

模型急速荷重試験によるパイルドラフト基礎の群杭効果の検討

京都大学 正会員 木村 亮
 京都大学 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、スタナミック試験（急速荷重試験）が近年数多く実施されている¹⁾。しかし通常は単杭を対象としており、パイルドラフトに関する試験はほとんど行われていない。本研究では実際のスタナミック試験の動力源である推進剤の燃焼の代わりに、圧縮空気を用いた模型実験装置²⁾により、パイルドラフト群杭（以下 Pr 群杭）に対して模型急速荷重試験を実施した。急速荷重時と静的荷重時の群杭効果を定量的に比較し、そのメカニズムを考察した。

2.実験概要

急速荷重模型実験装置を 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杭頭に載荷する。模型杭は、杭径 $D = 30\text{ mm}$ 、杭長 300 mm 、肉厚 1 mm の真鍮製パイプで、杭先端はアルミキャップで閉塞されている。杭周面の摩擦力を増加させるために接着剤で砂をまぶした。Fig.2 に示すように、杭間隔は 75 mm ($2.5D$) であり、杭 1 本あたりのフーチングの接地面積はすべて等しい。模型地盤の物性値を Table 1 に示す。地盤材料には硅砂 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、気中落下装置を用いて砂を落下させて密な地盤を作成する。地盤作成後に地表面を平らに整え、フーチングが地表面に接するように杭に被せてネジで固定する。Pr 単杭、Pr 4 本群杭、Pr 9 本群杭に対して、急速荷重試験と静的荷重試験を行った。計測項目は、載荷荷重、フーチングの鉛直変位、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。フーチング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、Fig.1 のように杭頭と杭先端部にひずみゲージを貼付した。単杭の静的荷重試験において支持力分担を調べたところ、周面摩擦力が載荷荷重の約 80% を分担しており、本模型杭は摩擦杭の特性を持つといえる。

3.実験結果および考察

Fig.3 に静的荷重時の荷重-変位関係を示す。以下に示す荷重はすべて杭 1 本あたりに換算したものである。Fig.3 を見る

キーワード：急速荷重試験，パイルドラフト，群杭効果

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 TEL. 075-753-5106

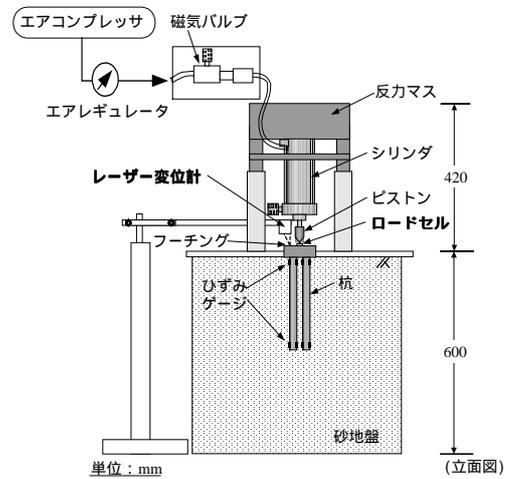


Fig.1 急速荷重模型装置

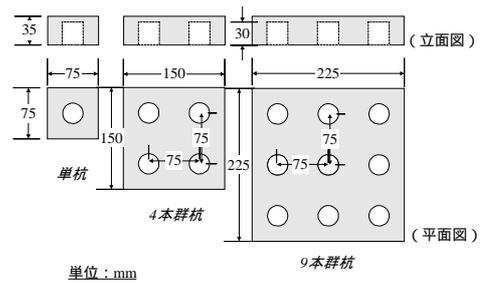


Fig.2 フーチング

Table 1 模型地盤の物性値

最大間隙比	1.03
最小間隙比	0.64
含水比	0.30 %
密度	1,561 kg/m ³
相対密度	88.5 %
摩擦角	36°

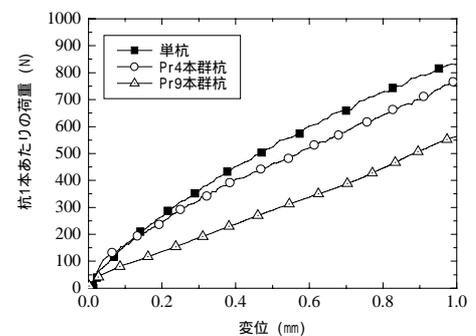


Fig.3 静的荷重時の荷重-変位関係

と、杭本数が増加するにつれて杭1本あたりの荷重は減少している。これは杭が相互に干渉し合うことにより、支持力が減少するという群杭効果を示している。

Fig. 4 に急速載荷時の荷重-変位関係を示す。また、Fig. 5 にこの急速載荷試験結果に除荷点法^{3), 4)}を適用して算定した静的な荷重-変位関係を示す。空気圧は、Pr 単杭では 0.3 MPa, Pr 4 本群杭と Pr 9 本群杭では 0.7 MPa とした。Fig. 4 より、静的載荷時と同様に、杭本数が増えるにつれて杭1本あたりの支持力が減少している。Fig. 5 を見ると、Pr 単杭と Pr 4 本群杭の荷重はほぼ等しいが、Pr 9 本群杭はそれらと比較してかなり小さい。Table 2 に Pr 単杭の初期剛性を基準としたときの Pr 4 本群杭, Pr 9 本群杭の初期剛性（群杭効率）を示す。ここで、初期剛性は変位 0.2 mm における荷重-変位関係の割線の勾配とする。また、表中の急速載荷試験では、除荷点法による算定曲線の初期剛性を用いている。Table 2 より、静的載荷時と急速載荷時の両方において、群杭効率の比は Pr 単杭 : Pr 4 本群杭 : Pr 9 本群杭 = 1 : 1 : 0.5 となっている。すなわち、初期剛性の群杭効果は、静的載荷時と急速載荷時においてほぼ等しいと言える。

パイルドラフトにおける群杭効果のメカニズムを考察するために、Pr 単杭と Pr 4 本群杭の支持力分担を比較する。Fig. 6 に Pr 単杭と Pr 4 本群杭の周面摩擦力-変位関係を示す。また Fig. 7 に Pr 単杭と Pr 4 本群杭のフーチングの支持力-変位関係を示す。Fig. 6 より、周面摩擦力は静的載荷時と急速載荷時でほとんど等しいことがわかる。一方、Fig. 7 における急速載荷時と静的載荷時のフーチングの支持力の差異は、地盤のひずみ速度に依存した粘性抵抗によるものである。また、Fig. 6 より Pr 4 本群杭の周面摩擦力は変位 0.4 mm において Pr 単杭の約 75 % であるが、Fig. 7 よりフーチングの支持力は、変位 0.4 mm において Pr 4 本群杭の方が Pr 単杭よりも約 1.5 倍大きい。この原因として、Pr 4 本群杭では Pr 単杭よりも周面摩擦力が小さいために、フーチングに大きい荷重が作用することが考えられる。Pr 単杭では変位 0.6 mm 以降で急速載荷時のフーチングの荷重が静的載荷時の荷重を下回っているのは、フーチング直下の地盤が降伏したためと思われる。

4.まとめ

- ・ 初期剛性の群杭効果は、静的載荷時と急速載荷時においてほぼ等しい。
- ・ 周面摩擦力は静的載荷時と急速載荷時でほぼ等しいが、フーチングの支持力は粘性抵抗により急速載荷時の方が大きくなる。
- ・ 杭本数が増えると、周面摩擦力は減少しフーチングの支持力は増加する。

<参考文献> 1)例えば 加藤ら：土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集, pp.930-931, 1995. 2)木村ら：第 33 回地盤工学研究発表会講演集, pp.135-136, 1998. 3)地盤工学会：杭の急速載荷試験の載荷メカニズムと適用性, p.4-9, 1999. 4)木村ら：模型急速載荷試験におけるパイルドラフト群杭基礎の鉛直支持力評価, 第 37 回地盤工学研究発表会, 2002 (投稿中)。

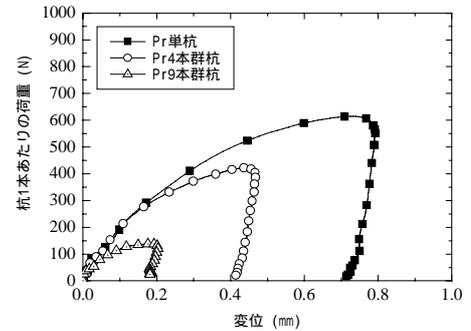


Fig. 4 急速載荷時の荷重-変位関係

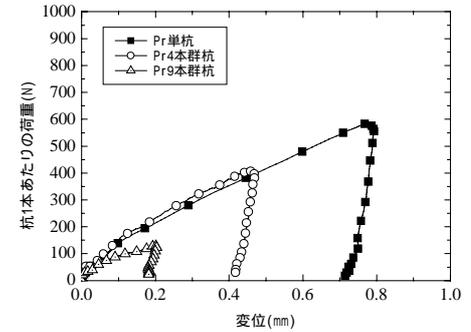


Fig. 5 除荷点法による算定曲線

Table 2 初期剛性の比較

	Pr 単杭	Pr 4本群杭	Pr 9本群杭
静的載荷試験	1.00	0.93	0.52
急速載荷試験	1.00	1.04	0.56

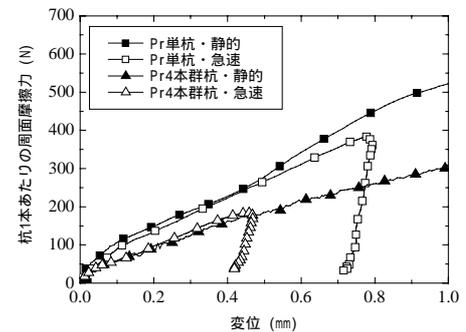


Fig. 6 周面摩擦力-変位関係

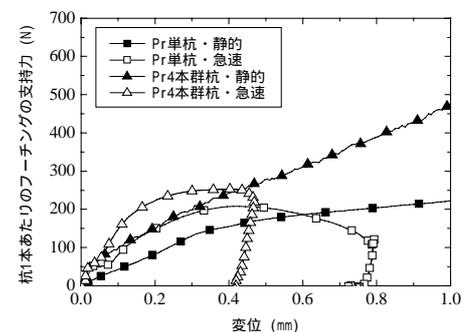


Fig. 7 フーチングの支持力-変位関係