

埋込み杭工法における杭の先端支持力に関する基礎的研究

低強度の根固め部を有する模型杭の載荷実験と挙動観察実験

Fundamental Study on Vertical End Bearing Capacity of Pile Constructed by Prebored Method

Laboratory loading and Observation Test of Pile with Fragile Root Harding Part

○松本 尚¹, 佐藤秀人², 鹿糠嘉津博³, 田子 茂³, 宮崎世納³*Sho Matsumoto¹, Hideto Sato², Katsuhiro Kanuka³, Shigeru Tago³, Sena Miyazaki³

The objective of this study is to make clear the characteristics of vertical bearing capacity of a pile-end, which installed by the prebored pile construction method. We performed laboratory axial loading test and observe the deformation process of the fragile root part. We discussed the pile-end resistance in order to put to practical use for the structural design of piles.

1. はじめに

基礎杭は、十分な先端支持力を確保することが重要であるが、埋め込み杭工法に分類されるプレボーリング根固め杭工法では、地盤のばらつきやスライム混入などによって、根固め部の強度が不足し、先端支持力が過少となる可能性がある。本研究では、先端部の形状を試験パラメータとし、低強度の根固め部を有する杭の先端抵抗を模型実験（静的押込試験および可視化実験）によって検討する。

2. 杭の模型載荷実験

2.1 試験杭

試験装置を Figure 1, 試験杭の形状と根固め部の細を Figure 2, 3 に示す。試験杭は、杭径 $D=48.6\text{mm}$, 肉厚 $t=3.2\text{mm}$, 長さ $L=600\text{mm}$ の鋼管を用いた。杭の先端は含水比 31% の未固結粘土（陶器用並漉粘土）で覆い、強度が不足する根固め部を模擬した。なお、根固め部の杭先端下部の厚さ (R_t) は 20mm を基準としたが、閉端杭では $R_t=50\text{mm}$ とした試験を実施し、根固め部の下方厚さの影響を検討した。

2.2 試験土槽および模型地盤

試験土槽は、直径 650 mm, 深さ 700 mm の鋼製円形土槽を用いた。模型地盤は、気乾状態の珪砂 5 号（飯豊産）を使用し、2 重分散網を用いた多孔式空中落下法¹⁾によって作成した（落下口径：9 mm, 落口間隔 100 mm, 落下口～分散網距離：300 mm）。

2.3 載荷計測方法

静的押込み試験は、Figure 2 に示す変位制御式電動載荷装置（最大載荷能力：20 kN）を用いて、1mm/min の速度で行い、杭頭荷重と杭頭変位を計測した。ただし、杭体の剛性が高く杭長さが短いことから、以降では杭頭荷重＝杭先端荷重、杭頭変位＝杭先端変位として考察する。

2.4 実験結果および考察

Figure 4 に、閉端杭、閉端杭($R_t=20\text{mm}$, 50mm), 開端杭および閉塞杭の杭先端荷重～杭先端変位($R_p-\delta$ 曲線)を示す。

1) 基準杭（根固め部のない閉端杭）に対し、根固め部のあるものは、杭先端荷重の発現は遅く、大きさも小さくなった。上記傾向は、開端杭、閉塞杭、閉端杭の順に大きく表われ、開端杭の基準変位時の荷重（先端支持力） R_p は基準杭の 1/5 程度であった。

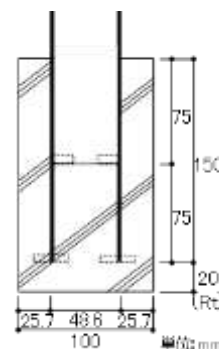


Figure 1. Root part dimensions

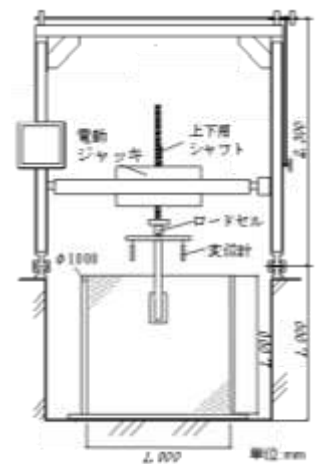


Figure 2. Experimental apparatus

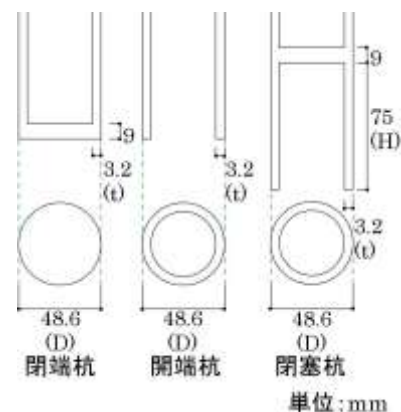


Figure 3. Test pile

2) 根固め部厚 R_t が 50mm の試験体は、20mm のものに比べると、先端荷重の発現はかなり遅れ、また、基準変位時の先端支持力も 1/2 程度になった。

3. 先端根固め部の挙動観察実験

3.1 実験概要

側面をガラス板とした、縦×横×厚さ=64×79×5.5 mm の薄い 2 次元土層を用い、鉛直押し込み時の根固め部の変形過程を観察した。杭試験体は、幅×長さ×厚さ=50×75×30 mm のアルミ製直方体を用い、押し込み試験と同様の未固結粘土を使用して低強度の根固め部を再現した。試験パラメータは、根固め部の杭下部の厚さ(R_t)とし、 $R_t=20$, 50 mm の 2 体の試験を行った。

3.2 結果および考察

Figure 5 および Figure 6 に、静的押し込み変位 10mm までの根固め部の変形過程を示す。

1) 初期変位時 (0~10 mm) : 試験 1, 2 ともに杭と粘土に微小なズレが生じ、底面がわずかに膨らみ始めるものの、双方に大きな差異は生じなかった。

2) 中間変位時 (10~30 mm) : 試験 1, 2 ともに根固め部底面の膨らみは増大し、また、水平方向への膨らみも生じ始める。さらに、根固め厚の小さい試験 1 では、変位が進むにつれて、杭先端隅から斜め下方に小さな亀裂が確認できた。

3) 終局時 (30~40 mm) : 試験 1 では、亀裂と膨らみが増大し、杭先端が下方に抜け出すパンチング現象が観察された。一方、根固め部の厚い試験 2 では、膨らみ

は増大するが、明確なパンチング現象は確認できなかった。

4. おわりに

根固め部強度が小さい場合には、先端抵抗の発現が遅れ、さらに先端支持力も小さくなることがわかった。また、根固め部が厚い場合には、パンチング破壊は生じにくい、根固め部の側方への変形量が大きくなり、杭体の鉛直荷重が杭先端底面部に伝達しにくくなることが理解された。

参考文献

1. 佐藤, 鹿糠, 宮崎: セメントミルク鋼管杭における杭先端支持力に関する研究, 日本建築学会技術報告集, Vol 22, No. 51, pp.101-106, 2016
2. 宮崎, 佐藤, 鹿糠: 杭先端形状が埋込み杭工法における杭先端支持力におよぼす影響について, 日本建築学会学術講演梗概集, 2015.9

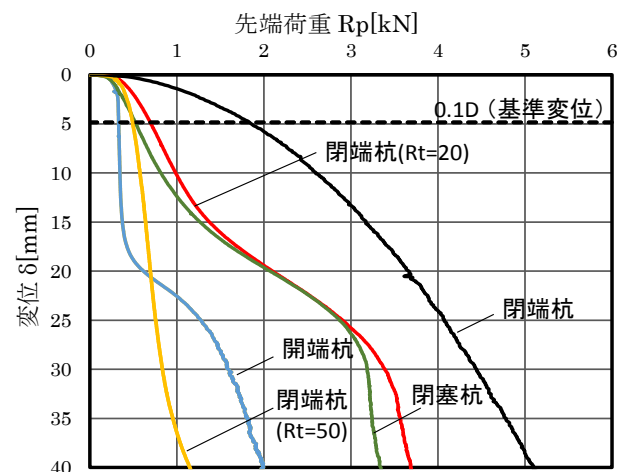


Figure 4. Test results

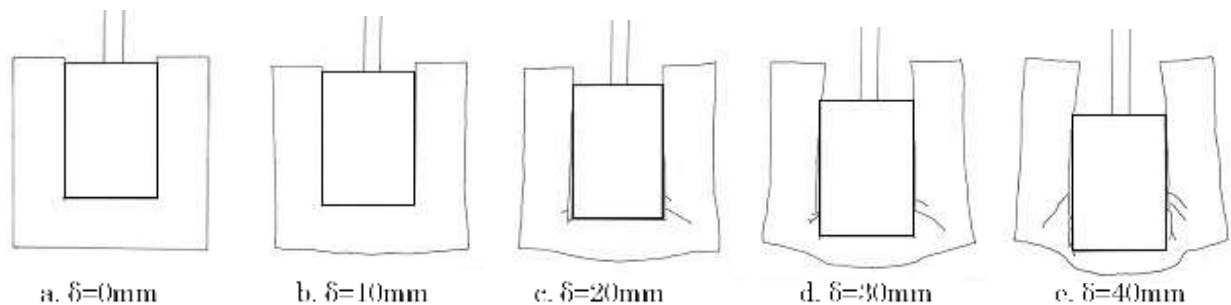


Figure 5. Test 1 ($R_t = 20$ mm)

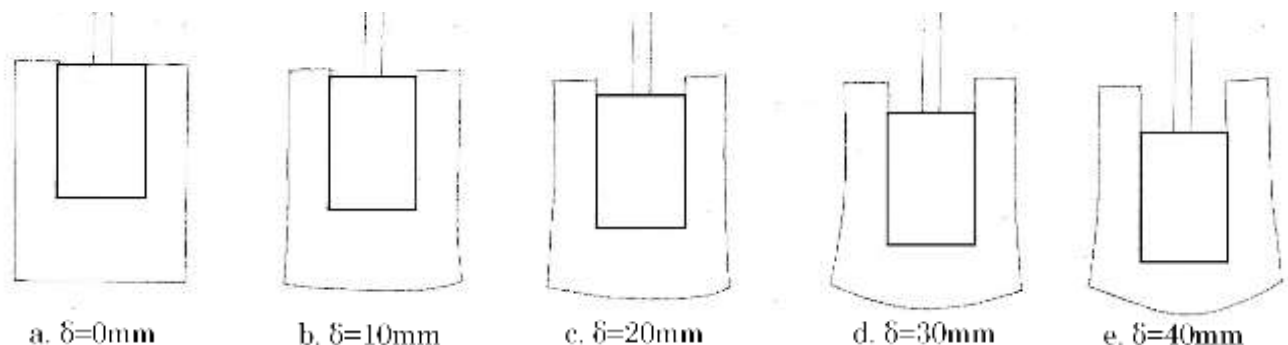


Figure 6. Test 2 ($R_t = 50$ mm)