会

3) 山肩邦男他：開端鋼管ぐいの支持力に関する考察(その2)；日本建築学会論文報告集、第213号、1973

表2 最大荷重・沈下量および除荷点法による解析結果

計測断面		重錘落下高(m)				
		0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
最大荷重(kN)	杭頭	2,381(2,370)	3,319(2,936)	3,747(2,998)	4,154(3,027)	4,630(3,290)
	中間	1,830(1,781)	2,430(2,269)	2,719(2,406)	3,040(2,635)	3,307(2,722)
	先端	1,648(1,647)	2,152(2,103)	2,476(2,313)	2,749(2,542)	3,012(2,574)
最大沈下量(mm)	杭頭	7.5	15.5	26.1	36.3	40
	中間	4.1	7.9	20.2	29.3	34.1
	先端	2.2	7.4	18.9	28.1	32.8
累計残留沈下量(mm)		1	7	23	48	77

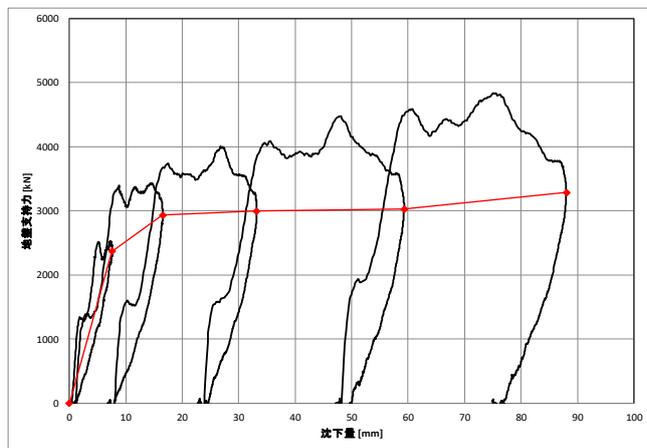


図4 地盤支持力～沈下量曲線(杭頭)

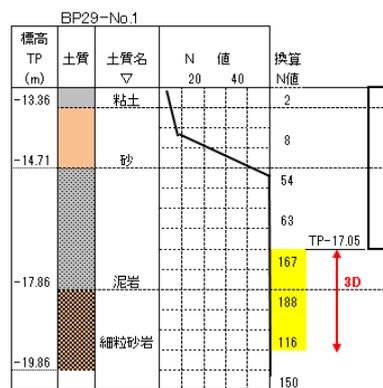


図5 杭先端地盤詳細図

表3 周面摩擦力度 (kN/m²)

計測断面	土層	N値(c)	設計(2N)	落下高(cm)					推定式
				30	60	90	120	150	
杭頭～中間	粘性土	(26)	24	15.1	17.1	15.2	10.1	14.6	0.7c
中間～先端	砂質土	42	64	18.4	22.9	12.7	12.7	20.4	0.5N