

先端プレロード場所打ち杭の支持力向上効果に関する一考察

明星大学 理工学部 正会員 矢島 寿一
 (株)エムテック 正会員 三上 和久
 J R 東日本 正会員 谷口 美佐
 J R 東日本 フェロー会員 渡邊 康夫

1. はじめに

先端プレロード場所打ち杭工法¹⁾は杭先端地盤へのプレロード圧の導入により杭の支持力向上が期待できる工法である。しかしながら、杭先端プレロードによる支持力向上効果については不明確な部分が多い。著者ら²⁾は今まで上載圧100kPaを作用させ地中応力状態を再現した模型載荷試験により杭先端プレロードによる支持力向上効果を確認してきた。そして、杭先端部へのプレロード圧作用時のプレロード荷重は理論値の8割程度であり、プレロード圧保持後プレロード荷重は除々低下することを確認しており、杭先端部への支持力向上効果は杭先端部へのプレロード圧作用による杭先端地盤への過圧密効果であると考えている。そこで本研究では、杭先端部に作用するプレロード圧作用時を圧密時の圧力、プレロード圧保持後荷重低下時をせん断時の圧力と考え、過圧密比の異なる三軸圧縮断試験を行い、過圧密比の違いによる変形係数の変化を明確にし、この結果をもとに模型載荷試験でのプレロード圧の違いによる鉛直方向地盤反力係数の変化と比較して検討し、先端プレロード圧による支持力向上効果について考察を行った。

2. 使用材料および試験方法

今回、三軸圧縮試験に使用した砂は模型載荷試験²⁾に使用した砂と同じ珪砂6号を使用した。珪砂6号の粒径加積曲線を図-1に示す。試験に使用する供試体は乾燥密度(γ_d)が $\gamma_d=1.53\text{g/cm}^3$ となるように三層に分け突固めて作製した。三軸圧縮試験の試験方法は表-1に示すように圧密時の拘束圧(σ'_c)_cとせん断時の拘束圧(σ'_c)_sを変化させ、過圧密比(OCR)の異なる三軸圧縮試験とした。せん断時の排水条件は排水とし、せん断速度0.05mm/minでせん断を行った。

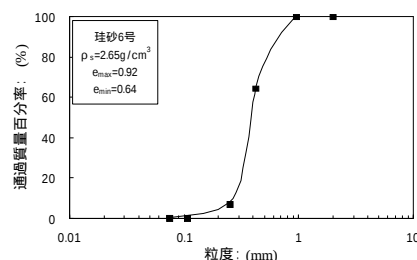


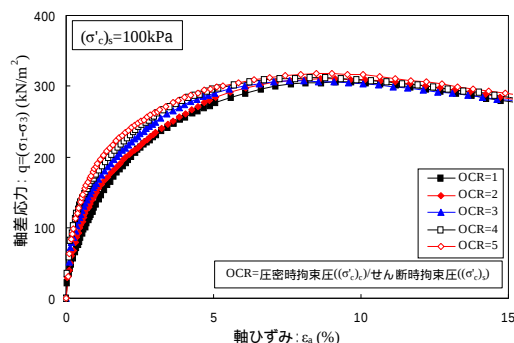
図-1 珪砂6号の粒径加積曲線

表-1 試験ケース

圧密時拘束圧: (σ'_c) _c (kPa)	せん断時拘束圧: (σ'_c) _s (kPa)	過圧密比: OCR
100	100	1
200	100	2
300	100	3
400	100	4
500	100	5
200	200	1
400	200	2
600	200	3
800	200	4
300	300	1
600	300	2

3. 三軸圧縮試験から得られた変形係数

今回の過圧密比の異なる三軸試験結果から得られたせん断時拘束圧(σ'_c)_s=100kPa時の軸差応力(q)と軸ひずみ(ϵ_a)の関係を図-2に示す。これより、軸差応力(q)は軸ひずみ(ϵ_a)の増加に伴い増加し、 $\epsilon_a=9\%$ 付近で最も大きくなり、その後除々に低下している。そして、 $\epsilon_a=15\%$ 時の軸差応力は過圧密比によらず全て同じ軸差応力となっている。また、初期ひずみ領域での勾配は過圧密比が大きいものほど高くなっている。そこで、変形係数(E_{50})と過圧密比(OCR)の関係をみると図-3のようになり、変形係数は過圧密比が大きくなると直線的に増加することがわかる。

図-2 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 時の軸差応力 - 軸ひずみ関係

4. 模型載荷試験から得られた鉛直方向地盤反力係数

key word: 先端プレロード場所打ち杭, 地盤反力係数, 過圧密比

〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL.& FAX. 042-591-9649

模型載荷試験²⁾から得られた鉛直方向地盤反力係数(k_v)と沈下量(s)の関係を図-4に示す。これより、鉛直方向地盤反力係数(k_v)は沈下量(s)の増加とともに低下することがわかる。そして、模型載荷試験での降伏荷重を示す沈下量(s)は $s=2\text{mm}$ 程度であったことから、 $s=2\text{mm}$ 時の鉛直方向地盤反力係数をここでは鉛直方向地盤反力係数($(k_v)_{s=2\text{mm}}$)とした。この(k_v) $_{s=2\text{mm}}$ とプレロード荷重(P_p)との関係は図-5のようになり、(k_v) $_{s=2\text{mm}}$ はプレロード荷重が大きくなると直線的に増加することがわかる。

5. 変形係数比と過圧密比, 鉛直方向地盤反力係数比とプレロード圧比の関係

図-3および図-5から、変形係数(E_{50})と鉛直方向地盤反力係数($(k_v)_{s=2\text{mm}}$)は過圧密比(OCR)やプレロード荷重(P_p)が増加すると直線的に増加することがわかった。そこで、変形係数(E_{50})を OCR=1 での変形係数($(E_{50})_{\text{OCR}=1}$)で正規化した変形係数比($E_{50}/((E_{50})_{\text{OCR}=1})$)で表した。また、鉛直方向地盤反力係数($(k_v)_{s=2\text{mm}}$)をプレロードなしの鉛直方向地盤反力係数($((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0}$)で正規化した鉛直方向地盤反力係数比($((k_v)_{s=2\text{mm}})/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0}$)で表し、プレロード荷重(P_p)をプレロード圧(σ_p)に換算し、載荷試験時の上載圧(土被り圧: σ_v)で正規化したプレロード圧比(σ_p/σ_v)で表した。これらの値から $E_{50}/(E_{50})_{\text{OCR}=1}$ と OCR の関係と $(k_v)_{s=2\text{mm}}/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0}$ と σ_p/σ_v の関係に整理すると図-6のようになり、変形係数比は OCR の増加に伴い、鉛直方向地盤反力係数はプレロード圧比の増加に伴い直線的に増加し、 $E_{50}/(E_{50})_{\text{OCR}=1} \sim \text{OCR}$ 関係、 $(k_v)_{s=2\text{mm}}/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0} \sim \sigma_p/\sigma_v$ 関係は同一線上にプロットされることが判明した。このことから、変形係数と鉛直方向地盤反力係数、過圧密比とプレロード圧比の違いはあるものの、杭先端プレロードによる支持力向上効果はプレロード圧比から鉛直方向地盤反力係数比として推定できるものと考えられる。例えば、今回の珪砂 6 号($\gamma_t=15\text{kN/m}^3$)の地盤に深度 20m の杭を設置すると土被り圧(σ_v) $=300\text{kN/m}^2$ 、プレロード圧(σ_p) $=1500\text{kPa}$ を作用させると、プレロード圧比(σ_p/σ_v) $=5$ 、図-6より、 $((k_v)_{s=2\text{mm}})/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0}=2$ となり、プレロードを作用させた杭の鉛直方向地盤反力係数はプレロードを作用させない杭の鉛直方向地盤反力係数の 2 倍程度となる。

6. まとめ

今回の検討結果から以下のことが判明した。

- (1) 変形係数(E_{50})と鉛直方向地盤反力係数($(k_v)_{s=2\text{mm}}$)は過圧密比(OCR)やプレロード荷重(P_p)が増加すると直線的に増加する。
- (2) 変形係数比は OCR の増加に伴い、鉛直方向地盤反力係数はプレロード圧比の増加に伴い直線的に増加し、 $E_{50}/(E_{50})_{\text{OCR}=1} \sim \text{OCR}$ 関係、 $(k_v)_{s=2\text{mm}}/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0} \sim \sigma_p/\sigma_v$ 関係は同一線上にプロットされ、杭先端プレロードによる支持力向上効果はプレロード圧比から鉛直方向地盤反力係数比として推定できるものと考えられる。

【参考文献】1)渡邊他, 先端プレロード場所打ち杭の支持力向上効果確認模型載荷試験, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 第 9 部門, pp.433-434, 平成 23 年 9 月, 2)谷口他, 先端プレロード場所打ち杭の先端支持力発現に関する模型載荷試験(その 2) - 圧力保持時間の比較 -, 第 46 回地盤工学研究発表会, 平成 24 年 7 月(投稿中)

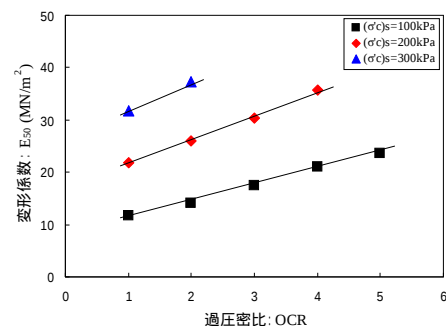


図-3 変形係数と過圧密比の関係

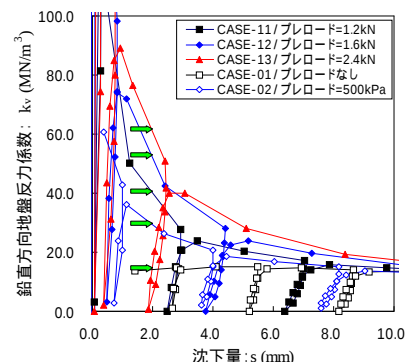


図-4 地盤反力係数と沈下量の関係

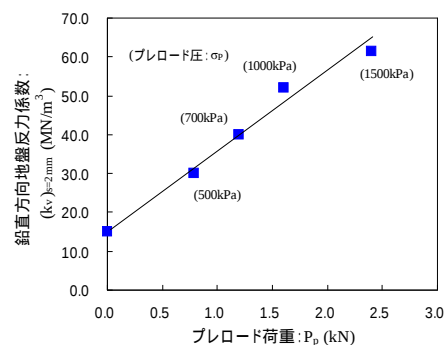


図-5 地盤反力係数とプレロード荷重の関係

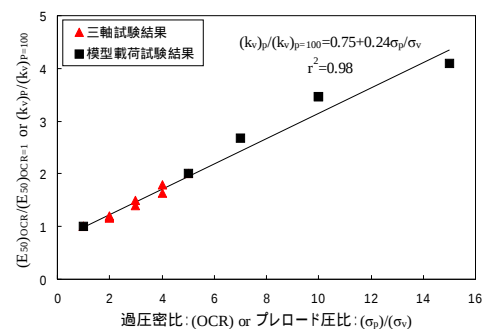


図-6 $(k_v)_{s=2\text{mm}}/((k_v)_{s=2\text{mm}})_{P=0} \sim \sigma_p/\sigma_v$ 関係