

拡底杭の引抜き特性に関する遠心载荷試験—その2：実験結果

拡底杭 引抜き抵抗 遠心载荷試験

ジャパンパイル 正会員 ○藤江 雄大  
 正会員 橋立 健司  
 関西大学 国際会員 飛田 哲男  
 非会員 田中 秀季

1. はじめに

同名報告(その1)に引き続き、本報告(その2)において、拡底杭の引抜き遠心载荷試験の実験結果について述べる。なお、本試験の結果はプロトタイプ換算とし、結果を述べる。

2. 実験結果

载荷荷重と杭頭変位比(杭頭変位/拡底径)の関係を図1に示す。これより、拡径比が1.5、2.0と増大するに伴い载荷荷重が大きくなること、相対密度 $D_r$ が $D_r=60\%$ より $D_r=90\%$ の方が载荷荷重は大きくなる事が確認された。ただし、拡径比が1.0の場合は、相対密度の違いによる载荷荷重の変化はあまりみられなかった。

相対密度毎の拡径比の違いによる極限荷重時の軸力分布の比較を図2に示す。

極限荷重(第2限界抵抗力)は、地盤工学会の杭の鉛直载荷試験・同解説<sup>1)</sup>に準じて明確な極限荷重が得られない場合は、杭先端部変位が拡径部径(杭先端部径)の10%に達した時とした。但し、本試験における杭頭変

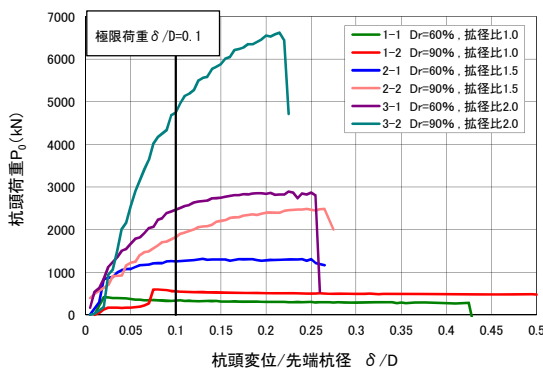


図1 引抜き荷重と杭頭変位比の関係

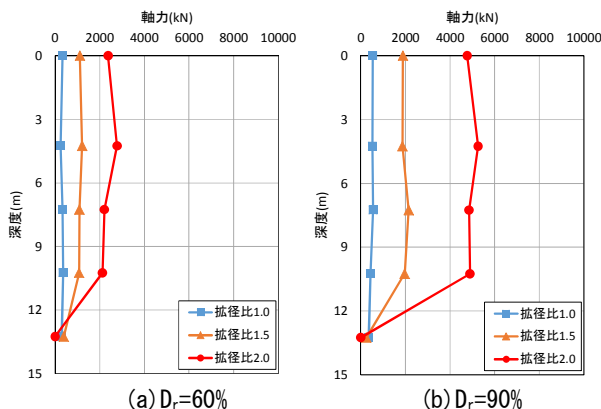


図2 深度方向に対する極限荷重の軸力分布

位と杭先端部変位の差異は微小と考えられるため、杭先端部変位ではなく、杭頭変位により極限荷重を算出した。

杭の軸力は  $P=EA\epsilon$  より算定し、深度 0m の軸力は杭頭荷重の値を用いた。

拡径比 1.0 (直杭) は相対密度が違ってても、杭先端から杭頭までの軸力に大きな違いは見られなかった。これに対し拡径比 1.5 および 2.0 の場合は、拡径部で軸力を負担し、拡径部より上部では軸力の変化はみられなかった。更に拡径比 2.0 の場合は、拡径部で負担する軸力は拡径比 1.5 に比べ、より大きくなった。

相対密度の差異による極限荷重時の軸力分布の比較を拡径比ごとに図3に示す。いずれの拡径比においても、 $D_r=60\%$ より $D_r=90\%$ の方が、軸力は大きくなった。

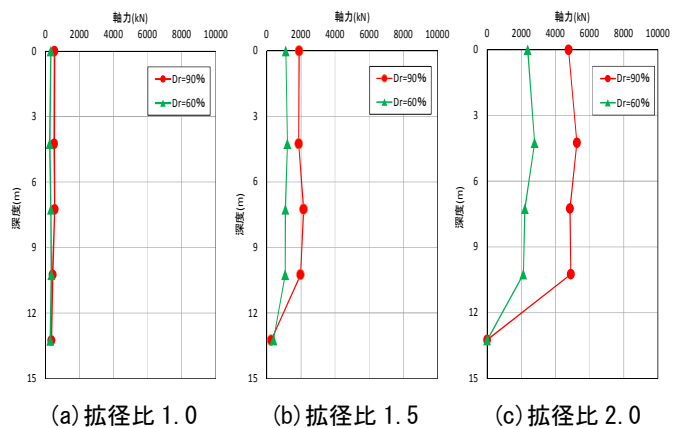


図3 深度方向に対する極限荷重の軸力分布

3. 拡底部の負担荷重に関する検討

拡径部の負担荷重を検討する方法として佐野らの手法による摩擦法<sup>2)</sup>により評価を行った。摩擦法の引抜き抵抗支持機構の考え方を図4に示す。

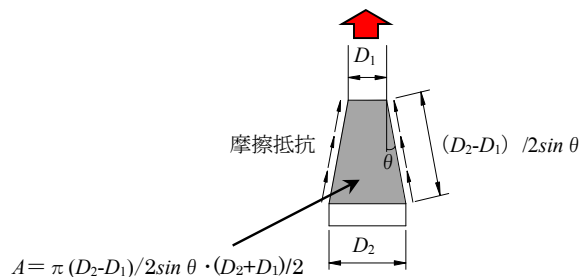


図4 摩擦法による引抜き抵抗支持機構の考え方

拡径部の負担荷重度は拡径部の傾斜部上端の荷重から杭先端部の荷重を差引き、拡径側面積により除して算出した。

負担荷重度と  $N$  値の関係を評価するために、本土槽内の平均  $N$  値を算出した。平均  $N$  値は Meyerhof の(1)式を用いて算出した。

$$N = (\sigma_v' / 98 + 0.7) \times (D_r / 21)^2 \quad (1)$$

$\sigma_v'$ : 平均上載圧(kN/m<sup>2</sup>)

平均上載圧は拡径部の上端から拡径傾斜部高さの範囲を平均し、算出した。

Meyerhofの式の適用に関する既往の研究<sup>3)</sup>では、細粒分を含む沖積砂質土を対象に実測した不攪乱資料の相対密度に対して、Meyerhofの式より推定した相対密度は、±15%程度であったこと、細粒分による補正を行うことでさらに一致することが報告されている。

極限負担荷重度と平均  $N$  値の関係を図 5 に示す。図に示した相関式は、拡径比毎の結果のプロットに対し最小 2 乗法により算出した。ここで、図 5 に佐野らの式<sup>4)</sup>の値も併せて示す。

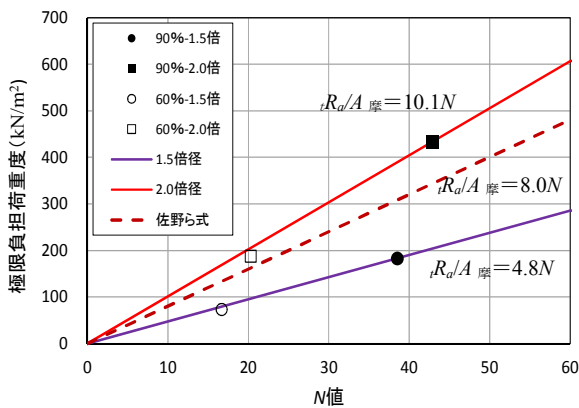


図 5 平均  $N$  値と極限負担荷重度の関係

佐野らの式により算出した計算式と本実験結果を比較すると、拡径比 2.0 の試験結果は佐野らの式より値は大きく、拡径比 1.5 の試験結果では佐野らの式より値は小さくなった。

佐野らの式は  $N$  値として、遠心載荷試験及びシミュレーション解析結果から、安全側の評価となるように平均  $N$  値から標準偏差を差引いた値を用いている。このため、拡径比 2.0 の試験結果は佐野らの式より大きな値となったと考えられる。

拡径比 1.5 は杭の拡径角が 6 度であるが、佐野らの結果は拡径比に関わらず、拡底角が全て 12 度で試験を実施しているという点が、本試験との違いがある。このため拡径比 1.5 の場合、拡底角の影響により小さな値を示したと考えられる。

本試験において、杭表面には特に加工を行わずに試験を実施した。佐野らが実施した実験では、杭の表面に周面抵抗を確保するため豊浦砂を貼付けて表面粗さ 76~106 $\mu$ m として試験を実施している。佐野らの結果と

比較を行うためには、杭表面に周面抵抗を得られる工夫を行った試験を行う必要があると考えられる。このため杭表面にサンドペーパーを貼付け、杭表面に摩擦抵抗がある場合とない場合の比較を行った。図 6 に拡径比 1.0 (直杭)、 $D_r=90\%$  の場合の杭表面の摩擦抵抗がある場合とない場合の比較結果を示す。

この結果、杭表面に摩擦抵抗がある場合とない場合では、大きく杭の支持力に違いがあることが分かった。

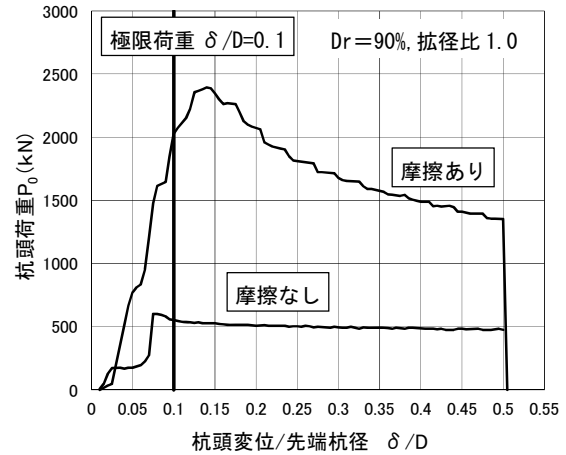


図 6 杭表面の摩擦抵抗がある場合とない場合の比較

#### 4. まとめ

本試験では、遠心載荷試験を実施し、拡底杭の引抜き特性について調査してきた。得られた結果と今後の検討内容を以下に述べる。

- 1) 引抜き荷重は、相対密度  $D_r=60\%$  より  $D_r=90\%$  の方が大きくなる。
- 2) 拡底杭の引抜き荷重は、拡底部で荷重を負担することにより、直杭より大きくなる。拡底部の負担荷重は拡径比 1.5 より拡径比 2.0 の方がより負担荷重は大きくなる。
- 3) 今後の検討として、今回実施しなかった杭表面に摩擦抵抗がある場合のケースについて実験を行い、摩擦抵抗がない場合との比較を行う必要があると考えられる。また、拡径角の変化による負担荷重の確認を行うために、拡底角を変化させたケースを増やし検討する必要があると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) (公社)地盤工学会:杭の鉛直載荷試験方法・同解説-第一回改訂版-,pp117,2002.5
- 2) 新井ほか:先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性(その 1 工法の特徴と遠心載荷試験に基づく支持力評価の考え方) 日本建築学会大会学術講演梗概集,2014.9
- 3) 吉村:不攪乱資料の相対密度と  $N$  値から推定する相対密度について,第 3 回中部地盤工学シンポジウム論文集
- 4) 佐野ほか:先端および中間部に拡径部を有する杭の支持力特性(その 2 拡径間隔および拡径比の影響を考慮した支持力評価),日本建築学会大会学術講演梗概集,2014.9