

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

JR 東日本 フェロー会員 渡邊康夫 正会員 太田正彦
 (株)エムテック 正会員 三上和久
 明星大学 理工学部 正会員 矢島寿一

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設計支持力の向上が期待できる工法である。この支持力向上は地盤の持つ極限支持力を増加させるものではなく、図1に示すように場所打ち杭施工時の杭先端地盤の応力解放や掘削孔底のスライム堆積による杭の荷重沈下関係における勾配低下を杭先端にプレロードを作用させることにより改善させるものである。しかしながら、杭掘削時の杭先端部の応力解放による支持力低下や杭先端プレロードによる支持力向上効果、先端プレロード杭の先端プレロード圧やプレロード時間については不明確な部分が多い。そこで本研究では、先端プレロード杭の荷重沈下関係での支持力向上効果を確認するため、杭掘削時の杭先端部の応力解放による支持力低下および先端プレロードによる支持力向上効果を確認するための模型載荷試験を行った。

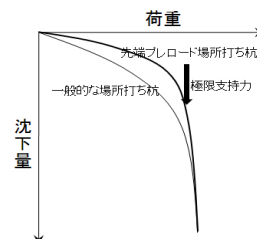


図1 場所打ち杭の荷重-沈下曲線

2. 模型載荷試験概要

(1)模型土槽

試験は図2に示すような直径 $\phi=600$ mm、高さ $H=610$ mmの鋼製の土槽を使用した。土槽底部は多孔板と網で仕切られ、この部分には地盤作製時にエアブローを行うための有孔管が組み込んである。また、土槽の外枠には地盤表面に作用する上載圧および杭の載荷試験を行うためのエアシリンダーが取り付けられている。模型杭の直径は $\phi=50$ mmとし、周面摩擦の影響を抑えるため地盤表面から50mm地中に埋め込んだ状態で試験を行った。

(2)地盤作製方法

地盤材料としては珪砂6号を使用した。珪砂6号の粒径加積曲線を図3に示す。模型地盤の作製手順は以下の通りである。まず土槽に珪砂を投入し、土槽下部より水を珪砂上面3cm程度になるまで注入する。次に、土槽底部の有孔管から50kPaの空気を15分間送りエアブローにより珪砂を攪拌。その後、土槽底部の排水孔から45分以上かけゆっくり排水し試験用模型地盤とした。模型地盤の湿潤密度は 1.41g/cm^3 、地盤表面のベーンせん断強さは $\tau=5.96\text{kN/m}^2$ であった。

(3)試験ケース

試験ケースは表1に示す4ケースとした。Case-01は地盤作製後、上載圧を作用させずにそのまま杭の載荷試験を行ったケースであり、Case-02は地盤作製後、上載圧 $\sigma_v=50\text{kPa}$ を作用させ、一旦杭を引き上げて杭先端部の応力解放した後に杭の載荷試験を行ったケースである。Case-11,12は地盤作製後、上載圧 $\sigma_v=50\text{kPa}$ を作用させ、杭先端部の応力を解放した後、杭先端部にプレロードを作用させた後に杭の載荷試験を行ったケースである。Case-12で使用する杭先端のプレロード装置を写真-1に示し、試験の手順を図4に示す。

(4)プレロードの作用方法と載荷試験方法

杭先端へのプレロードは模型杭を固定した後、セメントミルクを写真1の杭先端プレロード装置に注入し、出口側のコックを閉じた状態で100kPa毎に3分間圧力を保持を行い、所定のプレロード圧を5分間保持した後、入口側のコックを閉じて24時間程度セメントミルクが硬化するまで放置した。この間、杭部に設置してあるロードセルの読みを逐次計測した。

表1 試験ケース

試験ケース	応力解放	上載圧	プレロード圧
Case-01	ナシ	0kPa	ナシ
Case-02	アリ	50kPa	ナシ
Case-11	アリ	50kPa	500kPa
Case-12	アリ	50kPa	300kPa



写真1 先端プレロード部

key word : 場所打ち杭, プレロード, 模型載荷試験

連絡先 : 〒331-8513 埼玉県さいたま市大宮区北区日進町2丁目479番地・TEL.048-651-2552・FAX.048-651-2571

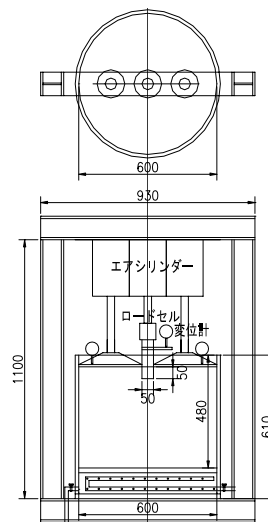


図2 土槽概要図

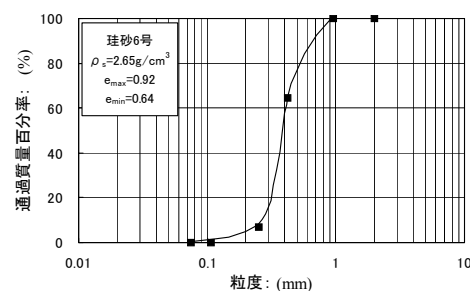


図3 珪砂6号の粒径加積曲線

荷重試験は荷重・除荷・再荷重の荷重ステップを 0.4kN ピッチとした段階荷重とし、荷重 15 分、除荷・再荷重 5 分として荷重制御で荷重試験を行った。なおこの間、杭に作用する荷重および沈下量を計測した。

3. プレロード作用時のロードセルの経時変化

Case-11 および Case-12 におけるプレロード作用時のロードセルの経時変化を図 5 に示す。この図より、各ケースのロードセルの計測値はプレロード圧の上昇に伴い高くなるのがわかる。そしてそのロードセルの読みはプレロード圧が 100kPa の場合に約 0.2kN、プレロード圧が 300kPa の場合に約 0.5kN、プレロード圧が 500kPa の場合に約 0.7kN とロードセルの読みはプレロード圧×杭先端面積($A=19.63\text{cm}^2$)に近い値を示す。また、プレロード作用後、ロードセルの読みは地盤のクリープによる変形およびセメントミルクの硬化が影響し徐々に低下することがわかる。

4. 杭の荷重試験結果

試験時の各ケースの荷重重と杭の沈下量の関係を図 6(a) に示す。上載圧 0kPa の CASE-01 では、荷重-沈下曲線は荷重 $P=0.4\text{kN}$ 以上となると急激に沈下量が大きくなるのに対し、上載圧 50kPa の 3 つのケースの荷重-沈下曲線は荷重 $P=1.6\text{kN}$ 以上にならないと沈下量は大きくならない。これは上載圧により杭先端地盤が抵抗して杭の荷重に伴う地盤の変形を拘束するため沈下が小さくなるものと考えられる。上載圧 50kPa の 3 つのケースでプレロードの効果について見てみると、プレロードが無い Case-02 とプレロードがある Case-11 では、図 6(b) に示す荷重初期での荷重-沈下曲線に違いが見られる。すなわち、プレロードの導入により事前に地盤に荷重が作用していることから地盤が過圧密状態となり、荷重に対する沈下量が小さくなって荷重初期での荷重-沈下曲線の勾配が高くなっている。しかし、荷重初期以降の荷重-沈下曲線はプレロードの有無に関係なく同様の形状となっている。また、プレロード圧の違いについて見てみると、プレロードの有無と同様に荷重-沈下曲線の荷重初期の勾配として表れており、プレロード圧が 500kPa と 300kPa よりも高い場合には荷重初期の勾配が高くなる。これらのことからプレロードを作用すること、プレロード圧の高いものほど荷重沈下曲線での初期勾配が高くなり支持力性状の向上効果が増大することを確認できた。

5. まとめ

今回の試験結果から以下のことが確認できた。

- (1) プレロード圧を高くすることで杭先端地盤に作用する荷重は大きくなる。そして、プレロード後、プレロード圧は地盤のクリープおよびセメントミルクの硬化作用が影響し徐々に低下する。
- (2) 杭先端部にプレロード圧を作用させることにより荷重初期での荷重-沈下曲線の勾配が高くなり、荷重に対する沈下量が小さくなる。しかし、荷重初期以降の荷重-沈下曲線はプレロードの有無に関係なく同様の形状となる。

【参考文献】1) 松尾ほか：「礫地盤における先端にプレロードを与えた杭の支持力性状」地盤工学会、第 36 回地盤工学研究発表会、2001 年 6 月。

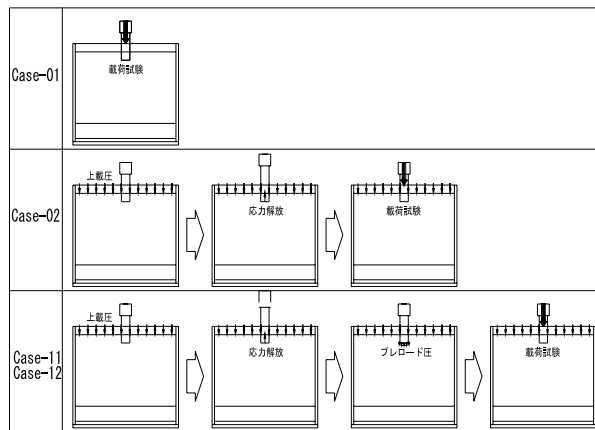


図 4 実験フロー

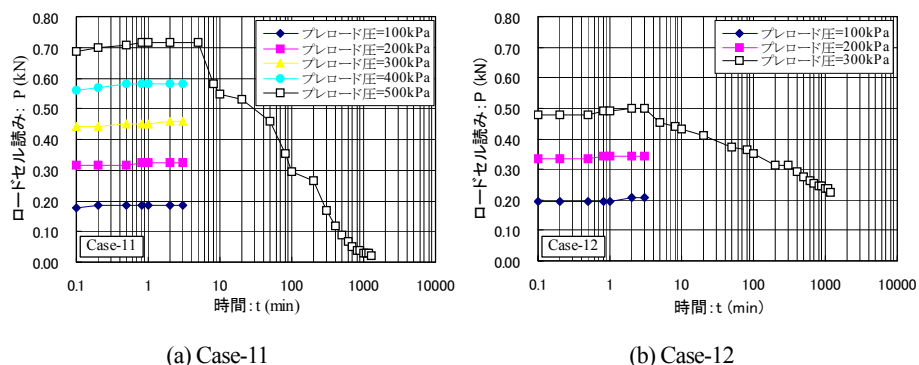
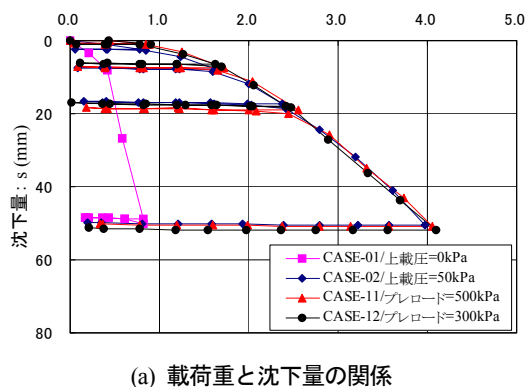
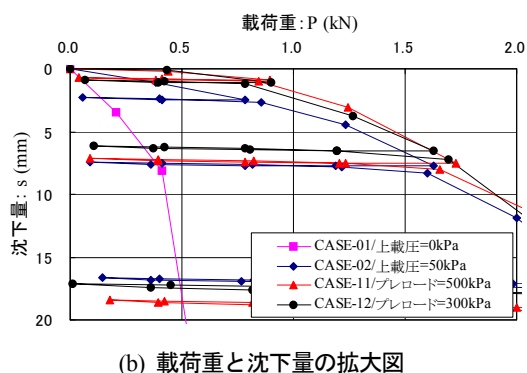


図 5 プレロード作用時のロードセルの経時変化



(a) 荷重重と沈下量の関係



(b) 荷重重と沈下量の拡大図

図 6 杭の荷重試験結果