

京都大学 工学研究科 正会員 木村 亮・足立紀尚
 京都大学 工学研究科 学生員 Tirawat Boonyatee
 京都大学 工学部 学生員 ○水野恭行

1. はじめに

近年、静的載荷試験と比べて簡易に行える杭の急速載荷試験(スタナミック試験)が注目されている。これまで数多く急速鉛直載荷試験が実施され、静的載荷試験の代用として、初期剛性の評価には十分適用できることがわかった。そして最近では水平載荷試験も行われている¹⁾。

本研究ではこの急速水平載荷試験時における杭の挙動の解明を行い、水平方向においても急速載荷試験が静的載荷試験の代用となるかどうか検討することを目的とする。従来のスタナミック試験の動力源である推進剤の燃料の代わりとして、圧縮空気を用いて杭体に載荷する室内模型実験システム²⁾を採用し、小型模型実験で検証するところに特徴がある。

2. 実験概要

(1) 実験装置

本試験で用いる実験装置を Fig. 1 に示す。この装置は、反力マスとなるシリンダー内に送り込んだ圧縮空気によりピストンを動かし、杭体に載荷するものである。

土槽は 800×800×600(mm) の大きさで、使用する模型杭(真鍮製: 直径 D=24mm, 杭長 L=625mm) に比べて十分に大きいものである。模型杭は杭頭自由状態で杭端は土槽に触れてはいるが、固定していない。また、地盤は乾燥したケイ砂 6 号を用い、パイプレータによって均一に締固めた。

(2) 計測項目

本実験の計測項目は杭頭部にかかる荷重と杭頭の水平変位および杭体ひずみである。荷重は載荷装置に取り付けたロードセルで計測し、水平変位は土槽より少し離れた所から張り出したアームに取り付けたレーザ変位計により計測した。

3. 除荷点法

本研究では解析の第一段階として鉛直方向で結果の整理に実績のある除荷点法を用いた。除荷点法では杭が剛体として挙動すると仮定し、杭は一定質量を持った質点として扱われる。Fig. 2 に鉛直方向で

の急速載荷試験の除荷点法で用いられる杭-地盤モデルを示す。そのモデルのスプリングとダッシュボットはそれぞれ地盤の静的抵抗と粘性抵抗を表しており、質点に加速度を乗じたもので杭体の慣性力を表している。質点の質量には杭の重さだけでなく、杭に付着した砂の重さを加える必要がある。そして、載荷荷重 F_{sm} と地盤の静的抵抗 F_u 、粘性抵抗 F_v 、杭体の慣性抵抗 F_a が釣り合うことから静的抵抗を算出する。これを式で表すと、

$$\begin{aligned} F_{sm} &= F_u + F_v + F_a \\ &= F_u + Cv + Ma \end{aligned} \quad (1)$$

$$F_{soil} = F_u + F_v \quad (2)$$

となり、すなわち、

$$F_u = F_{sm} - Cv - Ma \quad (3)$$

と表される。ここで、 C はダンピング係数、 M は杭の負荷質量、 v は杭の速度、そして a は杭の加速度である。杭の速度 v と加速度 a は計測された変位を微分することにより求められる。杭の最大変位点である除荷点においては杭の速度は 0 であるので、

$$F_{soil}^{(unloading\ point)} = F_u^{(unloading\ point)} = F_{sm} - Ma \quad (4)$$

となり、除荷点での杭の静的抵抗が求められる。そして、ダンピング係数は次のように定められ、

$$C = \frac{F_{soil}^{(max)} - F_{soil}^{(unloading\ point)}}{v^*} \quad (5)$$

ただし、 $F_{soil}^{(max)}$ とは F_{soil} の最大値で、 v^* は F_{soil} が最大の時における杭の速度である。

4. 実験結果

試験は単杭と 2 本直列群杭について行った³⁾が、今回は単杭の結果について報告する。

除荷点法で急速載荷試験から静的曲線を算定する際には、杭に付着する砂の質量を考慮することが必要になる。そこで砂の付加質量を変化させ、算定結果の比較を行った。

Fig. 3 は杭自体の質量(440g)をそのまま用いて静

的曲線を算定したものである。静的載荷試験と比較すると初期剛性は算定値が実測値より僅かに大きくなった。しかし、その後変位が増加するにつれて算定値の剛性は小さくなり、変位量の増加とともに差は大きくなった。

Fig. 4 は砂の付加質量を 360g とし 800g で静的曲線を算定した結果である。Fig. 3 と比べると初期剛性はかなり一致する。また、最大荷重付近での静的載荷試験の結果との差も減少している。

Fig. 5 は砂の評価分 560g を加えて 1000g として算定した結果である。初期剛性は再び静的載荷試験結果と差が生じるが、最大荷重付近では Fig. 4 よりもさらに差が減少している。

急速水平載荷試験においては載荷初期には荷重が杭上部に集中するため、初期剛性が付着した砂の重さの評価分が少ない Fig. 4 で一致したものと考えられる。しかし、載荷が進むにつれて杭下部へ荷重が伝わると杭下部に付着した砂の重さも考慮すること

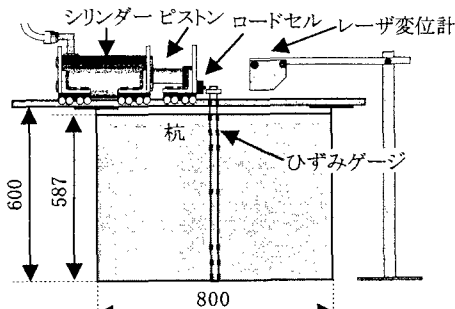


Fig.1 実験装置

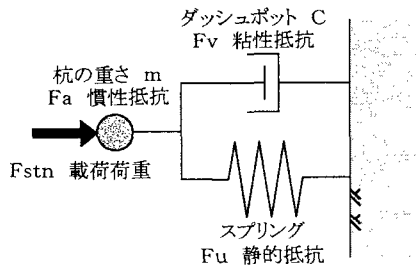


Fig.2 杭-地盤モデル

参考文献

- 1) Rollins ら : Lateral Statnamic load testing of a pile group, Proc. 2nd Intl Statnamic Seminar, Tokyo, 1998
- 2) 木村ら : 空気圧を用いた杭の急速載荷模型装置の開発, 第 33 回地盤工学会研究発表会, 1998, pp137-138
- 3) 木村ら : 室内模型実験システムを用いた杭の急速水平載荷試験, 第 34 回地盤工学会研究発表会, 1999 (投稿中)

が必要になってくるので、最大荷重付近では Fig. 4 よりも付加荷重の大きい Fig. 5 で剛性の差が減少していると考えられる。

5. まとめ

除荷点法では砂の付加質量の評価が算定結果に大きく影響し、杭自体の重さを用いてもある程度は静的抵抗を算定できるものの、精度の高い算定には砂の付加質量の評価が重要になることがわかった。時間が経つに連れ付着した砂の重さは増加していくものと思われ、砂の付加荷重の評価は難しいと思われるが、今後さらに種々の模型実験を実施しさらに詳細な検討を加える予定である。

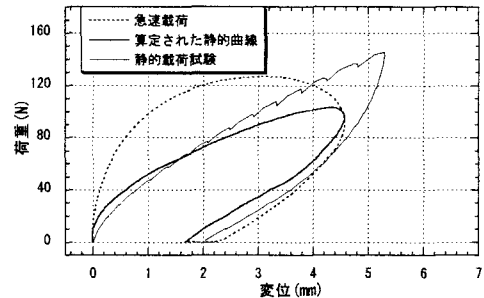


Fig. 3 荷重-変位曲線 比較 440g

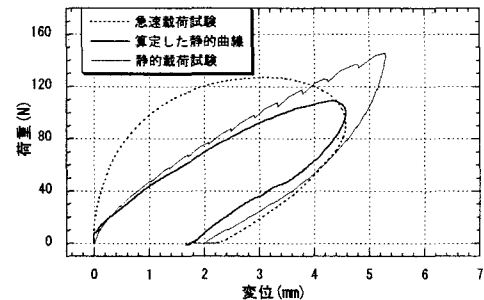


Fig. 4 荷重-変位曲線 比較 800g

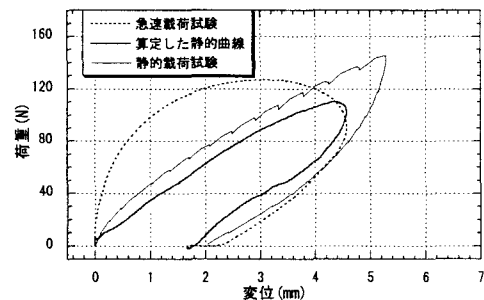


Fig. 5 荷重-変位曲線 比較 1000g