

固結シルト層を支持層とする回転杭の支持機構に関する一考察

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 名古屋支店 道路技術部 正会員 ○高野 真史
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 名古屋支店 道路技術部 石橋 健作
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 名古屋支店 道路技術部 小野山利之
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 建設事業部 計画設計チーム 安藤 博文
 京都大学大学院 工学研究科 教授 正会員 木村 亮

1. 目的

現在、建設が進められている新名神高速道路 朝明川橋は、地表面から概ね7.0m~8.0mの深さに分布する固結シルト層を支持層とし、その上層に透水性の高い帯水層が3.0m程度の層厚をなして覆っている。このような地形・地質の状況から、上水道源として現在も利用されている井戸が点在している状況であるため、地下水汚染を防ぐ基礎形式として回転杭を採用している。回転杭は、適用地盤を砂質土及び粘性土とし、支持地盤を砂層又は砂礫層を基本としており、粘性土を支持層とした橋梁の施工実績が乏しい。このため、通常の鋼管杭の設計と同様な考え方を取り、押し込み支持力は、羽根の投影面積を考慮することが可能であるが、引抜き支持力は、支持地盤の内部摩擦角 ϕ が無い場合、羽根による効果を期待しないものとしている。¹⁾しかしながら、小口径NSエコパイル工法では、粘性土層における羽根の引抜き抵抗効果が確認されており、その効果が見込まれた設計が提案されている。このような最新の見解を取入れた設計が可能であるものか試験杭を用いた載荷試験を行い、引抜き・押し込み支持力の分析概要および固結シルト層への支持層到達確認のための施工時の止り止め管理方法に関して報告する。

2. 載荷試験概要

載荷試験方法は、地盤工学会基準「杭の鉛直載荷試験方法・同解説 杭の引抜き試験(JGS1813-2002), 杭の押し込み試験(JGS1811-2002)」に基づく多サイクル方法で実施した。試験杭の諸元は回転杭径 $D_p=900\text{mm}$, 羽根外径 $D_w=1800\text{mm}$ ($D_w/D_p=2.0$) である。

3. 杭の引抜き支持力の検証

杭の引抜き支持力一覧を表-1に示すが、引抜き力に対して安全性が確保されていることが確認できた。また、杭の極限周面摩擦力(試験値)1,095kNは、詳細設計値745kNを350kN上回っていることが確認できた。これは、杭先端の羽根によるアンカー効果によって仮想杭が形成されたことで設計で想定した以上の効果が発揮されたと推察される。また、試験杭は杭径 $\phi 900$, 杭長 $L=8.5\text{m}$ であるが、仮想杭が形成されたとした場合、羽根径 $\phi 1800$ と杭長の比は $L/D=4.7$ となり短杭と想定されることから、回転杭で比較的杭長の短い場合は引抜きに対する周面摩擦力が設計値を上回ると推定される。

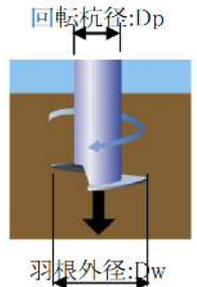
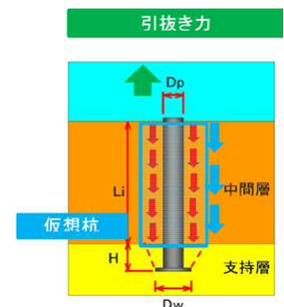


図-1 回転杭イメージ

表-1 杭の引抜き支持力一覧

項目	試験値		詳細設計値	試験値-詳細設計値
	実測値	ワイブル法推定値		
引抜き極限支持力	$P_{tmax}=5,200\text{kN}$		$P_u=4,350\text{kN}$	850kN(実測値) 1,348kN(ワイブル推定)
引抜き発生力	$P_{ya}=3,200\text{kN}$ (降伏限界)	-	$P_y=2,400\text{kN}$ (L1時発生値×3)	800kN
極限周面摩擦力	1,095kN	-	745kN	350kN
引抜き極限支持力(杭先端NO.5)	4,105kN	-	3,605kN	500kN



キーワード 回転杭, 支持力, 杭基礎設計, 固結シルト層

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-8-11 DNI 錦ビルディング 8F

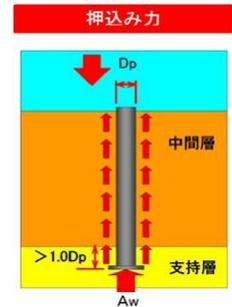
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 TEL052-212-4520

4. 杭の押し込み支持力の検証

杭の押し込み支持力一覧を表-2に示すが、押し込み力に対して安全性が確保されていることが確認できた。また、極限周面摩擦力(試験値)49kNは、詳細設計値670kNを621kN下回っていることが確認できた。要因としては、鋼管回転杭の回転圧入時に杭先端部のらせん状の羽根の影響を受けたものと推察される。架橋地点のように中間層に砂れき層や砂層が存在する場合は、押し込み支持力に対する周面摩擦力の低下を考慮する必要がある。

表-2 杭の押し込み支持力一覧

項目	試験値		詳細設計値	試験値-詳細設計値
	実測値	ワイブル法推定値		
押し込み極限支持力	Rtmax=9,000kN		Ru=8,340kN	660kN(実測値) 6,675kN(ワイブル推定)
押し込み発生力	降伏限界設定不能	-	7,953kN (L2地震時発生値)	-
極限周面摩擦力	49kN	-	670kN	-621kN
押し込み極限支持力 (杭先端NO.5)	8,951kN	-	7,670kN	1,281kN



5. 回転杭の打止め管理方法

杭の打止め管理では、施工計測データより支持層への到達を確認し、支持層への必要根入れ長を確保して打止めすることとなっている。回転杭では先端貫入抵抗値(施工トルク)の上昇変化点を見出すことで支持層に到達したものと確認するが、架橋地点の粘性土を支持層とする条件では、施工トルクの上昇変化点が明確に表れないことが予想されることから、その確認方法の設定が課題であった。

表-3 施工管理トルク

杭種 (mm)	施工管理トルク (kN・m)
φ800	1,123
φ900	1,884

※施工管理トルク
N値50の支持層に1Dp貫入するトルク値で、これまでの施工試験結果から経験的に導かれた数値である。

表-3にN値50の支持層における施工試験結果からの経験的に導かれた施工管理トルク値を示すが、φ800の施工管理トルク値1,123kN・mはφ900の約60%となっている。

本橋の記録データでは、比較的浅い層で杭によるばらつきが確認されたが、想定した支持層となる深度付近での施工トルクの上昇が確認された。また、φ800の打止めトルク値は400~600kN・mとなっており、φ900の場合の打止めトルク値740kN・mの60%程度であることが確認でき、表-3の経験的な数値と同様の傾向を示した。したがって、本橋の固結シルト層を支持層とした回転杭の打止め管理方法として、杭の貫入量と施工トルクの上昇変化点および施工トルク値から確実な打止め管理ができたと考えられる。

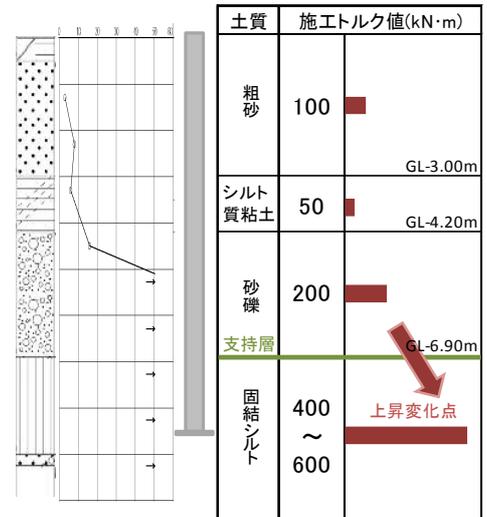


図-2 柱状図及び施工トルク値

地表面から概ね7.0m~8.0mの深さに分布する固結シルト層を支持層とする回転杭の引抜き力と押し込み力は、載荷試験で確認し設計値以上であった。押し込み時の周面摩擦力に関しては、貫入時に杭先端の羽根による中間層の乱れの影響を受け、周面摩擦力の効果が得られないことが確認できた。

回転杭の打止め管理方法については、施工管理トルク値で支持層への根入れの確認と打止め管理を行うことができた。

謝辞

本回転杭の支持機構は、「新名神高速道路 朝明川橋 設計・施工に関する技術検討委員会(委員長：二羽淳一郎 東京工業大学大学院教授)」で審議いただいております。記して関係各委員に謝意を表す次第である。

参考文献

- 1)杭基礎設計便覧 平成18年度改訂版 (社)日本道路協会