

砂中の節杭の周面粗滑の影響に関するモデル実験

(株) ジオトップ (正) 藪内 貞男 (正) 平山 英喜
同 上 (正) 山下 啓明 ○(正) 上紺屋好行

1. まえがき

節杭の節部下方の軸部摩擦抵抗を下方の節部からのゆるみの影響のない状況で評価するため、杭の中央部に節部を1個だけ設けた節杭の節部下方の軸部表面を粗くした杭のモデル実験を行った。その結果、軸部表面の摩擦抵抗の増加に起因して、軸部摩擦抵抗を含めた節部抵抗がかなり大きくなることが確かめられた¹⁾。

そこで、下方の節部によるゆるみの影響も含めた状況での節杭の周面抵抗に及ぼす周面粗さの効果を評価するために、杭周面を粗くした複数の節部を有する節杭のモデル実験を行った。本稿では、その結果を滑らかな節杭の結果²⁾と比較して検討し、節杭の周面抵抗における周面粗滑の影響について考察する。

2. 実験方法

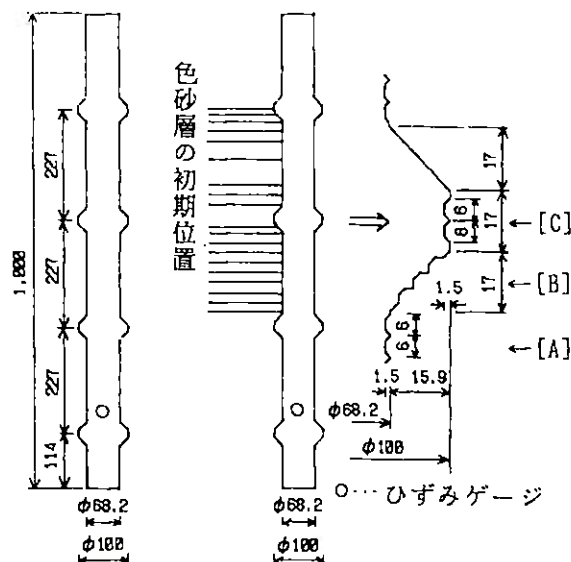
モデル節杭は、節部を4個有するステンレススチール製のもので、図-1(b)に示すように節部下方の軸部[A]、節部底面[B]、節部側面[C]の円周上に凹凸を設け表面を粗くしたもの(以降、粗い節杭と記す)と、図-1(a)に示すように同数の節部を有する表面が滑らかな節杭を用いた³⁾。モデル節杭の寸法は、長さ1000mm、節部径100mm、軸部径68.2mmである。杭には、図-1に示す位置にひずみゲージを貼付している。周面抵抗力 Q_r は、杭頭荷重とこのひずみゲージより算定した軸力の差として整理した。したがって、 Q_r に寄与する節部は、最下端の節部を除く3個の節部である。

実験土槽は、内径158cm、高さ178cmで、ある深さの地盤中の応力状態をシミュレートできるように、鉛直圧 σ_v 、側圧 σ_h を与えられる構造になっている。使用した砂は、気乾状態の珪砂6号(愛知県瀬戸産、 $D_{60}=0.36\text{mm}$ ・ $D_{30}=0.33\text{mm}$ ・ $U_c=1.85$ ・ $\rho_{max}=1.597\text{g/cm}^3$ ・ $\rho_{min}=1.264\text{g/cm}^3$)である。

地盤は、多重フルイ法(ツツリイ)で作成した。杭は、予め地盤を土槽底面から70cmの高さまで作成した後に、杭頭で固定して設置した。したがって、杭は完全ではないが non-displacement pile 型と見なせる。載荷による地盤変形状態を調べるために、地盤作成時に、杭周辺地盤の図-1(b)に示す位置に、着色した珪砂の薄層を設けた。

地盤作成後、 $\sigma_v=1.0\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_h=0.5\text{kgf/cm}^2$ の圧力で約2時間圧縮した。圧縮後(載荷試験前)の地盤の相対密度 D_r は、約80%であった。

載荷試験は、沈下制御方式で1サイクル、貫入速度1mm/minで行い、杭頭沈下量10cmまで実施し



(a) 滑らかな節杭 (b) 粗い節杭
図-1 モデル節杭 (単位:mm)

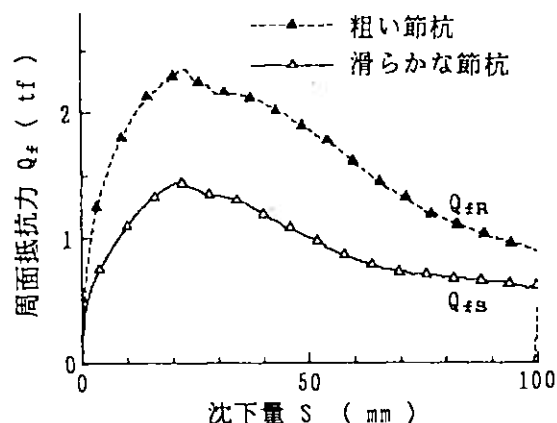


図-2 周面抵抗力(Q_r)-沈下量(S)関係

た。試験終了後、砂の掘り出し時に、地盤作成時に杭周辺地盤に設けた色砂層の観察を行った。

3. 実験結果と考察

図-2に、周面抵抗力(Q_r)-沈下量(S) 関係を示す。図に示すように、粗い節杭の周面抵抗力を Q_{rR} 、滑らかな節杭の周面抵抗力を Q_{rS} と記す。

図-2より、 Q_{rR} は Q_{rS} よりかなり大きいこと、特に、 $S < 10(\text{mm})$ 、すなわち $S/D < 0.1$ (D =節部径)での Q_{rR} の増加が顕著であることが分かる。また、 $Q_{rR} \cdot Q_{rS}$ がピークになる沈下量は、いずれも約22mmで、ほぼ等しいことが分かる。本実験に用いたような乾燥砂の場合、複数の節部を有する節杭の Q_r がピークを示す時の沈下量は、下方の節部のゆるみの影響を受ける⁴⁾。したがって、図-2の結

果より、節部間隔が等しければ、杭周面の粗滑に関係なく、ほぼ同じ沈下量で、 Q_r はピークになると考えられる。

Q_{rR} と Q_{rS} のピーク値までの特性を比較するために、沈下量 $S=25(\text{mm})$ までの、 Q_{rR} と Q_{rS} の比をまとめてみる。すなわち、 (Q_{rR}/Q_{rS}) と沈下量の関係を図-3に示す。なお、同図には、節1個の節杭(下方の節部によるゆるみの影響がないもの)の実験結果¹⁾も同様に示す。ただし、節1個の粗い節杭は、節部下方の軸部[A]のみ杭周面が粗く、本実験に用いた粗い節杭とは杭表面の粗い範囲が少し異なっている。ここで、節1個の粗い節杭の周面抵抗力を $Q_r[\text{節1個}\cdot\text{粗}]$ 、滑らかな節杭の周面抵抗力を $Q_r[\text{節1個}\cdot\text{滑}]$ と記す。

図-3から次のようなことが分かる。

- ① (Q_{rR}/Q_{rS}) は、 $S/D=0.03$ で約1.8倍と大きい値を示し、その後も1.6倍以上である。
- ② (Q_{rR}/Q_{rS}) は、 $(Q_r[\text{節1個}\cdot\text{粗}]/Q_r[\text{節1個}\cdot\text{滑}])$ より大きく、特に、 $S/D<0.1$ でこの傾向は顕著である。
- ③ (Q_{rR}/Q_{rS}) は、 $S/D>0.03$ で徐々に低下する。

上記①②を、杭周地盤に設けた色砂層を観察した結果から考察してみる。滑り面の位置が杭-砂境界面に生じるよりも砂中で生じる場合の方が、摩擦係数は大きくなる¹⁾。滑らかな節杭では、杭-砂境界面で滑り面が生じている⁴⁾。一方、粗い節杭では、沈下初期から、節部下方の軸部[A]・節部底面[B]・節部側面[C]の全面で、砂中での滑り面の発生が見られた。また、節1個の粗い節杭では、沈下初期では、[A]部と[B]部の一部でしか、それが見られなかった。以上より、①は、杭周面の粗滑の影響で、滑り面の発生位置が違うためと考えられる。②は、本実験に用いた粗い節杭では杭周面を[A]だけでなく[B][C]も粗くしたことによる影響であると考えられる。特に、 $S/D<0.1$ の差は、この影響で沈下初期での滑り面の発生過程に差が生じたためと考えられる。

上記③は、乾燥砂の地盤において複数の節部を有する節杭に生じる、下方の節部からのゆるみが影響していると推察される。そこで、別の観点からゆるみの影響を検討するために、本実験で用いた節杭の Q_{rR} と Q_{rS} の差をまとめてみる。すなわち、 $(Q_{rR}-Q_{rS})$ と沈下量の関係を図-4に示す。同図には、節1個の節杭の実験結果($Q_r[\text{節1個}\cdot\text{粗}]-Q_r[\text{節1個}\cdot\text{滑}]$)と、それを3倍したものも示す。図-4から次のようなことが分かる：① $(Q_{rR}-Q_{rS})$ は、 $S/D<0.1$ まで急激に大きくなり、 $Q_{rR}\cdot Q_{rS}$ のピークとほぼ同じ沈下量でピークを示す；② $(Q_{rR}-Q_{rS})$ は、 $S/D<0.04$ では、 $(Q_r[\text{節1個}\cdot\text{粗}]-Q_r[\text{節1個}\cdot\text{滑}])$ の3倍の値より大きく、 $0.04<S/D<0.1$ では、 $(Q_r[\text{節1個}\cdot\text{粗}]-Q_r[\text{節1個}\cdot\text{滑}])$

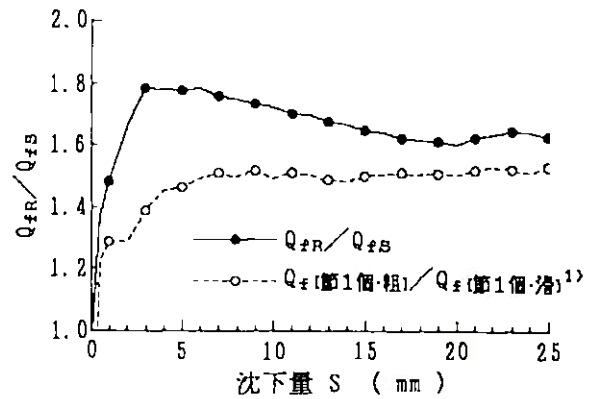


図-3 (Q_{rR}/Q_{rS}) -沈下量関係

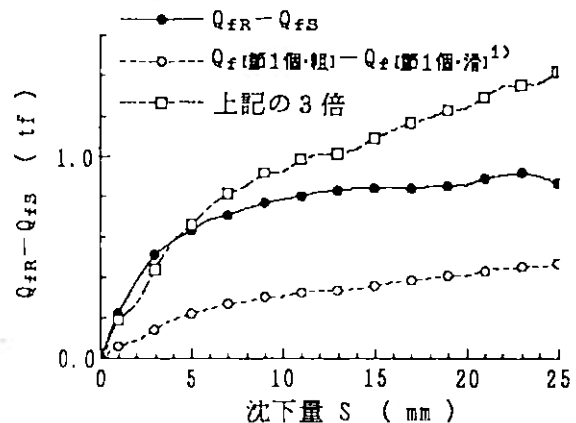


図-4 $(Q_{rR}-Q_{rS})$ -沈下量関係

の3倍の値より少し小さい程度である。本実験に用いた節4個の節杭の $Q_{rR}\cdot Q_{rS}$ に寄与する節部は、最下端の節部を除いた3個の節部であることから、 $S/D<0.1$ ではゆるみの影響が小さいと考えられる。

以上のように、節杭の杭周面を粗くすることによって、複数の節部を有する場合も、周面抵抗力がかなり大きくなることが確かめられた。また、ゆるみの影響のない節1個の節杭の実験結果との比較から、本実験ではゆるみの影響の出やすい乾燥砂を用いているにもかかわらず、 $S/D<0.03\sim 0.04$ では下方の節部のゆるみによる影響はほとんどなく、 $S/D=0.1$ においてもその影響は小さいことが分かった。

参考文献

- 1) 藪内・平山・山下・上紺屋(1993): "節杭の節部下方の軸部摩擦抵抗に関するモデル実験", 土木学会第48回年次講演III, pp. 782-783.
- 2) 藪内・平山・山下・上紺屋(1993): "杭先端抵抗と比較した節杭の節部抵抗", 第28回土質工学研究発表会, pp. 1775-1778.
- 3) 藪内・平山・山下・上紺屋(1994): "周辺に礫を充填した節杭の鉛直支持特性に関するモデル実験(その3: 節杭周面の粗滑の影響)", 土木学会第49回年次講演III.
- 4) 藪内・平山・山下・上紺屋(1993): "砂中の節杭周辺の地盤変形モード", 第28回土質工学研究発表会, pp. 1773-1774.