

III-123

振動杭打ち工法による杭の支持力

神奈川県 正会員 中村祐忠 小林純一 小山 滋
 東海大学 正会員 宇都一馬 冬木 衛 佐藤正人

1. はじめに 橋梁基礎に用いる鋼管杭の施工法は打込み工法、中掘先端根固め工法などが道路橋示方書に規定されているが、振動杭打ち工法によるものは規定されていない現状にある。しかし、近年、都市部では、作業条件の制約、工事箇所周辺の環境保全に加えて経済性等を考慮した工法の選定に迫られている。今回、低騒音・低振動工法の一つであるウォータージェット併用振動式杭打ち工法で鋼管杭を施工し、載荷試験によって鉛直支持力、引抜き力等の確認を行ったので報告する。

2. 試験杭と土質柱状 図-1に基礎杭の平面図、側面図および試験杭の位置を示す。反力杭は、試験杭周辺6本の本杭を使用している。図-2に試験杭と土質柱状図の関係を示してある。図中には、事前調査と打設後の杭内および杭外も調査結果を示してある。パイプロハンマはVX-60を使用し、打込み中、の試験杭のひずみ、振動振幅(手動による)などを測定した。また、鉛直載荷試験中には、ひずみ、杭頭の変位などの測定を行っている。杭およびハンマの諸元を表-1に示してある。

3. 杭の支持力 ウォータージェットを併用すると、杭の周面地盤が緩められるので、本工事においては、支持力を確保するため支持層への最終根入れ1.5mの間ではジェット噴射を止め、振動のみで打込だ。

1) 静的支持力式(道路橋示方書式¹⁾)による支持力

本橋梁基礎杭の設計段階で道路橋示方書に示されている静的支持力式(1)式で求めた。

$$R_u = q_d A + U \sum L_i f_i \quad \dots \dots \dots (1)$$

2) 動的支持力式(道路橋示方書^{1) 2)}およびその修正式³⁾)による支持力

振動式杭打ち機によって打設された杭の動的支持力算定式は、未だ十分に検討されていないが、打撃式杭打ち機について、波動理論に基づいて誘導された道路橋示方書式(2)式で求めた。図3に杭頭における振動変位波形を2例示してある。(a)は、杭貫入深度4.0m時点のもので正弦的な波形を呈している。また、(b)は、杭貫入深度8.5mの打止め地盤におけるものでリバンド波形が見られる。

$$R_a = \frac{1}{3} \left(\frac{AEK}{e_0 L} + \frac{NUL}{e_r} \right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

このとき、リバウンド量Kには、図-3の支持層での振動波形にみられるリバウンドK=8mmをとった。また、補正係数 e_0 は $1.5W_H/W_p$ ^{1) 2)}とその修正式 $(1.5W_H/W_p)^{1/3}$ ³⁾の2つで検討した。上記の理由で、(2)式第2項の杭長Lには1.5mを用い、N=50とした。振動理論に基づいた経験式によると、許容支持力 R_a は127tfとなった。(式省略)

3) 載荷試験による支持力の推定

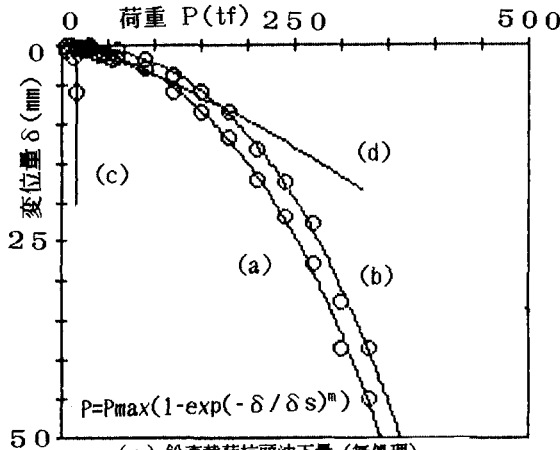
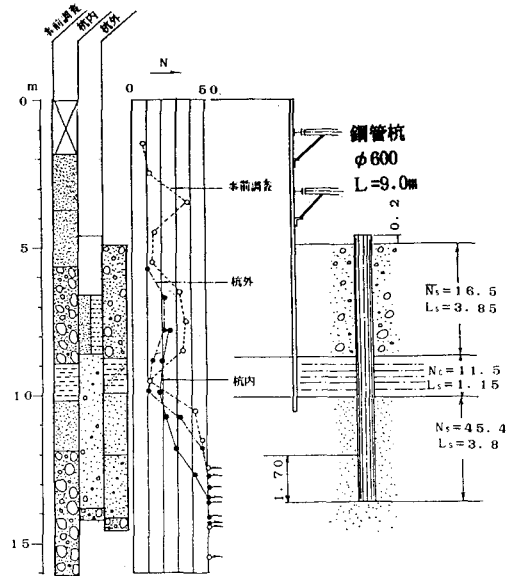
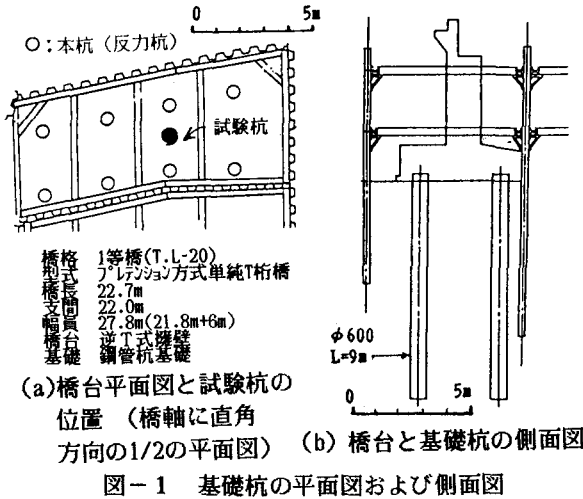
鉛直載荷試験から得られた荷重-変位曲線を図-4に示す。この測定結果をワイブルタイプ指数曲線⁴⁾にあてはめた結果も併記してある。従来の解析手法と併せて検討し許容支持力は120tf以上であると判断した。また、杭周面無処理の場合と薬液を注入して杭周面を固めた場合について、反力杭6本の平均引抜き力と変位曲線の関係を図-4に併記してある。この図から、薬液注入の効果が大きく現れていることが分かる。

以上の結果を、許容支持力にまとめて表-2に示してある。

4. まとめ ウォータージェット併用振動杭打ち工法では、周辺地盤を緩めるので何らかの処理工法が必要となる。ただし、近年、振動杭打ち機の能力が増大しているので支持層への貫入が大きくなり、杭先端の支持力は十分確保しうるようである。なお、動的支持力算定にあたっては、道路橋示方書の(2)式(e_0 の修正式を使用)が適用できるようだ。

仮設工事には多用されている同工法を、本工事への利用に当たっては、今後、先端支持層への確実な貫入、支持力の確保ならびに周面地盤の処理工法の開発、実績の集積等が必要となろう。

本報告をまとめるに当たり、パイプロハンマ技術研究会およびトーマン建機(株)の皆様にお世話になった。ここに記して感謝の意を表したい。



- (a) 鉛直荷重杭頭沈下量（無処理）
 $M=0.555$ $P_{max}=812$ tf $\delta_s=148$ mm
- (b) 鉛直荷重杭先端沈下量（無処理）
 $M=0.451$ $P_{max}=1510$ tf $\delta_s=866$ mm
- (c) 引抜き試験杭頭変位量（周面無処理）
 $M=1.54$ $P_{max}=16$ tf $\delta_s=1.13$ mm
- (d) 引抜き試験杭頭変位量（周面薬注）
 $M=0.746$ $P_{max}=19300$ tf $\delta_s=4410$ mm

図-4 荷重-変位曲線

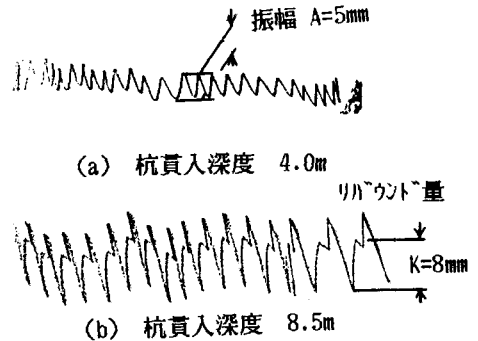


図-3 杭頭における振動変位波形

表-1 鋼管杭およびバイプロハンマの諸元

鋼管杭 φ600	バイプロハンマ VY-60
D (外径)=600mm	偏心モーメント=2100kg cm
t (厚さ)=12mm	振動数=850~1550cpm
A (断面積)=221.7cm ²	モーター出力=45kW
L (杭長)=9.0m	振動重量=4770kg
U (杭周長)=1.88m	起振力=12.1~40.3ton

表-2 支持力値の比較

単位(tf)

鉛直許容支持力 R_a				引抜き	
静的支持力式	動的支持力式	動的支持力式	動的支持力式	載荷試験	載荷試験
117	47	103	127	120以上	20
道路橋示方書	道路橋示方書	左記修正式	従来経験式		59以上
				周面無処理	薬液注入

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編、1980。 2) 宇都・冬木・小山：波動理論に基づいた杭の動的支持力算定式の提案、第14回土質工学研究発表会、1979。 3) 低騒音型油圧バイロハンマ施工研究会：低騒音型油圧バイロハンマ施工研究報告書、国土開発技術研究センター、1984。 4) 塩井・宇都・冬木・桜井：杭の荷重-変位曲線の非線形回帰結果による支持力の一評価法、第23回土質工学シンポジウム、1978。