

京都大学大学院工学研究科 正会員 木村亮
 京都大学大学院工学研究科 学生員 Tirawat Boonyatee
 京都大学工学部 学生員 ○長谷川雅

1. はじめに

杭の鉛直支持力特性を求める経済的な試験法として、急速載荷試験（スタナミック試験）が近年数多く実施されている¹⁾²⁾。本試験の特徴は、試験結果から杭の静的な挙動を推定できるところにある。しかし通常は単杭を対象としているため、群杭に関する試験はほとんど行われていない。そこで今回、パイルドラフト群杭（単杭，16本群杭）に対して室内模型実験システムを用いて急速載荷試験と静的載荷試験を行い、除荷点法の適用性を検討した。

2. 実験概要

急速載荷試験の室内模型実験装置を Fig. 1 に示す。電子制御により電磁弁を開くと、コンプレッサにより圧縮された空気がシリンダに瞬時に流れ込み、装置上部が浮き上がると同時に、慣性反力が生じてピストンが動き、杭頭に載荷する。実験に用いた模型杭は、杭径 $D=10\text{mm}$ 、肉厚 1mm の真鍮パイプで、杭根入れ長は 300mm である。また、フーチングは Fig. 2 に示すように、杭間隔 $25\text{mm}(2.5D)$ 、杭頭部がフーチングに 20mm の深さで挿入される。模型地盤の物性値を Table 1 に示す。地盤材料にはケイ砂 6 号を用いた。地盤作成方法は、土槽縁部にセットした梁に模型杭を固定して、砂を投入し、パイプレーターによって締め固める。実験パターンは、パイルドラフト単杭，16本群杭に対して、急速載荷試験と静的載荷試験を行った。計測項目は、載荷荷重、杭頭の鉛直変位、杭体のひずみである。載荷荷重は、フーチング上面にセットされたロードセルによって計測する。杭頭の鉛直変位は、レーザー変位計によって計測する。杭体のひずみ計測については、単杭では杭頭と杭先端部、16本群杭では杭頭のみにひずみゲージを貼付する。単杭において、ひずみゲージから軸力を算定し、先端支持力と周面摩擦力の支持力分担を調べたところ、先端支持力が載荷荷重の約 60% を分担していることが分かった。急速載荷試験における設定空気圧は、単杭では 0.3MPa 、16本群杭では 0.5MPa とした。また、フーチングを地表面に確実に接地させるために、実験直前にフーチング底面を地表面より 2mm 程度地盤に押し込む。

3. 実験結果

急速載荷試験結果の解析には、通常除荷点法という簡便な解析法が用いられる。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。そして、載荷荷重 F_{sm} と地盤の静的抵抗 F_{sh} 、粘性抵抗 F_v 、そして杭体の慣性抵抗 F_a が釣り合うことから静的抵抗を算出する。これを式

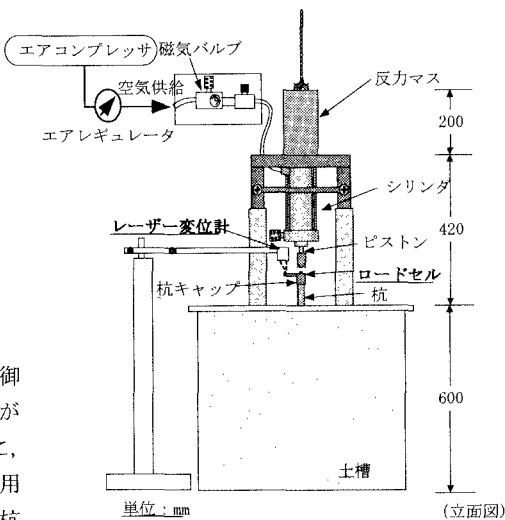
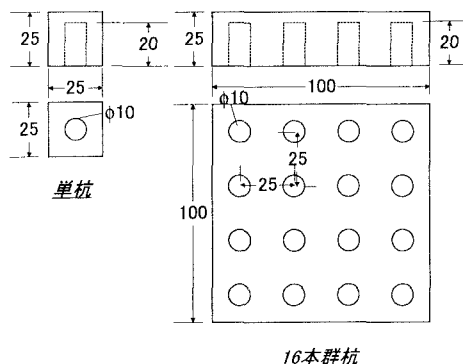


Fig. 1 急速載荷試験装置



16本群杭

Fig. 2 フーチング

Table 1 模型地盤の物性値

比重	2.63
最大間隙比	1.03
最小間隙比	0.64
含水比	0.30%
密度	$1.464 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$
相対密度	61.80%
摩擦角	36°

Masashi HASEGAWA, Makoto KIMURA, Tirawat BOONYATEE

で表すと、

$$\begin{aligned} F_{stn} &= F_{slt} + F_v + F_a \\ &= F_{slt} + Cv + ma \end{aligned}$$

$$F_{soil} = F_{slt} + F_v$$

となり、すなわち、

$$F_{slt} = F_{stn} - Cv - ma$$

と表される。ここで、 C はダンピング係数、 m は杭の質量、 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、

$$F_{soil}^{(unloading\ point)} = F_{slt}^{(unloading\ point)} = F_{stn} - ma$$

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 C は次のように定められる。

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

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。

この除荷点法をパイルドラフト単杭と 16 本群杭に適用する。Fig. 4 にパイルドラフト単杭に対する静的載荷試験と急速載荷試験の荷重～変位関係を示す。この荷重は、載荷荷重から慣性力を引いたものである。この図では、変位が 7mm 以降で、静的載荷荷重が急速載荷荷重を上回っているために、粘性抵抗が負になってしまい、矛盾する。この原因としては、杭の支持力に対して、空気圧による載荷荷重がはるかに大きいために、地盤の降伏以後の応力状態が静的載荷時と大きく異なることが考えられる。パイルドラフト単杭に除荷点法を用いたところ、破線のような静的載荷曲線が算定されたが、静的載荷試験結果と大きなずれが見られる。次にパイルドラフト 16 本群杭に対する静的載荷試験、急速載荷試験の荷重～変位関係を Fig. 5 に示す。パイルドラフト 16 本群杭においては、除荷点と、急速載荷曲線と静的載荷曲線の交点がほぼ一致している。この急速載荷曲線に除荷点法を適用すると、破線のような静的載荷曲線が算定された。これより、パイルドラフト 16 本群杭に対しては、急速載荷試験結果から高い精度で静的支持力を算定できると言える。

4. まとめ

パイルドラフト単杭では、設定空気圧に対する極限支持力が小さいために除荷点法を適用できない。一方、パイルドラフト 16 本群杭では極限支持力が十分大きいので、除荷点法を適用できることが分かった。今後、杭径の大きい杭を用いることにより、単杭～9 本群杭まで除荷点法を適用できるようにする予定である。

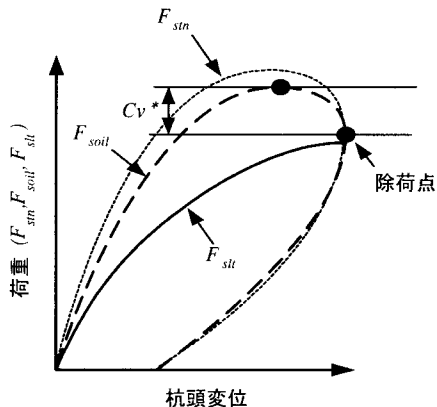


Fig. 3 除荷点法の概要

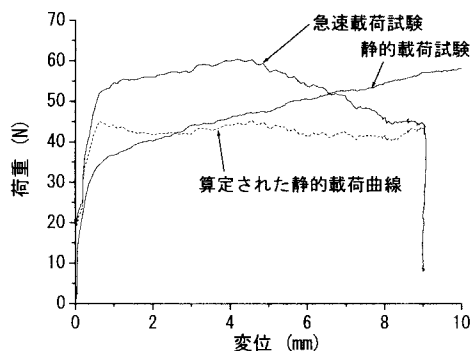


Fig. 4 パイルドラフト単杭の荷重～変位関係

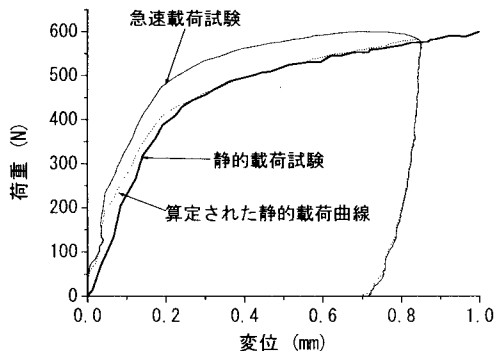


Fig. 5 パイルドラフト 16 本群杭の荷重～変位関係

参考文献

- 1) 加藤ら：大沈下を伴う鋼管杭のスタナミック試験（その 1），土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集 pp. 930-931，1995.
- 2) 松本ら：珪藻泥岩に打設された鋼管杭の急速載荷試験，第 28 回土質工学研究発表会概要集，pp. 1675-1678，1993.