

軟岩を支持層とした中掘り杭工法(コンクリート打設方式)の支持力特性(その2: 載荷試験結果)

ヨシマス(株) 正会員 ○松尾 幹元
 ヨシマス(株) 正会員 阿部 久義

1. はじめに

軟岩層に中掘り杭工法(コンクリート打設方式)(YA 工法)で施工された既製コンクリート杭の支持力特性は明らかでないため、載荷試験により計測された鉛直支持力の結果と考察について報告する。載荷試験計画については別報(その1)に記載している。

2. 試験結果

(1) 軸力の計算 軸力は式(1)で計算した。1断面~5断面までは杭中空部にコンクリートを充填していないため $cA_i \cdot cE_i = 0$ である。式(2)の右辺の分子は、載荷試験で得られた載荷荷重と1断面ひずみの関係式である。杭体の静弾性係数は実測値で $50000 \sim 55000 \text{N/mm}^2$ 程度であった。現場打ちコンクリートの静弾性係数は、式(3)より載荷試験当日(材齢 24 日)の一軸圧縮強度より計算し、 22000N/mm^2 程度であった。

$$P_i = (p_c A_i \cdot p_c E_i + c A_i \cdot c E_i) \cdot \epsilon_i \quad \dots (1)$$

ここで P_i : 軸力, $p_c A_i$: 杭体の断面積, $p_c E_i$: 杭体の静弾性係数, $c A_i$: 現場打ちコンクリートの断面積, $c E_i$: 現場打ちコンクリートの静弾性係数, ϵ_i : ひずみ, 添え字 i : i 断面

$$p_c E_i = \frac{-0.00213 \epsilon_i^2 + 12.88567 \epsilon_i}{p_c A_i \cdot \epsilon_i} \quad \dots (2)$$

$$c E_i = 3.35 \times 10^4 \times \{(\gamma - 1) / 24\}^2 \times (\sigma_B / 60)^{1/3} \quad \dots (3)$$

$$\gamma = 23 \text{kN/m}^3, \quad \sigma_B = 29.5 \text{N/mm}^2$$

(2) 荷重-変位関係図 図1, 図2に荷重-変位、時間-荷重、時間-変位の関係を示した荷重-変位関係図を示す。杭頭の変位量は4サイクル載荷途中の4550kNから大幅に増加し5200kNで最大測定範囲180mmを超えたため試験を終了した。杭頭変位量が杭径の10%(80mm)となった時の載荷荷重は4055kNであった。

(3) 軸力分布 図3に軸力分布を示す。軸力は1~5断面までは深度が深くなるとともに軸力が小さくなる傾向にある。施工した地盤は、緩い砂層と軟らかい粘土層であり施工後に杭体と地盤の隙間が埋まったと考えられ、地盤の摩擦力により軸力が小さくなったと考えられる。6断面の軸力は5断面の軸力と同じであった。施工した地盤は泥岩であり杭体と地盤の隙間が埋まらなかったことが要因と考

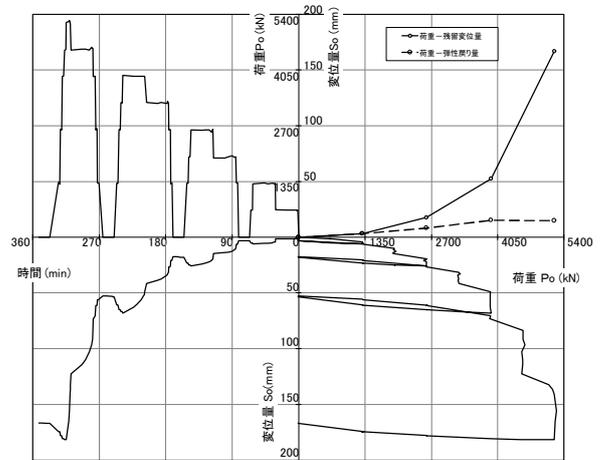


図1 杭頭の荷重-変位関係図

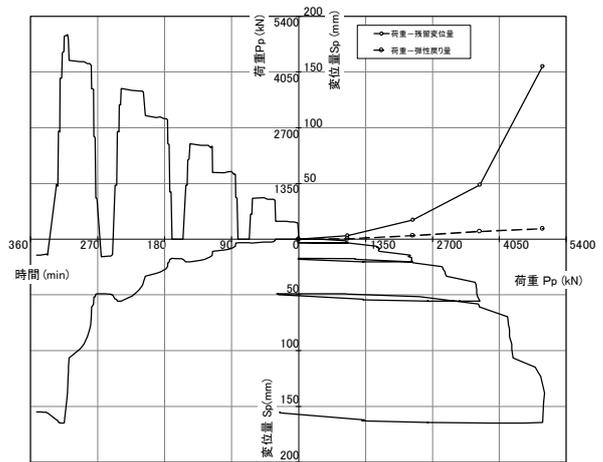


図2 杭先端の荷重-変位関係図

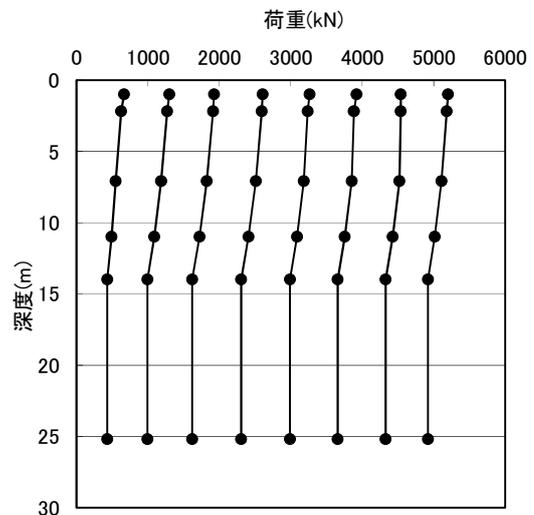


図3 軸力分布

キーワード 軟岩, 支持層, 中掘り杭工法, 支持力, 載荷試験

連絡先 〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 10-2 ヨシマス(株) TEL 03-3662-0515

えられる。

(4) 周面摩擦応力度 図4に周面摩擦応力度を示す。周面摩擦応力度は、実験値にばらつきがあるため、双曲線近似を示している。5-6断面の摩擦力は泥岩のものである摩擦力がゼロの理由は5断面と6断面の軸力が同じためである。砂質土地盤の周面摩擦応力度の最大値は、2-3断面で5.8kN/m²、4-5断面で13.1kN/m²でありN値に対して0.44N~1.31Nであった。粘性土地盤の周面摩擦応力度の最大値は、3-4断面で10.1kN/m²でありN値に対して7.44Nであった。

(5) コンクリート打設部の変位 杭先端部の変位(ひずみによる算定)とコンクリート打設部の変位(変位計)を図5に示す。先端変位1と先端変位2を比較すると先端変位2の値が大きくなっている。

3. 極限支持力度

表1に極限支持力度を示す。杭頭変位量80mm時の杭先端荷重3805.8kNから杭先端の断面積 $(0.8/2)^2 \pi = 0.5027\text{m}^2$ で除して極限支持力度を算定すると $q_u = 7571\text{kN/m}^2$ となり、杭先端地盤の平均一軸圧縮強度($q_u = 1322.3\text{kN/m}^2$)と比較すると5.7倍となった。

4. 打設コンクリートの一体性

先端変位1と先端変位2の値の差は、杭頭荷重3251kNの時に0.76mmとなった。先端変位1と先端変位2は、載荷荷重に応じ変動しており、極限支持力時(杭頭荷重4055kN)には1.56mmとなった。ひずみから算出した計算上の杭体縮み量は極限支持力時に0.41mmであるので、両者の差は1.14mmに留まった。また杭先端部の変位とコンクリート打設部の変位傾向は同様であった。以上のことから、杭体とコンクリートの一体性は確保されていたと考えられる。

5. まとめ

施工管理装置による支持層の確認、支持層根入れ後の底深いバケットによる杭先端部のスライムおよびコンクリート打設部杭内面の土砂の除去を行う中掘り杭工法(コンクリート打設方式)(YA工法)により施工された杭の載荷試験を行い支持力特性と杭体と打設したコンクリートの一体性の評価を行った。その結果、一軸圧縮強度 q_u 値の5.7倍の先端支持力度、杭体とコンクリートの一体性を確認出来た。

参考文献

- 1)公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編，平成29年11月
- 2)公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編，平成24年3月
- 3)阿部久義，松尾幹元：軟岩を支持層とした中掘り杭工法(コンクリート打設方式)の支持力特性(その1：載荷試験計画)，土木学会第74回年次学術講演会，2019.9(投稿中)

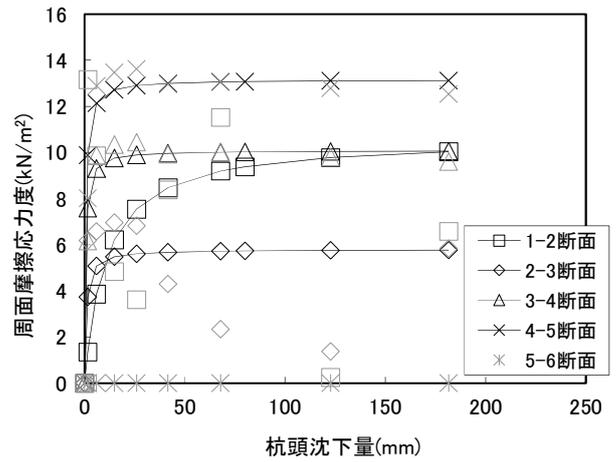


図4 周面摩擦応力度

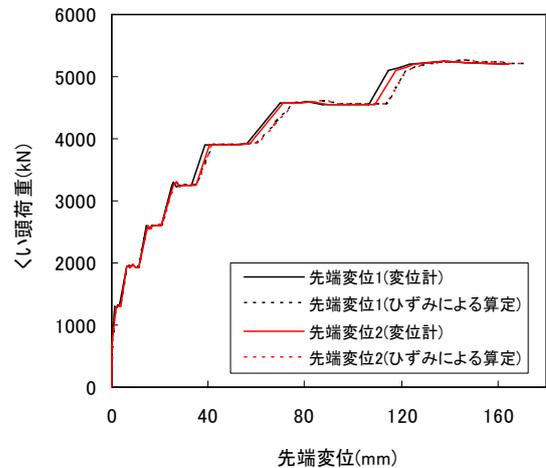


図5 コンクリート打設部の変位

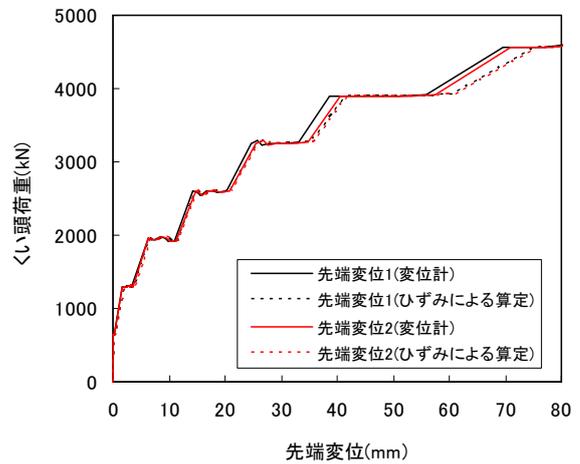


図6 コンクリート打設部の変位(拡大)

表1 極限支持力度

杭頭		杭先端			備考
荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	先端支持力度 (kN/m ²)	変位 (mm)	
666.0	1.5	429.3	854	0.3	
1297.0	6.0	992.1	1974	3.4	
1924.0	14.8	1620.6	3224	11.0	
2605.0	25.9	2304.9	4585	20.4	
3261.0	41.5	2987.7	5944	33.3	
3917.0	67.8	3656.6	7275	55.8	
4055.0	80.0	3805.8	7571	67.0	杭頭0.1D沈下
4539.0	122.6	4328.7	8612	106.4	
5200.0	181.5	4919.5	9787	164.4	