

砂地盤中の基礎の鉛直繰返し載荷実験

杭基礎 繰返し 沈下

(株)複合技術研究所 正会員 鈴木 聡 太田 剛弘
 (財)鉄道総合技術研究所 国際会員 神田 政幸 西岡 英俊 正会員 千葉 佳敬

1. はじめに

基礎には一般的に静的に作用する死荷重の他に、列車荷重や地震力などの繰返し荷重が作用する。またこれらの繰返し荷重には、列車荷重のように基礎の極限支持力に対して小さいものの、何百万回に及び繰返し作用するものや地震力のように繰返し回数は少ないものの、極限支持力レベル近傍のものもある。しかしながら、これまで繰返し荷重を受けた基礎の沈下特性に関する研究は実施されてこなかった。そこで、鉛直繰返し載荷時の杭基礎の沈下特性を把握することを目的として、以前に実施された「砂地盤の杭の動的鉛直繰返し載荷実験」¹⁾と同様の杭模型の鉛直繰返し載荷実験を実施した。既往の研究では杭周面抵抗が小さく、杭先端を支持層に根入れされた短い支持杭を対象としたが、本研究では短い杭でありながら杭周面抵抗を増大させた模型支持杭に列車荷重レベルから極限支持力近傍までの大規模動的荷重による鉛直繰返し載荷実験を実施し、特に周面抵抗と繰返し荷重レベルの関係に着目した。

2. 実験の概要

載荷実験では、鉄道総研で開発した「基礎の動・静的載荷試験装置」²⁾を用いた。土槽寸法は、大きさ 2.0m×2.0m、深さ 3.0m である。模型杭には、鋼管 STK490、外径 216.3mm、肉厚 4.5mm、長さ 2.25m(根入れ 2.0m)のものを用いた。模型杭に発生する軸力計測のため、200mm 間隔でひずみゲージを 2 ゲージアクティブダミー法により、杭断面 2 箇所両面にそれぞれ貼った。杭模型の境界条件として、既往の研究の模型杭は底面のみ粗とし(摩擦小支持杭と呼ぶ)、一方、本研究の模型杭は底面および周面を粗とし、模型杭周面に砂をまぶし接着させた(摩擦大支持杭と呼ぶ)。地盤には硅砂 6 号($\rho_s=2.644 \text{ g/cm}^3, e_{\max}=0.922, e_{\min}=0.565$)を用い、 $D_r=90\%$ の地盤を厚層 0.1m ごとにシングルホッパーで作製した後に突固めを実施して所定の模型地盤を作製した。(図 1)

載荷条件は静的単調載荷と動的鉛直繰返し載荷とした。動的繰返し載荷は、参考文献 1)で得られた極限支持力 (Q_{\max}) に対し、1/3 の死荷重レベルから(図 2)³⁾極限支持力 (Q_{\max}) までを 5 分割(0 段階 $55 \pm 5\text{kN}$, 1 段階 $60 \pm 10\text{kN}$, 2 段階 $70 \pm 20\text{kN}$, 3 段階 $80 \pm 30\text{kN}$, 4 段階 $100 \pm 50\text{kN}$)して動的荷重レベルを定め、最後に本杭の極限支持力を超過する動的荷重レベル(5 段階 $160 \pm 80\text{kN}$)により動的載荷を実施した(図 3)。なお、各動的荷重レベルでは、繰返し載荷周波数 8Hz、載荷時間は約 12 時間、繰返し回数は 34 万回である。

3. 実験結果

摩擦大支持杭の静的単調載荷と動的繰返し載荷による荷重 - 沈下量関係を図 4 に示す。同図中の赤色は、各段階載荷荷重での最終到達沈下量をプロットしたもので新規荷重振幅により先行荷重振幅の影響を打ち消されるものとする、繰返し載荷を受けた場合の想定支持力曲線となる。これより「砂地盤の杭の動的鉛直繰返し載荷実験」¹⁾の摩擦小支持杭と同様に、概ね静的載荷の支持力特性に比べ動的繰返し載荷については 1/2 程度の荷重レベルで静的載荷で得られた沈下量に達していることが確かめられた。

図 5 図 6 に静的単調載荷試験と動的繰返し載荷による摩擦小支持杭の先端支持力と沈下量の関係と、摩擦大支持杭の周面摩擦力と沈下量の関係を示す。これより動的繰返し載荷での杭先端荷重のピーク値は、静的載荷での杭先

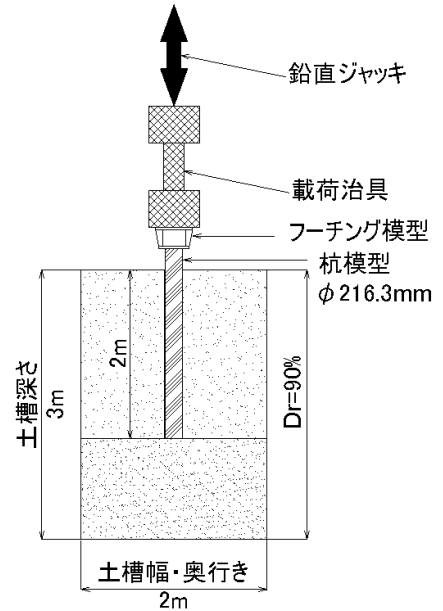


図 1 実験装置概略図

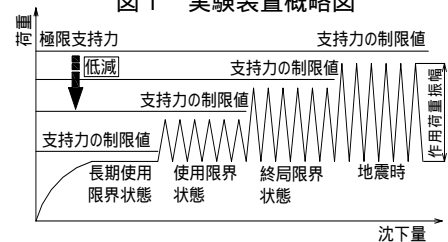


図 2 支持力の制限値のイメージ図

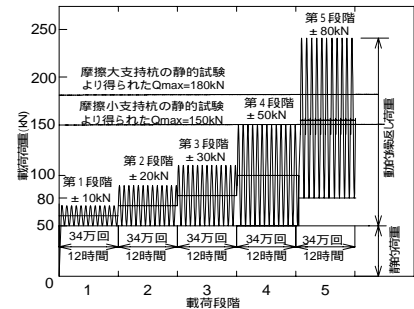


図 3 動的繰返し基本載荷概念図

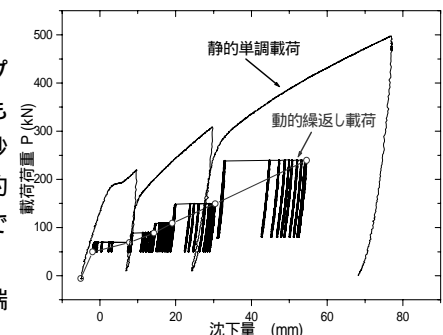


図 4 摩擦大杭の荷重 - 沈下関係

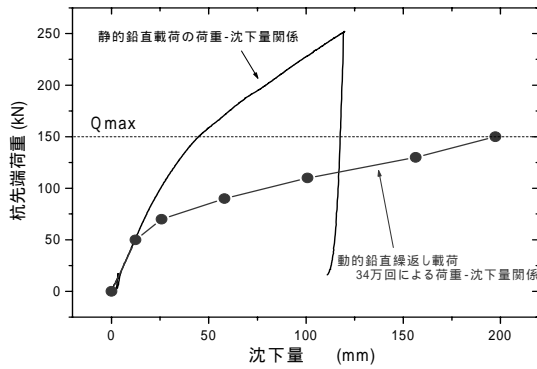


図5 摩擦小支持杭の先端支持力

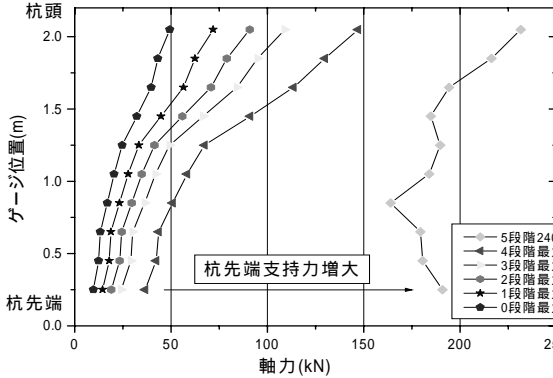


図7 静的試験時の軸力分布

端支持力の 1/2 程度になるのに対して、動的繰返し載荷での周面摩擦力のピーク値は、静的載荷での周面支持力の 1/4 以下である。また、杭先端荷重は沈下に応じて増加するのに対して、周面摩擦力は小さな沈下レベルで発揮され、それ以降は増加しない。図7図8に摩擦大支持杭の静的載荷時と動的載荷時の軸力分布を示す。発揮される周面摩擦力は杭頭の軸力と杭先の軸力の差であるから、静的載荷時では杭頭荷重 150kN までは周面摩擦力が有効に発揮されるのに対し、動的載荷時ではその 1/2 以下となる最大荷重 70kN 時で軸力分布が一定になり、周面摩擦力が発揮されていない。

また図9に摩擦大支持杭の周面摩擦力と動的繰返し回数との関係を示す。荷重振幅 $55 \pm 5\text{kN}$ (最大荷重 60kN)・ $60 \pm 10\text{kN}$ (最大荷重 70kN) では即時沈下により周面摩擦が上昇しているのに対して、荷重振幅 $70 \pm 20\text{kN}$ (最大荷重 90kN) では即時沈下により周面摩擦が低下していることがわかる。これは $60 \pm 10\text{kN}$ (最大荷重 70kN) の 22 万回付近で急激に周面摩擦が低下していることに要因があり、その次の荷重振幅以降は周面摩擦力が 10kN 以下となっていることがわかる。

4. まとめ

砂地盤中の摩擦大支持杭の動的繰返し載荷による支持力は、同一地盤中の静的載荷と比べて 1/2 程度となることが確かめられ、繰返し回数の増加に伴って安定した沈下挙動を示すことが分かった。また動的繰返し載荷による摩擦大支持杭の周面支持力のピーク値は、静的載荷と比較して、非常に小さな値になることが分かった。今回、比較的周面支持力が大きな支持杭を対象に鉛直静的載荷・鉛直動的繰返し載荷を実施し、繰返し載荷時の杭周面摩擦力挙動を調べた。今後、繰返し荷重レベルのパターンや繰返し回数を変化させ確認する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 千葉佳敬, 神田政幸: 砂地盤中の杭の動的鉛直繰返し載荷実験, 地盤工学会, 第 41 回地盤工学研究発表会, pp.1559-1560, 2006.7.
- 2) 神田政幸, 西岡英俊, 山畑栄, 高橋一人, 甲斐輝雅: 鉛直力・水平力・モーメントおよび鉛直変位・水平変位・回転角による載荷制御可能な基礎構造物の載荷試験装置の開発: 第 40 回地盤工学研究発表会(函館), pp.1461-1462, 2005.
- 3) 運輸省機修, (財)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物, 丸善, 1997.

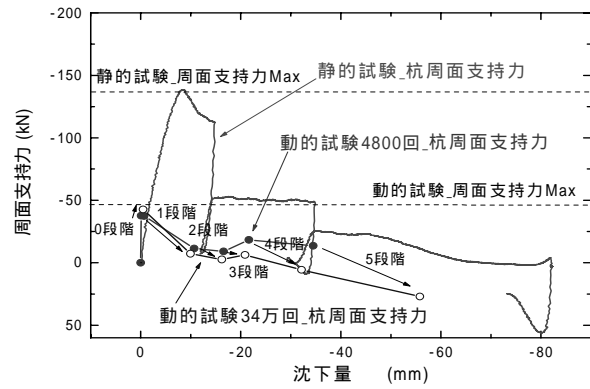


図6 摩擦大支持杭の周面支持力

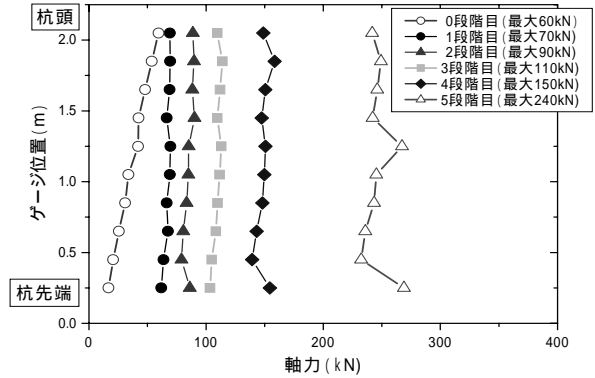


図8 34万回動的試験時の軸力分布

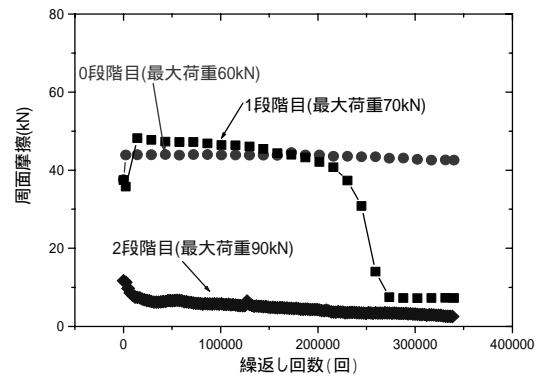


図9 周面支持力 - 繰返し回数の関係