

プレボーリング拡大根固め工法杭に用いた先端平均N値の算定方法

埋込み杭 先端支持力 N値 設計 載荷試験

正会員 ○小椋 仁志*
同 小林 恒一*

1. はじめに

杭の鉛直支持力を算定する際の実先端平均N値 \bar{N} の平均範囲は、多くの工法が Meyerhof の支持力理論に基づいた杭先端から上方に 4 d、下方に 1 d 間 (d:杭径) を採用している。上方に 1 d、下方に 1 d 間とする工法もあるが、これらの範囲では、今では定説となっている Vesic の支持力理論で先端支持力に大きく寄与する杭先端から下方の地盤を、ほとんど評価していないことになる。筆者は、これらの範囲は不合理だけでなく、危険側の設計になるおそれのあることを指摘してきた^{1), 2)}。

今回、節杭を用いたプレボーリング拡大根固め工法 (以下、E工法) において、支持力機構からみて比較的合理的と思われる \bar{N} の算定方法を設定したので紹介する。

2. 埋込み杭の先端支持力の評価位置

先端部を拡大掘削した拡大根固め工法の場合、先端支持力 P_p は図-1のように根固め部の上端位置での軸力で評価することが多い。根固め部が極限支持力時にも破壊しない場合、その強度や剛性は地盤のものよりはるかに大きいことを考えると、 P_p は根固め部先端面の抵抗に根固め部周面の摩擦抵抗が加わった値になる。

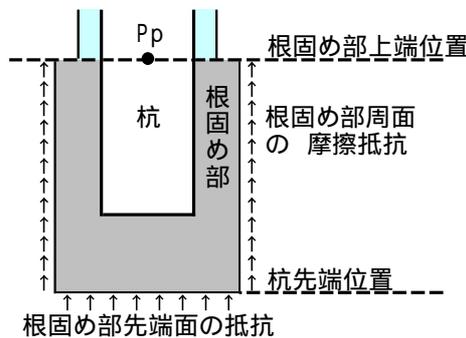


図-1

E工法では、図-2のように下杭に節杭を用いており、杭先端は根固め部の底面に定着している。この場合も根固め部の上端位置での軸力で評価した P_p は、根固め部先端面の抵抗と根固め部周面の摩擦抵抗の合計となる。

図-3は、杭先端が砂地盤や礫地盤の杭による載荷試験で得られた第2限界抵抗力時の P_p について、両者の内訳を示したものである。ただし、節杭の支持力機構³⁾や杭先端の軸力は信頼できる値が得られないこと等を考えて、根固め部先端面の抵抗は先端面より約 0.35m 上方の最下端節部位置での軸力で代用している。根固め部周面の摩擦抵抗はその位置より上方の摩擦抵抗となる。この図に示したデータは、先端沈下量 S_p が節径 D_o の 10% を超えた試験

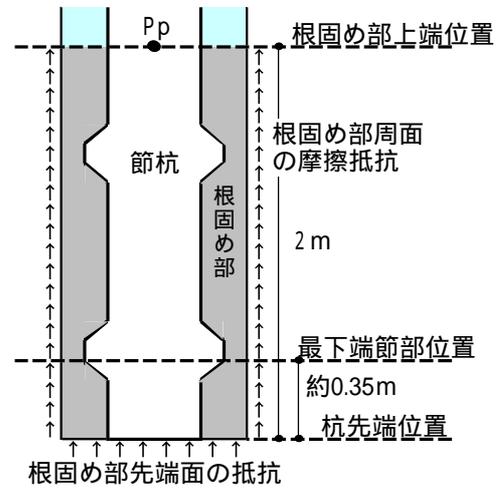


図-2

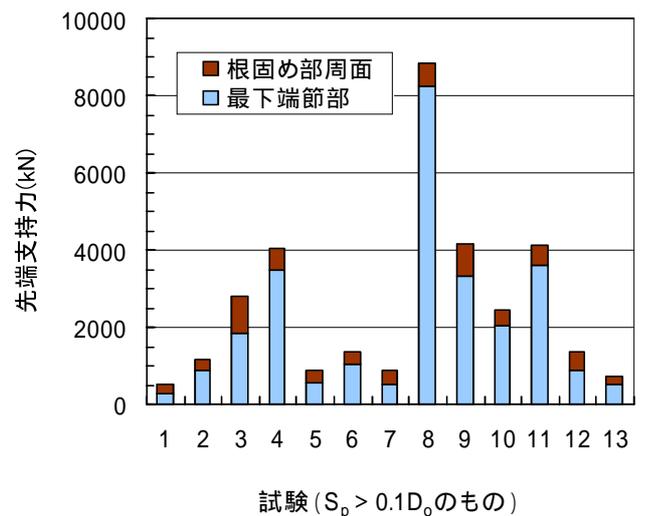


図-3

に限っている。図-3から、 P_p のうち 2~3 割を根固め部周面の摩擦抵抗が占めていることが分かる。

3. 平均範囲の検討

埋込み杭の \bar{N} を求める際の平均範囲には、これまで下記の検討や提案がある。

- 山肩・伊藤ら⁴⁾: 多数の載荷試験結果を整理して、杭先端から上 1 d 下 1 d 間による \bar{N} が、上 4 d 下 1 d 間や下 1 d 間による \bar{N} より P_p との相関性がよいとしている。
- 山崎ら^{5), 6)}: FEM や載荷試験結果から、杭先端の地盤の N 値が深さ方向に漸減する場合は杭先端から下 4 d 間の、漸増する場合は杭先端から下 1 d 間の N 値を平均するのがよいとしている。

佐伯ら⁷⁾: FEM解析の結果から、先端地盤は杭先端から下4 d間のN値を深さに応じて重みを付けて平均する方法を提案している。

筆者^{1),2)}: 多数の載荷試験結果と図-1のような杭先端下方にも根固め部があることを考慮した支持力機構から、上1 d下3 d間のN値を平均すべきとした。杭先端より上方1 d間も平均範囲に加えるのは、杭先端からPpの評価位置までの地盤を評価するためである。

以上の検討や提案を踏まえて、E工法の場合の平均範囲は以下のように設定した。まず、杭先端から上方については、Ppには根固め部周面の摩擦抵抗も含まれるため、この範囲の地盤も評価する必要があると判断し、根固め部の範囲、すなわち、杭先端から2 m間とする。

次に、杭先端から下方については、杭先端から2.5 d間とする。これは、図-4に示す高野らの実験⁸⁾の結果では、先端抵抗に影響するのは杭先端から下方2 d~3 dまでの範囲であることによる。ただし、節杭の場合、図-5のように、杭先端から2.5 D (D:軸部径)の深さだけでなく、最下端節部下面から下方に2.5 Do (Do:節部径)の深さも考える必要がある。そこで、両者の深い方の値をDoで除すと、1.7~2.2になる。これから、杭先端から下方の範囲は、杭先端から下方に2 Do間とする。

以上より、E工法の \bar{N} を求める際の平均範囲は、「杭先端から上方に2 m、下方に2 Do間」とした。

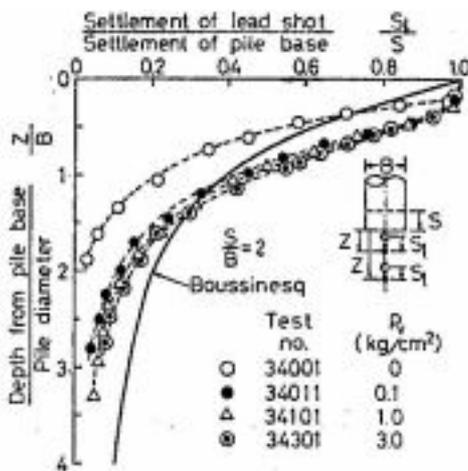


図-4⁸⁾

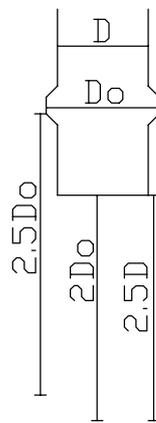


図-5

4. 平均方法の検討

E工法に用いる節杭のDoは0.44~1.0mのため、2 Doは2 m以下になる。したがって、前節で決めた範囲にあるN値を単純平均したのでは、杭先端から上方の地盤を過大評価することになる。また、図-3のようにPpの大半は最下端節部位置での抵抗であることを考えると、杭先端から下方の地盤の方を大きく評価する必要があると判断される。そこで、 \bar{N} の算定には、杭先端~上方2 m間の平均N値をNu、杭先端~下方2 Do間の平均N値をNlとし、そ

れらに「重み」をつけて平均することとした。

「重み」を決めるために、それをいろいろ変えて求めた \bar{N} とPpの相関係数を比較したが、データ数が少ないためか有意な差は生じなかった。そこで、載荷試験結果のうちSpがDoの10%を超えるデータを選んで、根固め部周面の摩擦抵抗と最下端節部位置での支持力の割合をもとに決めることとした。

図-3に示した各杭の根固め部周面の摩擦抵抗の値が、Ppに占める割合を平均すると26%となる。これから、(根固め部の周面摩擦力):(最下端節部位置での支持力)は、ほぼ1:3になっているといえる。このことから、杭先端が砂質地盤に位置する杭については、「重み」を3とした次式を \bar{N} の算定式として設定した。

$$\bar{N} = (Nu + 3 Nl) / 4$$

杭先端が粘性土地盤に位置する杭についても同様に、Ppに占める根固め部周面の摩擦抵抗の割合を求めると42%となることから、「重み」を1.5とした次式を \bar{N} の算定式として設定した。

$$\bar{N} = (2 Nu + 3 Nl) / 5$$

5. おわりに

本報で紹介した \bar{N} の算定方法は、埋込み杭の支持力機構を反映したものであり、これまでの方法に比べると先端支持力に寄与する地盤を適切に評価したものといえよう。ただし、先端面支持力の評価位置や「重み」の決め方にはもっと検討する余地がある。また、杭先端から下方の範囲には杭径でなく根固め径を基準にすることも考えられる。さらに、統計的な手法を用いられる数のデータを蓄積する必要もある。引き続き、よりよい算定式を追求していきたい。

参考文献

- 1) 小椋仁志: 埋込み杭の先端平均N値の平均範囲に関する検討、日本建築学会大会(東北)学術講演梗概集構造B-1、pp.737-738、2000.9
- 2) 小椋仁志: 杭の支持力算定式に関する一考察(先端平均N値の平均範囲を中心として)、第45回地盤工学シンポジウム論文集、pp.199-204、2000.10
- 3) 小椋仁志・山肩邦男・岸田英明: 模型実験による節付き円筒杭の支持力特性の検討、日本建築学会構造系論文報告集、No.374、pp.87-97、1987.4
- 4) 山肩邦男・伊藤淳志・田中 健・倉本良之: 埋込み杭の極限先端荷重および先端荷重~先端沈下量特性に関する統計的研究、日本建築学会構造系論文報告集、No.436、pp.81~89、1992.6.
- 5) 山崎雅弘・長岡弘明・福本和正・山口勝久: 杭先端支持力の評価のための等価N値、日本建築学会大会(九州)学術講演梗概集構造B-1、pp.659-660、1998.9
- 6) 山崎雅弘: 埋込み杭の極限先端支持力の評価のための等価N値、日本建築学会大会(北陸)学術講演梗概集構造B-1、pp.485-486、2002.8
- 7) 佐伯英一郎・岩松浩一・木下雅敬: Non-Displacement Pileの先端支持力推定のための地盤の「平均N値」に関する解析的一考察、日本建築学会構造系論文集、No.535、pp.87~94、2000.9.
- 8) 高野昭信・岸田英明: 砂地盤中の Non-displacement pile 先端部地盤の破壊機構、日本建築学会構造系論文報告集 No.285、pp.51-62、1979.11