

I-239 基礎杭の動的性状に関する模型実験

建設省 土木研究所
建設省 土木研究所
(株) 長大橋設計センター

正員 栗林 栄一
正員 川島 一彦
○ 正員 友沢 武昭

1. まえがき

地震時に基礎杭がうける地盤振動の影響を確認するため、弾性体模型地盤を用いた模型振動実験を行った。実験で得られた諸データのうち、ここでは主に地盤と基礎振動の共振振動数と位相特性に着目した結果を述べる。このような実験では模型の満足すべき条件として、材料の弾性挙動および、地盤と杭振動のエネルギー分担において本来の広域地盤を想定するために杭質量≪地盤質量となることが必要である。また模型地盤は有限範囲内で区切りられたものを用いるを得なく、このような境界条件を含んだ上での基礎に与える地盤振動の影響を観察することになる。

2. 実験概要

図-1に実験時の模型状態を示す。

模型地盤特性：ケミカルグラウト使用。

$E = 7.3 \text{ kg/cm}^2$ $\nu = 0.5$ $\gamma = 1 \text{ g/cm}^3$

模型杭の特性：アクリルパイプ棒 $D = 3 \text{ cm}$

$EI = 13 \times 10^4 \text{ kg cm}^2$ $\beta = 0.068 \text{ 1/cm}$

杭頭重量 W ：群杭(4本) 模型 4 kg,
18 kg, 32 kg, 単杭模型 2 kg

入力条件：加振台正弦波入力, 杭
頭打撃による自由振動, 杭頭水平載荷(静

荷重) なお、振動実験では群杭, 単杭の実験とそれぞれ単独に行ない、例えば群杭の実験時には単杭の杭頭重量を取り除いた状態とした。

3. 実験結果

図-2に杭頭測点 G_1 と地盤中央の地表測点 A_0 の共振曲線を加振台加速度に対する倍率として示す。材料特性から模型の減衰性が小さく、共振振動数付近での曲線は急激に立ち上がるため、頂点付近を除外して図示している。図-3に杭基礎と地盤中央におけるそれぞれ同一の深さの点が示す位相関係を示す。表-1にそれぞれの模型条件で共振曲線から得られる共振振動数を示し、あわせて模型の自由振動数および、杭頭質量と静的な杭頭ばね定数から算定した一自由度系としての固有振動数を比較した。なお、杭のない地盤のみの実験結果については、模型地盤の1次共振振動数が13 Hzとなり、地盤内に設けた各測点は5~20 Hzの範囲で一律な位相変化を示し、測点間相互の位相ずれは少なかったこと、また振幅においても同振動数範囲で G_0 位置と A_0 位置でほぼ等しいことを確認している。対象とした振動数範囲(5~20 Hz)における地盤と杭の振動状況はおおよそ次のようである。杭頭の共振曲線には、地盤共振状態と、杭共振状態の振動数でピークが現われている。

杭が共振状態にあると考えられる振動数は、それぞれの模型条件で杭の自由振動数とほぼ一致し、且つこの振動数は杭頭質量と静的な杭頭水平ばね定数で計算される一自由度系の固有振動数と比較的良好一致している。

地盤の共振振動数は杭の存在によって、多少変化が見られるがその変動は10%以内である。以上のことから各模型の条件で地盤と杭の連成状態は動的なばね定数と実質量を用いて推定される個々の振動系に分離でき、また両者の連成効果は分離した個々の振動系の固有振動数を変化させ得る程度大くはないのではないかと考えられる。

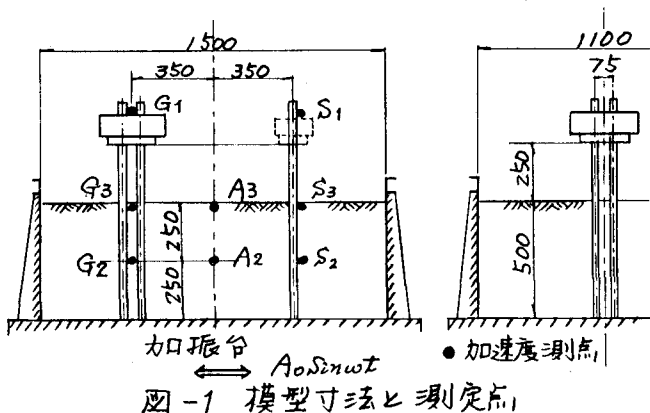


図-1 模型寸法と測定点

またすべての模型を通して、杭自身の共振振動数より低サイクル域では杭は地盤とほぼ同位相の運動を行っている。杭の共振振動数に近いかもしくはこれよりも高サイクル域においては、模型条件によって次の二種類の傾向に分かれる。杭の共振が地盤の共振よりも低サイクル側にあるとき、杭の共振時に杭頭は入力に対して約90°の位相遅れを示す。杭の地表部、地中部においても同振動数で位相ずれを生じるが杭頭ほど明らかなではない。杭の共振振動数よりも高サイクル域では、杭頭は地盤（地表）に対して常に180°の位相遅れを示す。杭の地表部および地中部では地盤と同位相の運動をする傾向が見られる。この傾向は単杭で最も顕著であり群杭32kg、18kgの順に弱くなる。杭の共振状態が地盤の共振よりも高サイクルにあるとき、杭は共振時に地盤に対して約90°の位相遅れを示す。杭の共振振動数よりも高サイクル域では、杭頭、杭地中部ともに地盤とは異なる位相を示し、杭全体がほぼ同一の位相特性を保つ。このような現象は杭の固有振動数が地盤の共振振動数に近づくために生じたものではないかと考えるが十分説明し得る結論は得ていない。また模型地盤に対して、杭の抵抗が小さいと考えられる単杭2kg、あるいは地盤の共振振動数より十分低サイクル側にある杭の共振状態が現われる群杭32kgの状態では、杭突出部の挙動と、模型地表面（設計上の地盤面）に地震入力考えた力学モデルで表現し得るものと考えられよう。

模型条件	杭頭重量 W	杭頭水平ばね(静的) K _H	自由度系としての固有振動数 $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_H g}{W}}$	共振振動数 (共振曲線)	自由振動数	減衰定数 (自由振動)	共振振動数 地盤の一次
群杭	32 ^{kg}	52 ^{kg/cm}	6.4 ^{Hz}	6.7 ^{Hz}	7.1 ^{Hz}	0.017	13.0 ^{Hz}
杭	18	"	8.5	8.8	8.6	0.016	13.5
杭	4	"	18.0	17.5	16.8	0.014	12.5
単杭	2 ^{kg}	6 ^{kg/cm}	8.2	7.8	7.9	0.023	12.8

表-1 共振振動数一覧

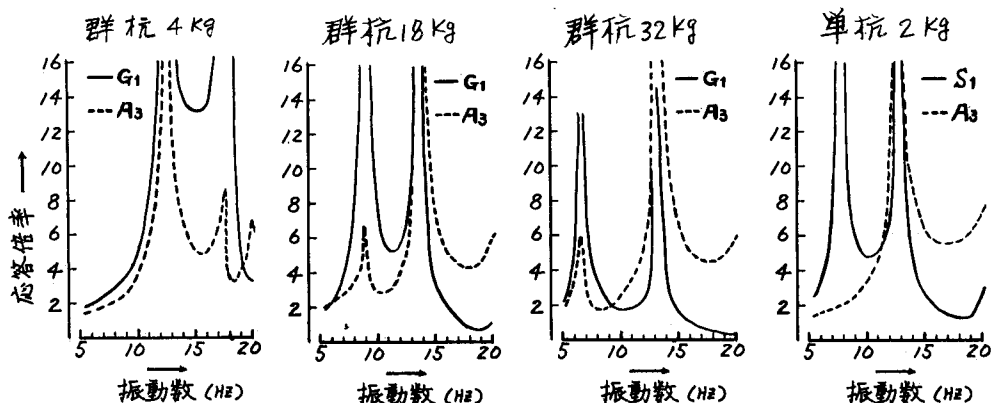


図-2 共振曲線

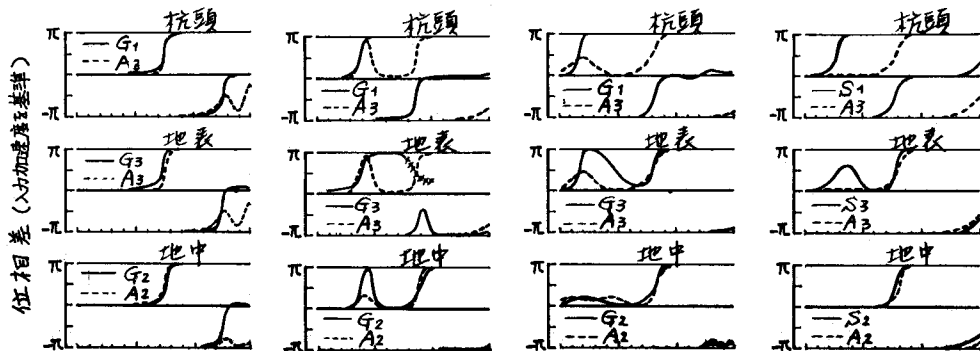


図-3 位相曲線