

III-374

大口径開端鋼管杭の支持力機構

—東京湾横断道路での3例の静的載荷試験に基づく静的支持力機構の一考察—

東京湾横断道路(株) 澤井 廣之 塩井 幸武
 日本道路公団 米田 利博
 鋼管杭協会 片山 猛 西村 真二

1. はじめに

東京湾横断道路では、航路部橋梁の基礎および木更津立坑部や浮島換気塔の基礎形式として、それぞれφ1600mm、φ2000mmの大口径鋼管杭を採用している。平成元年から2年にかけて実施した航路部橋梁P7及び木更津換気塔での載荷試験結果より、東京湾横断道路での大口径開端鋼管杭の支持力は、各地層ごとの鋼管外面摩擦力、支持層での管内面摩擦力及び杭実内部での先端支持力の総和で表現できることを明らかにしている。今回、東京湾横断道路(株)では、平成4年に杭頭での応力及び加速度の測定から動的支持力を算定し、この値から静的極限支持力を推定する方法の検討を航路部橋梁P8で実施し、検証値として新たに静的載荷試験を実施した。これらの結果より、大口径開端鋼管杭の支持力機構について考察を加えたので報告する。

2. 載荷試験結果¹⁾

2.1 P8での載荷試験結果（東京湾横断道路鋼管杭載荷試験その3：平成4年7月実施）

P8橋脚での載荷試験杭は、杭径φ1600mm、長さ52.5mで海底面下27.1mまで油圧ハンマー(PMJ400)にて貫入量2mmで根入れさせた。図-1に杭頭荷重(P_0)と海底部沈下量(S_0)の関係を示す。又図-2に降伏荷重及び極限荷重に対する軸力分布を示す。鋼管内部土の沈下は現海底面より約50cmであった。

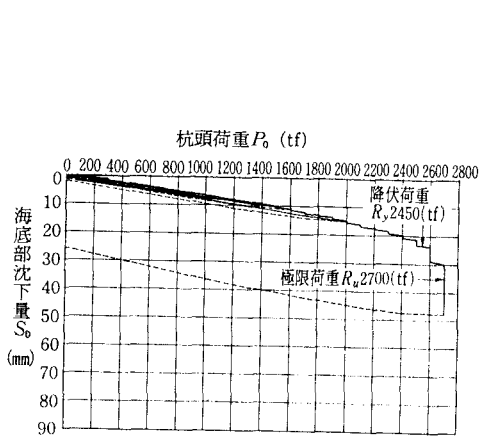
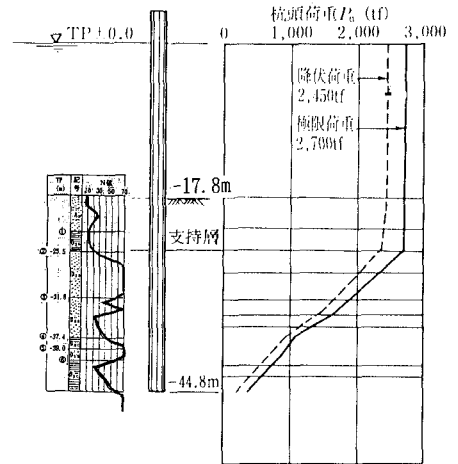
図-1 載荷試験 $P_0 \sim S_0$ 曲線

図-2 載荷試験軸力分布

2.2 3本の鉛直載荷試験結果に基づく先端閉塞率の算定

今回の載荷試験結果から「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」（以下道示と称す）に基づいて逆算した杭先端地盤の極限支持力度を表-1に示す。この結果より、今回のような大口径開端鋼管杭は、支持層への根入れが杭径の5倍以上であっても道示での先端閉塞率が27~55%であり、先端閉塞効果が発揮されていないといえる。

表-1 杭先端地盤の極限支持力度と支持層への根入れ比

杭	杭 径 D (mm)	支持層への 根 入 れ 長 L (m)	載荷試験による 極限支持力 R_u (tf)	周面摩擦力 の計算値 $U \sum f_i \cdot l_i$ (tf)	杭の投影 断 面 積 A (m^2)	杭先端地盤 の設計N値 $\bar{N} < 40$	杭先端地盤の 極限支持力度 q_u (tf/m^2)	支持層への 根 入 れ 比 L/D	$q_u/\bar{N}$	閉そく 率 (%)
(その1) T _i	1,600	8.3	1,600	925	2.056	40	328	5.2	8.2	27
(その2) T	2,000	17.6	3,300	1,762	3.198		481	8.8	12.0	40
(その3) T	1,600	19.5	2,700	1,300	2.056		681	12.2	17.0	56

3. 大口径開端鋼管杭の支持力機構

3.1 大口径開端鋼管杭の支持力式

著者らはP7橋脚及び木更津換気塔基礎杭の載荷試験結果より、大口径開端鋼管杭の支持力式として、杭先端実肉部の先端支持力、支持層での管内面の摩擦力及び各地層での管外面の摩擦力の和で表現できることを提案している。提案式を式(1)に示す。

$$\text{鉛直極限支持力 } R_{uc} = R_{pc} + R_{bc} + R_{fc} \quad \cdots \cdots (1)$$

$R_{pc} = 40 N A_p$ N : 杭先端N値（最大値50～60）

A_p : 杭先端実肉断面積(m^2)

先端補強バンド考慮

R_{bc} : 支持層での砂層、粘性土層での管内面摩擦力

R_{fc} : 砂層、粘性土層の管外面摩擦力

但し、具体的な摩擦力の算定については管内外面摩擦力の総和をN値との相関で与えた。

3.2 杭先端実肉断面での極限支持力度の検証

杭の先端実肉断面として、先端補強バンドも含む断面を A_p とし、極限支持力時の先端伝達荷重から先端支持力度 q_d を求め、N値との相関を求めると50～60となる。これは(1)式で設定した値が妥当であることを示している。

3.3 管内面摩擦力と支持層への根入れ比

1) 管内面摩擦力と支持層への根入れ比の関係（図-4）

支持層での管内面摩擦力について、管外面摩擦力を従来の道示と仮定し、載荷試験の軸力差より求めた摩擦力との差を管内面摩擦としたとき管内面摩擦力と鋼管杭の支持層への根入れ比の関係を図-3に示す。砂層は支持層への根入れとともに管内面の摩擦力度が大きくなるが、粘土層は明確な傾向がない。

2) 砂層での摩擦力度と支持層への根入れ比の相関

駒田、山川は杭壁のせん断応力が最大値に達しない間は、管内面摩擦力は(2)式のごとく根入れ比に対して指数関数で与えている²⁾。

$$P_0 = \frac{\tau_{\max}}{10\mu\nu} \left\{ e^{0.8\mu\nu \left(\frac{L_B}{D} \right)} - 1 \right\} \quad \cdots \cdots (2)$$

(2)式において $\tau_{\max} = 100(t/m^2)$ 、 $\mu\nu = 0.3$ とした曲線で、今回の3本の試験杭での管内面摩擦力度の傾向を整理できる。但し、 P_0 : 先端支持力度、 $\tau_{\max}$: せん断応力の最大値、 μ : 摩擦係数、 ν : 水平応力と鉛直応力との比である。

4. まとめ

1) 東京湾横断道路木更津沖において、支持層への根入れが杭径の5.2、8.8、12.2倍と3ケースの大口径杭の載荷試験結果から、大口径開端鋼管杭の支持力機構は、今回提案している(1)式で表現できる。

2) 大径鋼管杭の砂層での管内面摩擦力度と支持層への根入れの関係は、ほぼ指数関数で表現できるが、具体的な $\tau_{\max}$ 、 $\mu\nu$ の設定や支持層内での土質定数(N値、C値)との相関関係の整理が今後必要である。

参考文献 1) 本間政幸：大口径鋼管杭の静的支持力と動的計測による打止め管理、基礎工1993. 1pp96～102

2) 駒田敬一、山川朝生：大径鋼管杭の支持力特性、土木技術資料, Vol. 17, No. 1, pp. 10-16

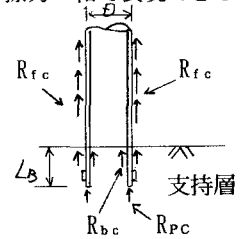


図-3 大径鋼管杭の支持力機構

表-2 杭の先端支持力度

杭	杭の実肉厚断面積 A_p (m^2)	杭の極限時の先端伝達荷重 (載荷試験結果) R_p (tf)	先端支持力度 $q_d = R_p / A_p$ (t/m^2)	逆算N値 $N = q_d / 40$
(その1) T ₁	0.1643	320	1,950	49
(その2) T	0.2668	634	2,380	59
(その3) T	0.1545	315	2,040	51

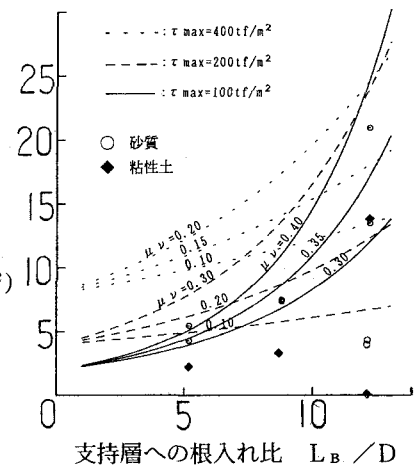


図-4 管内面摩擦力度と支持層への根入れ比