土木学会第48回年次学術講演会（平成５年９月）

III－364　節杭の節部下方の軸部摩擦抵抗に関するモデル実験

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

１．まえがき

複数の拡大部（節部）を有する節杭の鉛直支持機構を、ステンレススチール製のモデル杭の砂中での実験によって検討してきた[1)2)]。その結果、節部抵抗は杭先端抵抗と類似であるが、節部によって節部径程度下方までの軸部に高圧が作用し、その部分の軸部摩擦抵抗もかなり寄与していると推察された。しかし、ひずみゲージによる測定では、そのような結果は得られなかった。

そこで、間接的な手法で節部下方の軸部摩擦抵抗を評価することを試みた。すなわち、杭周を粗くすると見かけの摩擦係数 μ_a（ダイレイタンシーによる応力変化も含めた摩擦係数）が大きくなることを利用して、節部下方の軸部表面を粗くした節杭のモデル実験を追加して行った。本稿では、その結果を滑らかな節杭の結果[1)]と比較してまとめ、節部抵抗における節部下方の軸部摩擦抵抗について考察する。

２．実験方法

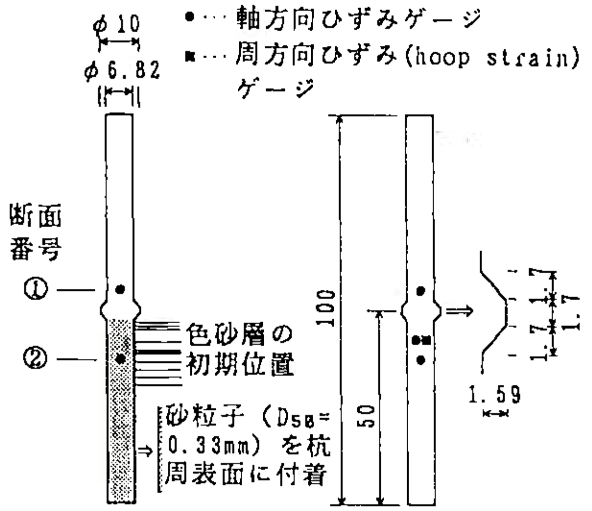
2.1　モデル杭

複数の節部を有する節杭の節部抵抗には、下方の節部によるゆるみの影響が生じる[1)]。本実験では、ゆるみの影響のない状況で節部抵抗を評価するため、杭の中央部に節部を１個だけ設けたモデル節杭を用いた。モデル節杭は、ステンレススチール製のもので、図－１(a) に示すように節部下方の軸部の表面を粗くしたもの（以降、粗い節杭と記す）を用いた。軸部の表面を粗くする方法としては、既往の実験[3)]と同じ手法で、滑らかな節杭の周面に、実験で用いている砂を接着剤で付着させた。その結果、図－１(b) の滑らかな節杭に比べて、節部下方軸部の見かけの摩擦係数 μ_a が約 2.5倍増加することが見込める[3)]。モデル節杭の寸法は、長さ100cm、節部径 10 cm、軸部径 6.82cmである。

2.2　実験手順[4)]

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 を与えることができるようになっている。用いた砂は、気乾状態の硅砂６号（愛知県瀬戸産、D_{60}=0.36mm・D_{50}=0.33mm・U_c=1.85・ρ_{max}=1.597g/cm^3・ρ_{min}=1.264g/cm^3）である。

地盤は、多重フルイ法（サンドレイナー）で作成



(a)　粗い節杭　　(b)　滑らかな節杭

図－１　モデル節杭　（単位：cm）

した。杭は、予め地盤を土槽底面より70cmの高さまで作成した時点で、杭頭を固定して設置した。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(a) に示す位置に着色した硅砂の薄層を設けた。

地盤作成後、σ_v=1.0 kgf/cm^2、σ_h=0.5 kgf/cm^2 の圧力で約２時間圧縮した。圧縮後、すなわち載荷試験前、の地盤の相対密度 D_r は約 78%であった。

載荷試験は、20cmまで沈下させた滑らかな節杭において約10cm以上の沈下では節部抵抗がほとんど一定であったので[1)]、杭頭沈下量10cmまで１サイクルで実施した。載荷は沈下制御により 1mm/minで行った。試験終了後、砂の掘り出し時に、地盤作成時に杭軸周辺にまき出した色砂層の詳細な観察を行った。実験は２回実施したが、ほとんど同じ結果であった。

滑らかな節杭に関しては、載荷中の杭周辺地盤の変形状況を調べる目的で、１サイクルで沈下量10cmまでの載荷試験を別途追加した。杭周辺地盤に設けた色砂の薄層の初期位置は、図－１(a) に示した粗い節杭の時と同じ箇所である。この際、節部下方の軸部摩擦抵抗を測定できない原因を調べるため、図－１(b) に示す位置で周方向ひずみ（hoop strain）を測定した。

3．実験および観察結果

ここでは、節部抵抗力Q_nとして、図－１(a) に示した節部上部の①断面と節部下方10cmの②断面のひずみゲージより算定した軸力差で整理する。感圧紙の結果[1]によると、このQ_nには、高圧部の軸部摩擦抵抗も含まれる。図－２は、節部抵抗力－沈下量関係を示したものである。図は、簡潔のため２回の実験の平均値で示してある。比較のための滑らかな節杭の結果も、同じ条件のものである[1]。

図－３は、掘り出し時に観察した色砂層の状況から逆算[2]して、S/D=0.1（D＝節部径）の時の色砂層の挙動より、節部下方10cmの範囲でのすべり面の様子を描いたものである。粗い節杭においては、軸部周面でのすべり面が砂中で発生していることが分かる。滑らかな節杭では、ほぼ軸部全域で杭－砂接触面ですべりが発生していることが分かる。

紙面の都合でデータは省略するが、追加した滑らかな節杭の実験において、ある軸力に対する周方向ひずみは、空中で行ったキャリブレーション時に比べ約40%小さい値が得られた。このため、図－１(b) に示した位置での軸力は、キャリブレーションから求めた係数で計算した値が例えば 3tfの時に、実際には約 4tf作用していると算定される。節部下方の地盤から軸部に作用する高い水平圧力によるポアソン比効果が、節部直下の軸部での摩擦抵抗の測定を困難にしている原因であると判断される。

4．節部抵抗に及ぼす軸部摩擦抵抗の影響

図－２より、粗い節杭の節部抵抗力は、滑らかな節杭に比べて沈下初期からほぼ一定の比率（約 1.6倍）で大きくなっていることが分かる。これは、図－３の結果から分かるように、粗い節杭では、節部下方の軸部でのすべり面が砂中で発生しているため、予想通り節部下方の軸部での見かけの摩擦係数 μ_a が増加したことが要因と考えられる。

図－２に見られるように、S=100[mm]において、

Q_n(粗い節杭)　　= 2.1[tf]

Q_n(滑らかな節杭)= 1.3[tf]

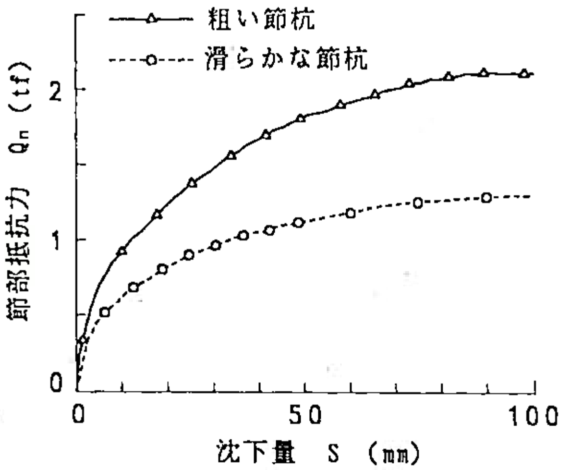
となっている。Q_nを節部底面抵抗Q_bと軸部摩擦抵抗Q_sに分けると、両者の差はμ_a の変化に起因するQ_sの差によると考えられる。両者のμ_a の比を 2.5とすると、各々のQ_b・Q_sは以下のように算定される。

Q_n(粗い節杭)　　= Q_b+Q_s = 0.8[tf]+1.3[tf]

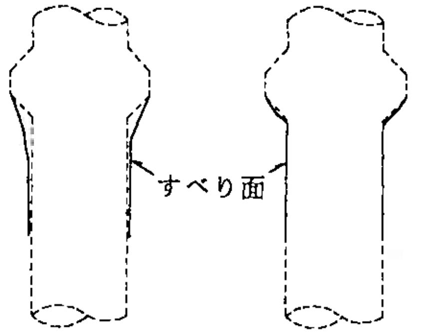
Q_n(滑らかな節杭)= Q_b+Q_s = 0.8[tf]+0.5[tf]

比較的ポアソン比効果の少ないと考えられるモルタル製節杭を用いた実験における軸力分布の結果[5]では、節部抵抗力に占めるQ_bとQ_sの割合は約 2:1となっている。これは、本実験の滑らかな節杭の節部抵抗力に占めるQ_bとQ_sの割合とほぼ対応している。

さらに、粗い節杭の場合は、滑らかな節杭に比べてQ_sが約 2.5倍にもなるので、Q_b:Q_s が約 2:3となり、節部抵抗に占めるQ_sの割合が60%にも達している。その結果、軸部摩擦抵抗Q_sを含めた節部抵抗応力は、直径10cmの滑らかな円筒杭の先端抵抗応力[1]よりも S/D=0.1 において約 1.2 倍大きくなっており、軸部の存在による節部底面抵抗Q_bの低下を十二分にカバーしている。



図－２　節部抵抗力－沈下量関係



(a)　粗い節杭　　　(b)　滑らかな節杭

図－３　節部下方のすべり面の状況（S/D=0.1の時）

参考文献

1)　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．
2)　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．
3)　藪内・平山・山下・染川（1992）：”コルゲート杭の周面摩擦抵抗特性に関するモデル実験”，土木学会第47回年講Ⅲ，pp.908-909．
4)　藪内・山下・上紺屋・平山（1991）：”砂中の節杭・コルゲート杭のモデル実験”，第26回土質工学研究発表会，pp.1351-1354．
5)　小椋（1989）：”砂地盤における節杭の鉛直支持力機構に関する研究”，関西大学工学博士論文，pp.43-49．