

I-501 群杭の動的荷重分担に関する実験的考察

関西電力㈱ 正員 笹川 清志 正員 吉川 太 正員 副田 悦生

1. まえがき

構造物の基礎を構成する群杭の上部構造物に水平力を作用させたときの静的挙動に関する研究は、従来から数多く行われているが、その動的な挙動に関しては比較的实施例が少なく、地震時の水平支持力等について未解明な問題点が残されている。本報告は、群杭模型の水平振動実験を実施し、地盤非線形挙動時の動的荷重分担率について得られた知見について述べるものである。

2. 実験概要

実験は、図1に示すように外径48mm、肉厚4mm、長さ550mmの塩化ビニル管製の杭を3列×3列(杭間隔125mm)に配列した群杭模型を、長さ1.4m、幅1.0m、深さ0.55mの内寸を有するせん断土槽内に設置し、静的水平載荷及び振動台により振動載荷を行った。上部構造物(フーチング)は、杭頭の回転拘束条件を満足するため、杭に対して十分剛性の高い鋼板(重量90kgf)を用い、杭頭はフーチングに、杭先端は土槽底板上に完全固定とした。地盤は、乾燥砂を気中投下の後、実験中に地盤変化が起こらないよう振動締め固め(500gal, 10分間加振)により製作した。地盤の単位体積重量 1.675kgf/cm^3 、平均S波速度 80m/sec である。静的載荷における載荷重量は $1\sim 5\text{kgf/本}$ で 1kgf/本 ずつ増加した。振動実験では、入力加速度 $25, 50, 100, 200\text{gal}$ 相当でそれぞれ周波数 $60\sim 2\text{Hz}$ において 2Hz 刻で段階的に正弦波加振した。計測器は図1に示すように配置し、地盤・杭・フーチングの加速度、杭のせん断・曲げ歪及びフーチング・土槽の水平変位を計測した。

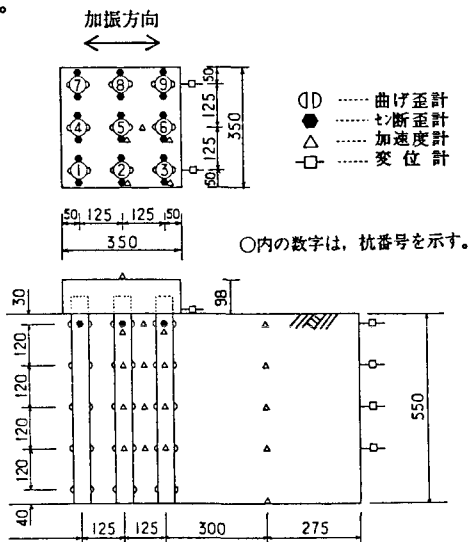


図1 群杭基礎模型及び計測位置

3. 実験結果とその考察

(1) 静的荷重分担率

図2に静的水平載荷 5kgf/本 実験時の杭頭のせん断力分担率を示す。図では中央杭を1とした各杭の分担率を円の大きさと()内の数字で、各杭にかかる荷重を円上段の数字で表す。(以下分担率を示す図では同様)これより載荷方向前面に位置する杭の分担率が、後列の杭に対して大きくなっていることが明瞭に認められる。このように前列杭と後列杭とで大きな荷重分担率の差が現れることは、既往の地盤が線形範囲内における実験では見受けられないことから、地盤の非線形性による影響が現れているものと考えることが出来る。このような場合の群杭効果には、周辺杭と中央杭の差だけでなく前列杭と後列杭の分担率の差を考慮する必要があるものと思われる。

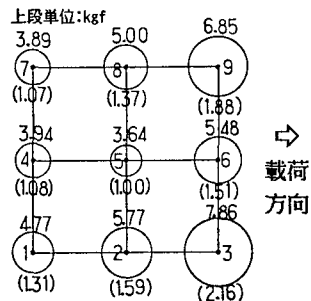


図2 静的せん断力分担率

(2) 振動実験結果

a 地盤の応答

地盤表層(GL-3cm)の応答倍率共振曲線を図3に示す。これより入力加速度が大きくなると共振周波数が低周波数側へ移行し、応答倍率も小さくなっていくことが認められる。これは土槽変位より推定される地盤の平均的なせん断歪が入力加速度の増加に伴い $10^{-5}\sim 10^{-4}$ オーダーと大きくなる事による剛性の低下に起因するものであり、地盤の非線形性が現れていることが判る。

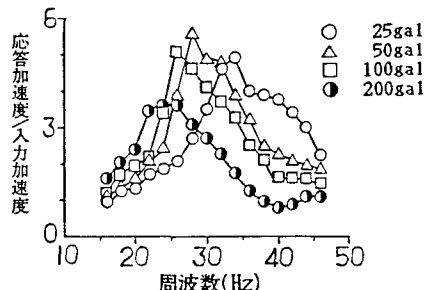
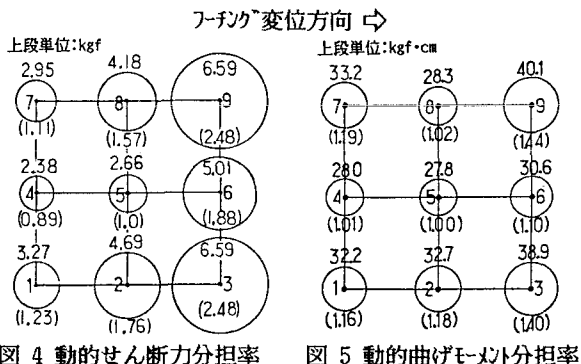


図3 地盤応答共振曲線

b 動的荷重分担率

100gal相当入力時における共振周波数(26Hz)でフーリング変位が最大となった時点での、動的せん断力分担率を図4に示す。この図より20Hz以上の高い周波数での実験にもかかわらず、各杭の分担率は、フーリング変位方向の前列杭と後列杭・中央杭とで明かに差が認められ、特に前列杭の負担が著しく大きい。この傾向は、静的载荷とまったく同様の分布でありこのことは動的な荷重分担の状況について、力学的に静的な問題に置換し得る可能性を示唆しているものと考えられる。



一方図5に示す杭頭曲げモーメントの分担を見るとせん断力分担率とは異なり、杭毎の分担の著しい差異は認められない。杭の曲げ歪の深度方向分布を図6に示すが、これを見ると前列杭に比べ後列杭の歪が深部で大きくなっている。これは、杭間地盤で群杭効果により水平抵抗の低下が起こったものと考えることが出来る。これにより前列杭の地盤の拘束は大きく、杭変位の不動点が浅くなり、曲げモーメントはそれほど大きくはならず、後列杭や中央杭では地盤の拘束が低下し、杭変位の不動点が深くなり曲げモーメントはそれほど小さくならない、従って結果的に杭頭の曲げモーメントが全ての杭で一樣な分担となるような傾向を示すものと考えられる。

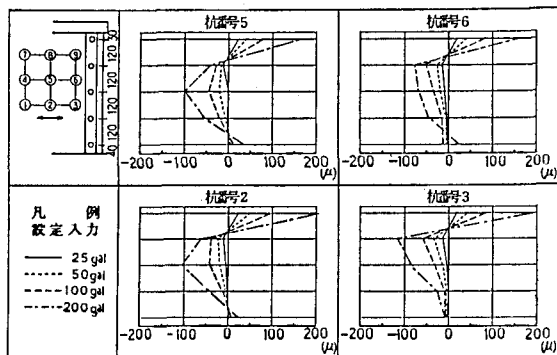


図6 杭曲げ歪深度方向分布

c 動的荷重分担率の周波数特性

図7に100gal相当入力時における杭頭せん断力の周波数毎の分担率(9本杭の平均値に対する比率)を示す。この図より杭頭のせん断力分担率は周波数毎に多少のばらつきは見られるが、周波数により大きく変動することはない、ほぼ一定となる傾向が見受けられる。さらにこの傾向は入力加速度が変化しても同様の傾向を示しており、杭毎の荷重分担率は周波数・荷重に依存しないものであることがうかがえる。

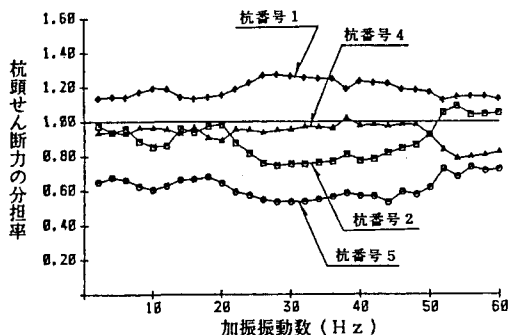


図7 杭頭せん断力の周波数別分担率

4. まとめ

以上の実験結果を要約すると以下のようである。

- (1)地盤の非線形挙動時における群杭効果は、中央杭のみならず荷重载荷方向前列と後列で著しい荷重分担の差異が現れることが明かとなった。
- (2)高振動数の動的実験においても静的载荷と同様な荷重分担率となることが確認された。
- (3)杭頭曲げモーメントの分担は群杭においても杭毎の差異は小さくほぼ一樣な分布となることが明かとなった。
- (4)杭頭の荷重分担率は、荷重及び周波数に影響されずほぼ一定となることが示された。

5. あとがき

今後、本実験で得られたデータの解析的検討を進めて行きたいと考えている。また、地盤種別による応答の違いについて、粘性地盤を対象とした実験を行って行く予定である。

最後に本実験を進めるにあたり協力をいただいた㈱新日本技術コンサルト、㈱エスコ他お世話になった関係各位に謝意を表します。