

東京電力(株) 正会員 板垣 貴之
 東京電力(株) 正会員 舍川 徹
 東京電力(株) 正会員 河村 直明
 (株)カガエン・コアリング 正会員 大塚 潤

1. はじめに

打込み杭は信頼性、経済性に優れた工法であるが、低公害施工が必須となってきた中では適用困難となっているのが現状である。このため筆者らは、打撃工法より低騒音・低振動・省スペース施工が容易な振動工法を用い、鋼管より安価なH形鋼による摩擦杭を採用し、送電用鉄塔基礎の建替え時に必要な仮設鉄塔の基礎杭として適用している。これは、近年パイプロハンマの低公害性能が向上していることから、摩擦杭の範疇であれば市街地でも適用可能であり、小～中規模の電力流通設備基礎のコストダウンにつながると考えたものである。振動工法によるH鋼摩擦杭の支持力は、その形状と工法に起因する特性から一般の打込み杭と同一視できないものと考え、適用性の高い沖積低地において载荷試験により支持力の検証を進めてきた。その内容としては、①打設方法（パイプロ、圧入、打撃）、②载荷方向（鉛直、引抜き）の違いによる摩擦支持力の相違、③ボルト継ぎ手の影響度合い、④フランジ間に発生する空洞の充填対策と効果、⑤強・弱軸方向の水平支持能力、⑥長期クリープ変形特性等であるが、本稿では、沖積粘性土地盤における摩擦支持力特性について報告する。

2. 载荷試験概要

1) 沖積低地での試験モデル

関東平野の代表的な沖積低地において、貫入の容易なN値10以下の軟弱地盤（粘性土主体）で打ち止めた完全な摩擦杭を試験モデル（表-1）とした。

表-1 試験モデル

地盤モデル	杭サイズ	杭長(m)	試験本数	粘性土N値	場 所
地盤Ⅰ	H300	15	4	0～1	埼玉県越谷市(中川低地)
地盤Ⅱ	H300	12	6	0～9	埼玉県草加市(中川低地)
地盤Ⅲ	H300φ609	11～15	6	0～6	埼玉県川越市(荒川低地)

2) 試験方法

静的载荷試験を地盤工学会基準「杭の鉛直载荷試験方法・同解説」¹⁾、「杭の引抜き試験方法・同解説」²⁾に準拠して、多サイクル方式で実施した。また、杭の養生期間は打設後2週間程度としている。

3) 試験結果

表-2に载荷試験結果の一覧を示す。このうち摩擦支持力 P_u (CAL)は、打込み杭の標準的な評価方法である($f = q_u / 2$)より算出したものである。このときH鋼杭の周長は、外形を結ぶ四角杭として仮定した。

表-2 载荷試験結果

杭サイズ 工 法	地盤Ⅰ H300				地盤Ⅱ H300						地盤Ⅲ H300						φ609
	パイプロ		圧入		パイプロ						パイプロ		打撃		パイプロ		
ウェブ内空洞対策	無				無	砂詰め	グラウト	無	砂詰め	グラウト	無	砂詰め	無	無	無	－	
ボルト継ぎ手	有				無						有		無				
杭 長 (m)	15				12						11		15		11		
載荷方向	鉛直		引抜き		鉛直		引抜き		引抜き		鉛直		引抜き		引抜き		
公式による支持力 P_u (CAL) kN	333	346	333	346	580						475	465	475	676	475	762	
試験による支持力	P_u (TEST) kN		210	300	330	300	330	390	360	450	415	250	260	270	350	285	500 (313)
	P_y (TEST) kN		130	200	220	190	210	310	300	240	330	310	210	200	230	240	230
降伏時の変位量 δ_y (mm)	2.5	3.5	4	4	1.9	3.1	2.6	1.9	2.5	2.5	7.2	4.7	7.5	3.5	4.9	4.2	
P_u (CAL) / P_u (CAL)	1.62	1.50	1.50	1.58	1.57	1.26	1.30	1.50	1.36	1.34	1.19	1.30	1.17	1.46	1.24	1.35	
P_u (TEST) / P_u (CAL)	0.63	0.87	0.99	0.87	0.57	0.67	0.67	0.62	0.78	0.72	0.53	0.56	0.57	0.52	0.60	0.66	

キーワード H鋼杭、摩擦杭、摩擦支持力、コストダウン

連絡先(埼玉県浦和市北浦和5-14-2 東京電力(株)埼玉支店工務部上木 G TEL048-690-2534 FAX 048-834-5178)

3. 振動工法を用いたH鋼杭の摩擦支持力特性

表-2の結果において、試験支持力 P_u (TEST)と打込み杭の公式による支持力 P_u (CAL)比は0.52~0.99の範囲にあり、H鋼杭の支持力は一般の打込み杭よりも小さいことが判明した。これは、H鋼杭の特異な形状と打設工法に起因するものと考え、以下に分析した。

1) 形状特性

H鋼杭は、その特異な断面形状から杭上方のフランジ間に空洞が発生する。また、長尺杭とする場合にはボルト継ぎ手による節が生じる。このような特性から、一般的な円形杭と比較して地盤との密着性は劣るものと考えられる。表-2の中で、鋼管杭(H鋼杭と同一周長に換算)と直接対比した地盤Ⅲの試験結果では、H鋼杭の相対的な支持力比は0.80~0.86(平均0.83)である。この結果より、H鋼杭の断面を外形を結ぶ四角杭として支持力算定を行う場合の形状係数(α)は、0.8程度と評価される。また、ボルト継ぎ手の存在と空洞の充填対策は、その影響を直接対比した地盤Ⅱ、Ⅲの試験結果においてプラス的な効果として検出している。

2) 工法特性

振動工法は、杭表面と地山の摩擦を振動により縁を切りながら打設するもので、この時杭周辺の地山は液化又は塑性化状態にあり、時間の経過とともに再圧密して支持力が回復するものとする。この摩擦支持力特性は、一般的な打込み杭(排土杭)とは異なるものと考えられる。表-2の中で、打撃・圧入工法と直接対比した地盤Ⅰ、Ⅲの結果では、振動工法の支持力比は0.64~1.0(平均0.83)である。また、振動工法による鋼管杭の支持力は、打込み杭の公式に対し70%程度の値である。これらの結果より、工法係数(β)は、一般的な打込み工法(打撃)に対して0.7~0.8程度と評価される。

3) 杭周面摩擦力度

杭頭部の支持力 P_u の比較により、H鋼杭における全体的な形状特性(α)と工法特性(β)を分析したが、その乗数 $\alpha \cdot \beta$ は、0.6程度と評価される。更に、図-1に最大周面摩擦力度 f と一軸圧縮強度 q_u の関係を示した。この結果から杭上方と杭先端では、形状・工法特性は大きく変化するものと考えられ、杭周面摩擦力度は杭上方と杭先端に分けて、摩擦支持力式を提案した。

$$\text{杭上方} \quad f_c = \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot q_u / 2 \approx q_u / 5$$

$$\text{杭先端} \quad f_c = \alpha_2 \cdot \beta_2 \cdot q_u / 2 \approx q_u / 2$$

また、この杭先端の範囲は、杭長の約20%程度と評価している。

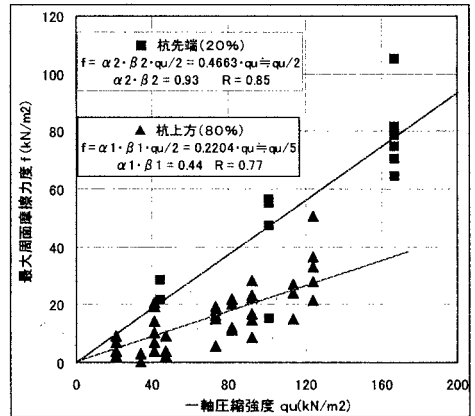


図-1 f と q_u の関係

4. まとめ

振動工法によるH鋼杭の摩擦支持力は、形状・工法に起因する特性により、杭上方は中掘り杭(非排土杭)、下方は打込み杭(排土杭)的な性質を示す。この他に、以下の項目を載荷試験により確認している。

①フランジ間の空洞充填対策として砂詰め打設が特に水平支持力に寄与すること。②打設時間が長いと $\alpha \cdot \beta$ 値の低下が大きくなること③洪積粘性土地盤では $\alpha \cdot \beta$ の値が1.0程度となる範囲が杭上方まで及ぶこと等の特性も検証してきている。

最後に、H鋼摩擦杭の実用化は、コストダウンの有力手段である。この杭の信頼性を高めるには、試験データ補完、長期載荷試験によるクリープ変形特性等の検証が重要であり、現在その検証を進めている。

[参考文献] 1) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説、1993. 6

2) 地盤工学会：杭の引抜き試験方法・同解説、1992. 11