

軟岩上の場所打ち杭の先端支持力度の評価

寒地土木研究所
 北海道大学大学院
 ジャパンパイル

正会員
 フェロー会員
 正会員

○富澤幸一
 西本 聡
 三浦清一
 小嶋英治

1. はじめに

岩盤に施工する杭基礎の多くは場所打ち杭が選定させる。しかし、岩盤を支持層とする場所打ち杭の先端支持力度 q_d 値^{1),2)}の設定法は明確に規定されておらず、各機関で独自運用を行っている実態にある。国土交通省北海道開発局では現場試験成果より、硬岩における場所打ち杭の q_d 値の設定法を整備したが軟岩・土丹に相当するものはない。そこで、軟岩上に施工した場所打ち杭の押し込み試験を実施し先端支持力を検証した。

2. 場所打ち杭の岩盤先端支持力度設定

国土交通省北海道開発局では、10 件の現場押し込み試験結果、現場実態調査、支持力理論および他機関との統一性を考慮し、下記の条件を満たしている場合に限り岩盤先端支持力度 $q_d=5000\text{kN/m}^2$ を基本設定値としている。

- | | |
|---|---------------------------------|
| ・岩盤先端支持力度 $q_d=5000\text{kN/m}^2$ の設定条件 | |
| (1) 岩盤一軸圧縮強度 | $3q_u \geq 5000\text{kN/m}^2$ |
| (2) 孔内水平載荷試験 | $1.5p_y \geq 5000\text{kN/m}^2$ |

場所打ち杭の押し込み試験より得られた、10 現場の岩盤設計 q_d' 値に対する岩盤実測 q_d 値の関係を図-1 に示す。岩盤実測 q_d 値は、全て岩盤設計 q_d' 値および 5000kN/m^2 を確保している。岩盤実測 q_d 値には 5000kN/m^2 を大きく上回るものもあるが、基本設定値は安全側の下限値で設定としている。

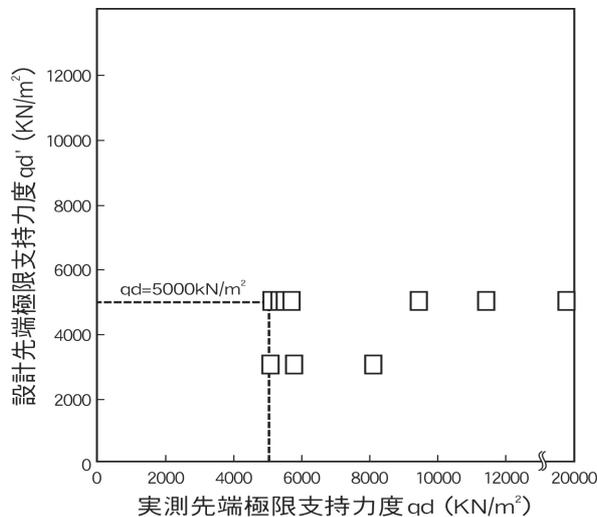


図-1 場所打ち杭の岩盤（硬岩） q_d 値(10 現場)

この際、岩盤実測 q_d 値と岩の一軸圧縮強度 q_u には一定の相関が認められたことから、岩の一軸圧縮試験を義務付け、 $3q_u \geq 5000\text{kN/m}^2$ を設定条件としている。また、孔内水平載荷試験は、信頼性の高い試験の一つでありこの試験値から設計 q_d 値を算定している例も多いことから、現場での試験を義務付け、極限破壊圧力 $P=1.5p_y$ (p_y : 降伏圧力) が 5000kN/m^2 以上確保されていれば同等の地耐力として設計杭先端支持力度 $q_d=5000\text{kN/m}^2$ の設定が可能としている。ただし、これらの試験値は岩盤が硬岩・中硬岩に相当するものである。そこで、軟岩・土丹における場所打ち杭の先端支持機構を検証するため、対象現場において実杭の押し込み試験を実施し、結果を以下に整理した。

3. 軟岩上の場所打ち杭の現場概要

軟岩上の場所打ち杭の押し込み試験は、北海道 稚内管内 一般国道 450 号 新声間橋 橋台基礎で実施した。杭諸元および地盤柱状を図-2 に示した。場所打ち杭の諸元は、杭径 $\phi 1500\text{mm}$ 、杭長 $L=25\text{m}$ の支持杭である。場所打ち杭の施工は全回転オールケーシング工法による。

場所打ち杭は泥岩に根入れされ、支持基盤についても軟岩に相当する泥岩である。杭先端部の泥岩は RQD 値が小さく一部風化状態にある。基盤泥岩の一軸圧縮強度 q_u は 700 N/m^2 の程度であり、 $3q_u$ が 5000kN/m^2 を下回ることから、道路橋設計法¹⁾における砂質土地盤に準拠し、設計値は $q_d=3000\text{kN/m}^2$ に設定している。

場所打ち杭、軟岩、押し込み実験、先端支持力度

〒062-8602 北海道札幌市平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 TEL 011-841-1709(365) FAX 011-841-7333

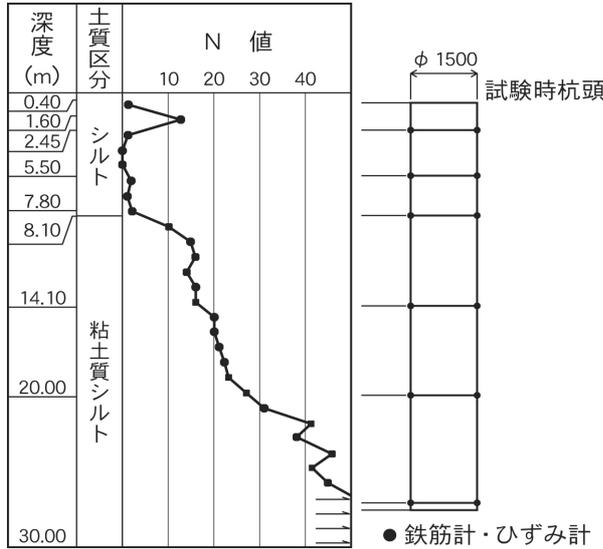


図-2 押込み試験杭諸元・地盤柱状

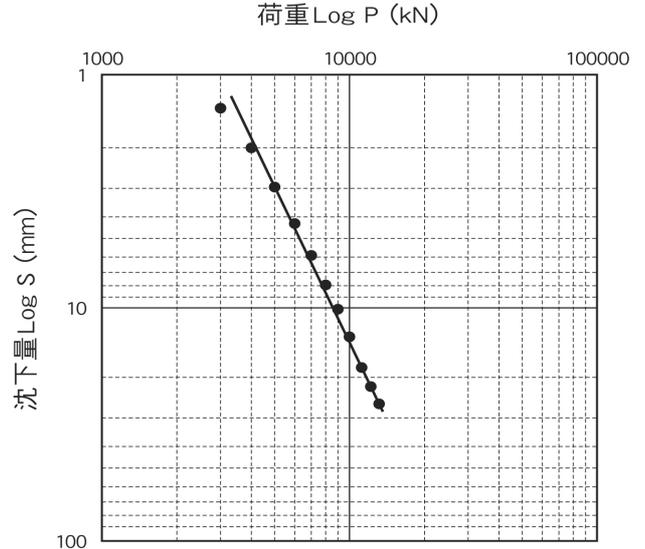


図-3 押込み試験 LogP~LogS

4. 軟岩上の場所打ち杭の押込み試験

4-1. 試験法と杭設計極限支持力

場所打ち杭の押込み試験は地盤工学会基準³⁾に準拠した、周辺杭を反力とする多サイクルの静的載荷方式とした。軸力・周面摩擦力を測定するため、杭体に鉄筋計およびひずみ計を設置した(図-2)。

杭設計極限支持力は以下のように算定し、それを押込み試験の計画最大荷重に設定した。

$$\text{杭設計極限支持力 } R_u = \text{杭周面摩擦力 } R_f + \text{杭先端支持力 } R_p = U \cdot l \cdot f + q_d \cdot A = 4.712 \times 2218.19 + 3000 \times 1.767 = 15754 \text{ kN}$$

4-2. 杭実測極限支持力・軸力

押込み試験の結果得られた杭頭荷重 LogP~杭頭沈下量 LogS の関係を図-3 に示す。最大荷重は載荷桁の曲げ応力が超過したため 1300kN までとした。最終荷重に至っても杭頭沈下量 S=25mm と過小であり、降伏および極限相当する明確な変局点は得られていない。そのため、下式に示す宇都ら指数式⁴⁾により杭実測極限支持力 Ru' を算定した。

$$P = R_u' \{1 - \exp(-S/S_0)^m\} \quad S_0: \text{基準沈下量(mm)}, m: \text{変位指数}$$

その結果、杭実測極限支持力 Ru' は杭設計極限支持力 Ru を確保した 16859kN と判定された。

図-4 に押込み試験時の軸力分布を示す。杭周面摩擦力は設計値を確保し、直線的勾配の軸力分布である。最終荷重では杭頭荷重のほぼ半分は杭先端部に伝達されている。

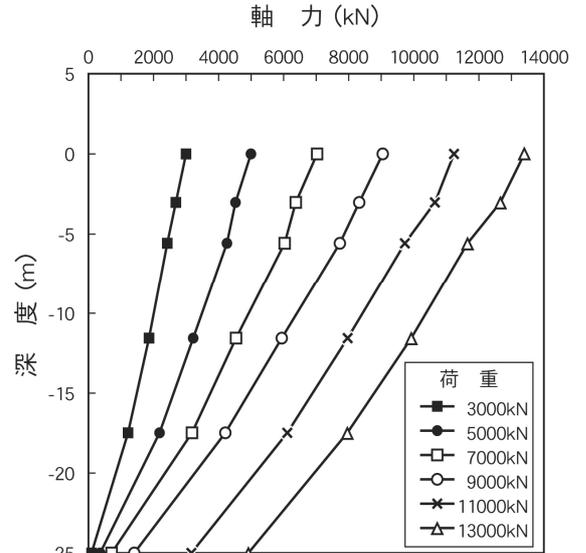


図-4 実測先端極限支持力度 qd (kN/m²)

4-3. 軟岩の杭先端支持力度 qd

杭先端荷重 Pp~杭先端沈下量 Ss の関係から、極限支持力の判定と同様に宇都らの指数式により実測先端支持力 Rf=8974kN を得た。ただし、軸力分布から実測最大周面摩擦力 Rf=8607kN が得られていることから、杭実測極限支持力 Ru' との差し引き(Ru'-Rf)から安全側の設定値 Rp=8252kN と判定する。

この結果より、杭先端極限支持力度 qd=4670kN/m²(qd=Rp/A=8252/1.767)が得られる。この値は、先に示す場所打ち杭の岩盤先端支持力度 qd=5000kN/m² の基本設定値を若干下回るものである。当該現場の押込み試験より、設計法確立のための軟岩(泥岩)上の場所打ち杭の先端支持力度 qd および支持機構が検証された。

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, pp.348-363, 2002. 2)日本建築学会：建築基礎構造設計指針, pp.200-237. 3)地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説 ー第1回改訂版ー, pp19-59, 2002. 4)宇都・冬木他：クイの載荷試験の一整理法 第31回土質工学会講演集 1978.