

繰り返し及び動的水平荷重下の群杭効率に関する実験的研究

熊本大学大学院 学生会員○帆足奈央 熊本大学工学部 正会員 大谷 順
 熊本大学大学院 学生会員 中島勝弘

1. はじめに

地震時の杭－地盤間の動的相互作用問題は耐震工学上の重要なテーマの一つとなっている。しかし杭－地盤間の動的相互作用は、地盤の非線形特性や動的荷重としての周波数や振幅に大きく依存したり、杭本数・配列を含む周辺杭の影響を強く受けるなどの非常に複雑な物理現象であるため、未だに現行の杭基礎設計法においては十分に評価されておらず、今後設計法が限界状態設計法に移行する場合、動的荷重下の群杭挙動に関する定量的評価は不可欠であると考える。本研究は、動的荷重としての振幅・周波数依存性を考慮した模型実験を実施し、杭－地盤間の動的相互作用効果の一つである群杭効率を実験的に把握しようとするものである。本報は、杭配列の変化による履歴曲線や各杭の曲げモーメント分布の検討を行ったものである。

2. 模型実験の概要

(1) 実験装置

実験装置を図-1に示す。模型杭への荷重は、杭頭固定条件で加振機－クランクロッドを介して動的な水平荷重を変位制御によって作用させた。この時の水平変位の振幅は最大 12.5mm、周波数は最大 5.0Hz まで調節可能である。模型杭は断面積 $3.00 \times 20.0 \text{ mm}^2$ 、長さ 550mm、曲げ剛性 7995 kgf/mm^2 の長方形断面アルミニウム杭を使用した。また、杭頭より 70mm 間隔で片面 4 枚、表裏合わせて 8 枚のひずみゲージを貼付した。地盤は炉乾燥させた珪砂を使用し、自然落下させて相対密度 73%前後になるように作成した。

(2) 実験ケース

本研究における実験ケースの杭本数及びその配列を表-1に示す。群杭における杭配置は荷重方向に対し、直列、並列及びそれらを組み合わせたボックス配列とし、杭本数を 2, 3 及び 4 本とした。また杭間隔は 2.5d (25mm) とした。

(3) 相似則¹⁾

模型の縮尺は想定した実物杭(長さ 20m)と模型杭(長さ 550mm)から算出した。これを周波数の相似則に適用すると、本装置の周波数は実スケールで最大 0.35Hz となる。地震動の周波数が約 0.13~25Hz である²⁾ことから、本装置の加振力は比較的低周波数下での実験と位置付けられる。そこで上述した点を踏まえ、本実験の周波数を 0.15Hz (低周波数、つまり繰り返し荷重とみなせる)、5.0Hz (本装置の最大周波数)、及び 2.0Hz (0.15Hz と 5.0Hz の中間値)と決定した。これを表-1に示す。

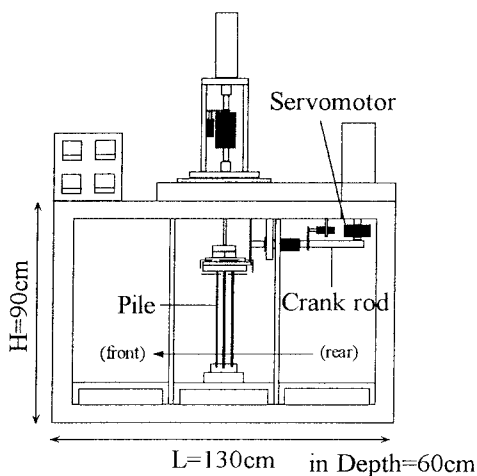


図-1 実験装置

表-1 実験ケースの杭本数及び配列

Arrangement of piles	Number of piles	Amplitude (mm)	Frequency (Hz)			
Single	1	2.0,10.0	0.15,2.0,5.0			
Series	2,3	2.0,10.0				
Parallel						
Box	4	2.0,5.0				

3. 結果と考察

結果の一例として、2本直列及び並列で振幅を固定(2.0mm)し、最小(0.15Hz)、最大(5.0Hz)周波数で比較したものを対象に議論を進める。なお杭の並びについては、最初の载荷方向に対し前方の杭を前方杭、その载荷方向に向かって右杭、左杭とする。なお計測時間は定常期と判断した実験開始15分後とした。

(1) 履歴曲線

図-2 に直列時の履歴曲線を示す。曲線の形状のふくらみ及び大変位時において先端が尖っていることから、両ケースとも非線形挙動を示していると言える。高周波数時には曲線に乱れが生じたが、载荷方向の正負に関係なく共に原点から最大変位に達する間に生じている。これは杭周辺地盤が締め固められると共に杭間の地盤に落ち込みが生じ、そのため前方杭全面の主働側の土圧が増大するのに対して、後方杭全面の受働側（つまり杭間）の土圧が低減したためと思われる。

(2) 曲げモーメント

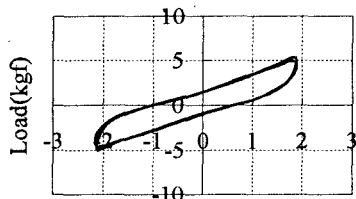
図-3 に杭頭振幅最大時における曲げモーメント分布を示す。図中の1~4は、ひずみゲージによる測定点である（ひずみはそれぞれ表裏の平均値）。杭頭より深さ35cm以降は、以前実施した実験³⁾よりひずみが殆ど生じないことが分かっており、曲げモーメント分布をより近似しやすくするためにひずみがゼロとして与えた。杭頭曲げモーメントはその近似曲線から算出した。まず周波数で比較した場合、直列において高周波数時の方が後方杭の杭頭曲げモーメントが小さい値を示した。一般に高周波数時の方が慣性力による影響が大きく、その分杭頭荷重は大きくなるが、その荷重が前方杭により大きく加わったので後方杭の方が軽減されたためと考えられる。次に直列と並列で比較した場合、並列は左右の杭が同じ振動をするためにほぼ等しい分布を示すのに対し、直列は杭頭曲げモーメントや最大曲げモーメント付近の分布に違いが見られ、従来の静的試験⁴⁾と同様の傾向を示した。

4. おわりに

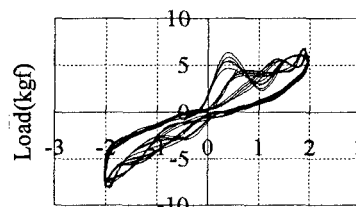
今後は、単杭も含め4本杭までの曲げモーメント分布から各杭の杭頭荷重分担率を求め、群杭効率とその周波数依存性を定量的に評価する予定である。

[参考文献]

- 1) 香川崇章：土構造物の模型振動実験における相似則、土木学会論文報告集、第275号、1978
- 2) 石原研而：土質動力学の基礎、鹿島出版社、1976
- 3) 中島勝弘：群杭の動的水平挙動に関する模型実験、平成10年度熊本大学卒業論文
- 4) 木村 亮：水平力を受ける群杭の挙動に関する基礎的研究、京都大学学位論文、1993

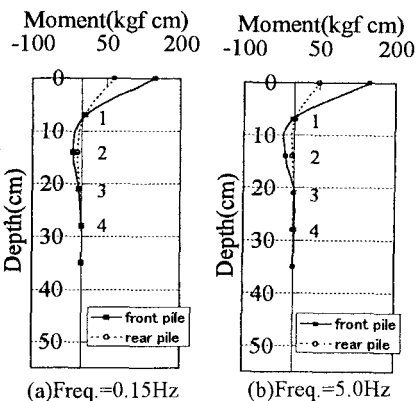


Displacement(mm)
(a) Freq.=0.15Hz

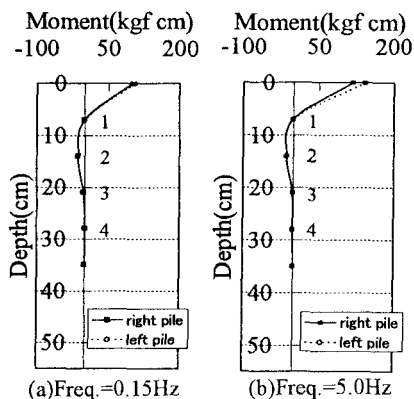


Displacement(mm)
(b) Freq.=5.0Hz

図-2 履歴曲線



(a) Freq.=0.15Hz (b) Freq.=5.0Hz
図-3.1 曲げモーメント分布 (Series)



(a) Freq.=0.15Hz (b) Freq.=5.0Hz
図-3.2 曲げモーメント分布 (Parallel)