

先端プレロード場所打ち杭のプレロード圧による鉛直方向地盤反力係数の変化

明星大学 理工学部 正会員 矢島 寿一
 JR 東日本 研究開発センター 正会員 谷口 美佐
 JR 東日本 研究開発センター フェロー会員 渡邊 康夫
 株式会社エムテック 正会員 三上 和久

1. はじめに

先端プレロード場所打ち杭は杭先端に取り付けた注入バッグにセメントミルクを加圧注入・圧力保持することで杭先端地盤にプレロードを与え、杭先端地盤の支持力を向上させることができる工法である。先端プレロード場所打ち杭工法設計施工マニュアル¹⁾では、先端プレロード場所打ち杭のプレロード圧を先端支持力の向上を所定性能とした場合には、地盤条件、杭径、杭長によらず 1.5MPa 程度、圧力保持時間は 10 分以上と規定している。しかしながら、このプレロード圧の大きさやプレロード作用時間の長さがどのように支持力向上効果に影響を及ぼしているのか不明確な部分が多い。著者ら²⁾³⁾は今までに乾燥密度の異なる緩い砂地盤および密な砂地盤に対してプレロード圧を 1.5MPa まで作用させた模型載荷実験を行い、プレロード圧作用による支持力向上効果を確認してきた。そこで本論文では、これらの試験結果よりプレロード圧による支持力向上効果の一つの指標である鉛直方向地盤反力係数を抽出し、鉛直方向地盤反力係数とプレロード圧の関係で整理し、プレロード圧が鉛直方向地盤反力係数にどの程度影響を及ぼしているのか検討を行った。

2. 模型載荷実験の概要²⁾³⁾

(1)模型土槽

使用した模型土槽は図-1 に示すような直径φ=600mm、高さ H=610mm の鋼製の土槽である。土槽上部には地中応力を再現させるために地盤表面に作用させる上載圧用のエアースリンダー、杭の載荷試験用のエアースリンダーが土槽の外枠に設置している。模型杭の直径はφ=50mm であり、地盤表面から 50mm 地中に埋め込んだ状態で試験を行った。地盤材料として珪砂 6 号を使用した。

(2)地盤作製方法

模型地盤作製方法は、緩い砂地盤の場合、土槽に珪砂を入れ、珪砂中に水を注入し、空気圧でエアブローした後に、ゆっくり排水し地盤を作製した。この方法により地盤の乾燥密度は $\rho_d=1.33\text{g/cm}^3$ となった。密な砂地盤の場合、1 層当たり 50mm とし、所定の重量の珪砂を投入し、相対密度=90%となるよう突き固めた。この方法を繰り返すことにより所定の高さまで地盤を作製した。この方法により地盤の乾燥密度は $\rho_d=1.59\text{g/cm}^3$ となった。

(3)試験ケース

試験ケースは緩い砂地盤の場合には表-1 に示す 4 ケースとした。また、密な砂地盤の場合には表-1 に示す 5 ケースとした。CASE-11,21 は地盤作製後、上載圧 $\sigma_v=100\text{kPa}$ を作用させ、杭を引抜き杭先端部の応力解放後に再度杭を設置し、杭の載荷試験を行ったケースである。CASE-12 および CASE-22~25 は杭先端部に杭先端プレロード模型杭を使用し、地盤作製後上載圧 $\sigma_v=100\text{kPa}$ を作用させ、杭先端部の応力解放後に再度杭を設

置し、杭先端部にセメントミルクによって所定のプレロード圧を作用させ、セメントミルク固化後に杭の載荷試験を行ったケースである。CASE-13,14 はプレロード圧 1.0,1.5MPa 相当のプレロード荷重をかけた場合のケースである。

3. 荷重沈下関係

緩い砂地盤および密な砂地盤で行った杭の載荷試

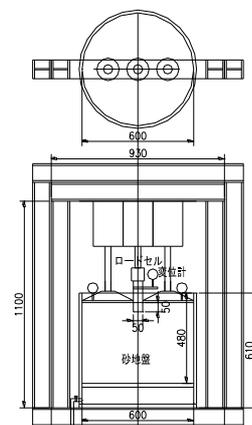


図-1 模型土槽

表-1 試験ケース

CASE	地盤条件	上載圧: σ_v (kPa)	プレロード圧: σ_{pl} (MPa)	プレロード荷重: P_{pl} (kN)
11	緩い砂地盤 $\rho_d=1.33\text{g/cm}^3$	100	0.0	---
12			0.7	---
13			(1.0)	1.6
14			(1.5)	2.4
21	密な砂地盤 $\rho_d=1.59\text{g/cm}^3$	100	0.0	---
22			0.5	---
23			0.7	---
24			1.0	---
25			1.5	---

Key Word : 場所打ち杭, プレロード圧, 鉛直方向地盤反力係数

〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 Tel. & Fax. 042-591-9649. E-Mail. j-yajima@ar.meisei-u.ac.jp

験から得られた荷重(P)と沈下量(s)の関係を図-2,3に示す。図中に示す矢印は降伏荷重を示している。これより、緩い砂地盤の降伏荷重は1kN程度(CASE-11)であるのに対し密な砂地盤の降伏

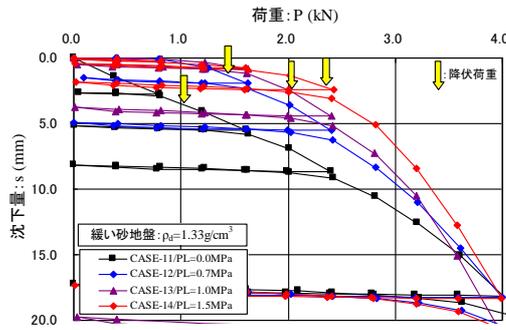


図-2 荷重沈下関係(緩い砂地盤)

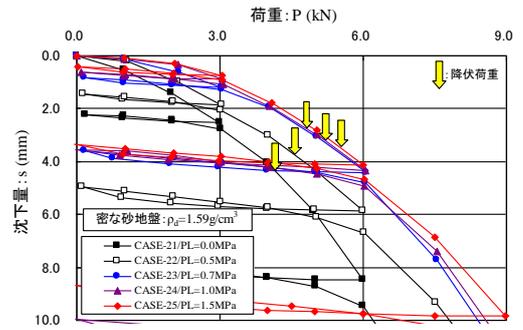


図-3 荷重沈下関係(密な砂地盤)

応力は4kN程度(CASE-21)と当然のことながら密な砂地盤の方が大きな降伏荷重を示している。また、緩い砂地盤でも密な砂地盤でも全ての試験ケースにおいて P-s 関係は荷重の増加と共に沈下量も増加し、プレロード圧の有るケースほど、また、プレロード圧の大きなケースほど P-s 関係の初期勾配が高くなっていることがわかる。したがって、図中矢印で示す降伏荷重もプレロード圧の有るケース、プレロード圧の大きなケースほど大きな値を示すことがわかる。そこで降伏応力を示す沈下量が緩い砂地盤の場合 s=2mm 程度、密な砂地盤の場合 s=3mm 程度であったことから、この沈下量から鉛直方向地盤反力係数(k_v)を求めた。

4. 鉛直方向地盤反力係数とプレロード圧の関係

緩い砂地盤および密な砂地盤での鉛直方向地盤反力係数(k_v)とプレロード圧(σ_{PL})の関係を図-4に示す。これより得られた k_v は当然のことながら降伏荷重の大きな密な砂地盤の方が大きい。そして、プレロード圧による鉛直方向地盤反力係数の変化について見てみると、緩い砂地盤でも密な砂地盤でも σ_{PL} の増加に伴い k_v が直線的に増加していることがわかる。そこで、鉛直方向地盤反力係数(k_v)をプレロード圧(σ_{PL})=0MPa の(k_v)_{PL=0} で正規化した鉛直方向地盤反力係数比(k_v/(k_v)_{PL=0})とプレロード圧(σ_{PL})を試験時の上載圧(σ_v)で正規化した鉛直応力比(σ_{PL}/σ_v)の関係で示すと図-5のようになる。これより、緩い砂地盤および密な砂地盤ともに鉛直応力比が大きくなると鉛直方向地盤反力係数比も直線的に高くなり、緩い砂地盤および密な砂地盤の(k_v/(k_v)_{PL=0})と σ_{PL}/σ_v の関係は次式で表せる。

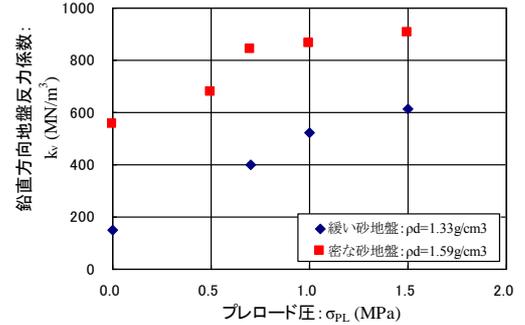


図-4 kv ~ σ_{PL} 関係

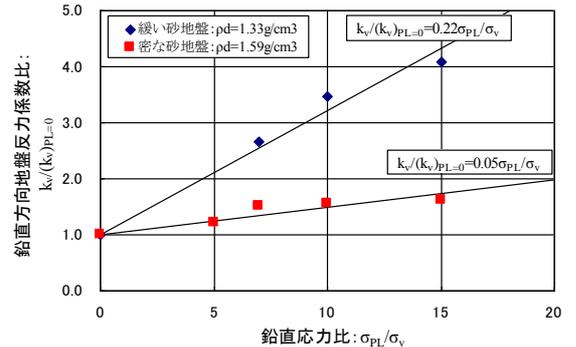


図-5 (k_v/(k_v)_{PL=0}) ~ σ_{PL}/σ_v 関係

$$\frac{k_v}{(k_v)_{PL=0}} = 0.22 \frac{\sigma_{PL}}{\sigma_v} + 1 \quad (\text{緩い砂地盤}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{k_v}{(k_v)_{PL=0}} = 0.05 \frac{\sigma_{PL}}{\sigma_v} + 1 \quad (\text{密な砂地盤}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

そして、緩い砂地盤と密な砂地盤では(k_v/(k_v)_{PL=0}) ~ σ_{PL}/σ_v 関係の勾配が異なり、密な砂地盤の方が勾配が低く、プレロード圧の増加に伴う鉛直方向地盤反力係数の増加率は緩い砂地盤よりも低いことがわかる。

5. まとめ

今回の先端プレロード場所打ち杭を模擬した模型載荷試験から得られた鉛直方向地盤反力係数とプレロード圧の関係を鉛直方向地盤反力係数比と鉛直応力比の关系到整理すると、鉛直応力比が大きくなると鉛直方向地盤反力係数比は直線的に高くなり、この関係は式(1),(2)で表され、この勾配は密な砂地盤の方が低く、密な地盤ほどプレロード圧の増加に伴う鉛直方向地盤反力係数の増加率が低いことがわかった。今後も先端プレロード場所打ち杭工法のより効率的な設計・施工管理基準を提案するため、模型実験や実物大実験等を行なってゆきたい。

【参考文献】1)東日本旅客鉄道株式会社, 先端プレロード場所打ち杭工法設計施工マニュアル, 設計マニュアル IV基礎・抗土圧構造物編, 構造技術センター編, 2004.12. 2)矢島他, 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1)ープレロード圧の違いによる効果一, 第47回地盤工学研究発表会, pp.1069-1070, 2012.7. 3)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ー密な砂地盤でのプレロード圧の効果一, 第48回地盤工学研究発表会(投稿中)