

くいの基礎の動的特性に関する模型実験

建設省土不研究所 正員 栗林栄一 ○正員 萩原良二 正員 宮田忠明

1 まえがき

地震時における建築物の挙動は、それを支持している基礎と地盤の動的特性に支配されやすい。そこで、くいの基礎と地盤の動的特性を調査するために模型実験を実施し、その結果をとりまとめた。

2 実験の概要

1) 実験1：群ぐい(くいの頭重量変化)と単ぐいを対象とした実験(図-1)

a 群ぐいモデル(くいの頭重量変化)

b 単ぐいモデル

2) 実験2：地盤に対する相対的な剛性度の異なるくいを対象とした実験(図-2)

a $\beta < 1$ モデル：無限長の柔な基礎(地表部での載荷に対して基礎は先端の境界条件には無関係の弾性変形をする。)

b $1 < \beta \leq 3$ モデル：有限長の柔な基礎(地表部での載荷に対して基礎は先端の境界条件の影響を受けず弾性変形をする。)

c $\beta \geq 1$ モデル：剛な基礎(地表部での載荷に対して基礎は剛体変形をする。)

ここで、

$\beta = 4\sqrt{\frac{kD}{4EI}}$: くいの特性値 (m^{-1}) l : くいの根入れ長さ (m)

k : 横方向地盤反力係数 ($\frac{t}{m^2}$) D : くいの径 (m) EI : くいの曲げ剛性 ($t \cdot m^2$)

以上の各くい基礎モデルを対象に、次のような項目を実施した。

i) 物性試験

地盤の弾性定数およびくいの曲げ剛性を測定する。

ii) 静的載荷試験

くい基礎の復元力特性を調べ、静的ばね係数を求める。

iii) 振動試験

a 正弦波加振試験

加振台から入力振動数を段階的に変えて正弦波加振し、地盤-くい基礎系の応答を測定してその動的特性を調査する。

b 自由振動試験

くい頭打撃もしくは加振台からの衝撃力入力による地盤-くい基礎系の自由振動から、自由振動数と減衰定数を測定する。

iv) 解析モデルによるシミュレーション

模型実験での地盤-くい基礎系の振動を解析モデルで表現し、模型実験における模型の挙動を解析的にシミュレーションして地盤-くい基礎系の振動のモデル化について調べる。

3 実験結果

地盤の振動とくい基礎の振動の連成関係の例を、図-3に示している。この図は、くい基礎の応答加速度と地盤の応答加速度の振幅比と位相差を示したものである。振幅比=1では、両者の応答振幅が等しいことを示し、位相のずれがない(位相差=0)の場合は、地盤とくい基礎が一体となって運動していることを示している。この例(群ぐいNo.4(くいの頭重量: 30 kg))では、くい基礎の地中部は地盤と同じ挙動(地盤の動きに支配され

た挙動)を示し、 α の頭部は地盤に対して独立した運動をしていることがわかる。

α の基礎の振動が地盤の振動に与える影響を調べたのが図-4である。この図は、 α の基礎がある場合とない場合の地盤の応答加速度の振幅比と位相差を示したものである。この図において、振幅比が1から離れるほど、また位相差の絶対値が大きくなるほど、 α の基礎の振動が周辺地盤の振動に与える影響の度合いが大きくなることを示している。

以上に示した実験によって、以下の結論が得られた。

- (i) α の基礎は地盤の動きに大きく影響され、地盤の共振点では地盤の共振は α の基礎の応答も大きくなる。一方、 α の基礎自体の共振点では α の地上部分は共振して応答が大きくなるが、 α の地中部分の共振は地盤に拘束され、地上部分に比べて応答は小さくなり、 α の地上部分と地中部分で位相のずれが生じる傾向がある。すなわち、 α の地上部分は地盤と α の基礎のそれぞれの共振点で大きな応答を示し、一方、 α の地中部分は地盤の共振点のみで応答が大きくなる傾向がある。この場合、 α の地中部分は地盤と同位相の運動を示し、 α の地上部分は地盤とは位相の異なる独自の運動を示している。この傾向は α の地盤に対する相対的な剛性を表す β の値が大きく(1より大)、弾性体的で柔らかくない、 α の頭重量が大きくない、また群いよりも単いで強くなっており、このような場合の α の頭の動きは地表面を入力位置として地表面での地盤の運動を入力とした1自由度系モデルで表現することが可能である。
- (ii) α の基礎が地盤の運動に与える影響は、 α の頭重量が大きいくほど、また単いよりも群いの方が大きく、地盤の地中部分よりも地表面付近で α の基礎の影響が現われる傾向がある。
- (iii) α の基礎の復元力特性をばね係数(水平載荷力/水平変位)で表現した場合、群いのばね係数は単いとしてのばね係数を本数倍したものに比べて小さな値となる傾向がある(群い効果)。
- (iv) β の値が大きく(1より大)、弾性体的で柔らかくないで、 α の頭重量が比較的大きく、 α の頭が1自由度系的な挙動を示す α の基礎では、静的載荷試験から求まる α の頭バネ係数(α の頭水平載荷力/ α の頭水平変位)と α の頭重量から1自由度系として算出した固有振動数によって、 α の基礎の共振振動を推定することができる。
- (v) 解析モデルによつて α の基礎の挙動を予測する場合、地盤の挙動も考慮に入れた多自由度ばね-マス系モデルによれば比較的精度良く予測することができる。ただし、この場合の計算は複雑であり、 β の値が大きく(1より大)、弾性体的で柔らかくないで、 α の頭重量が比較的大きき場合は、地表面を入力位置として地表面での地盤の運動を入力とした1自由度系モデルで α の頭の挙動を表現することができる。また、 α の基礎の共振振動数が地盤の共振振動数より低い場合は解析モデルにより α の基礎の挙動を精度良くシミュレートしやすく、それに対して α の基礎の共振振動数が地盤の共振振動数より高い場合には解析モデルによるシミュレーションは精度が悪くなる傾向があり、特に地盤の共振点と α の基礎の共振点の間の振動数領域は解析モデルによる α の基礎の地震応答の予測が難しい。

4 あとがき

この種の模型実験の意義は、実構造物の挙動の定性的な把握と、その挙動を表現する解析モデルの精度の検証のためのデータを提供し、その精度を向上することにある。

構造物の耐震設計においては、こうした実験の成果などを踏まえて、構造物の動的挙動の特性および設計計算の精度を把握し、それに応じた弱点部の強化、安全率の設定などの配慮が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：基礎杭と地盤の動的相互作用に関する実験，土木研究所資料 第1029号，昭和50年4月
- 2) 建設省土木研究所： α の基礎の動的特性に関する模型実験，土木研究所資料 第1426号，昭和53年10月

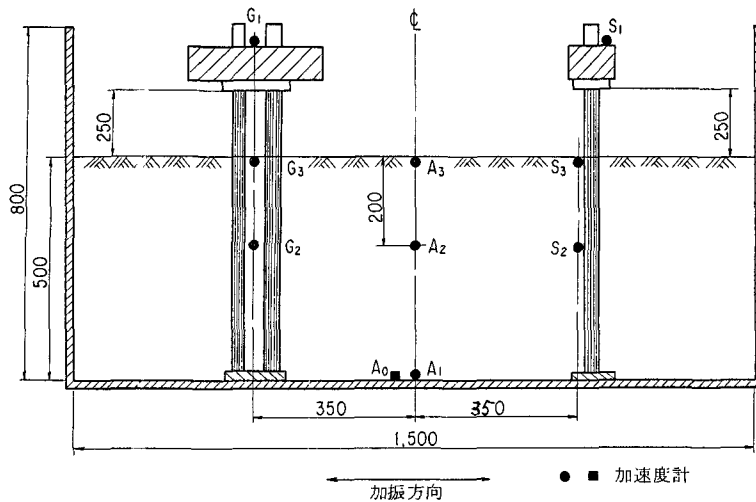


図-1 模型一般図（実験 1）

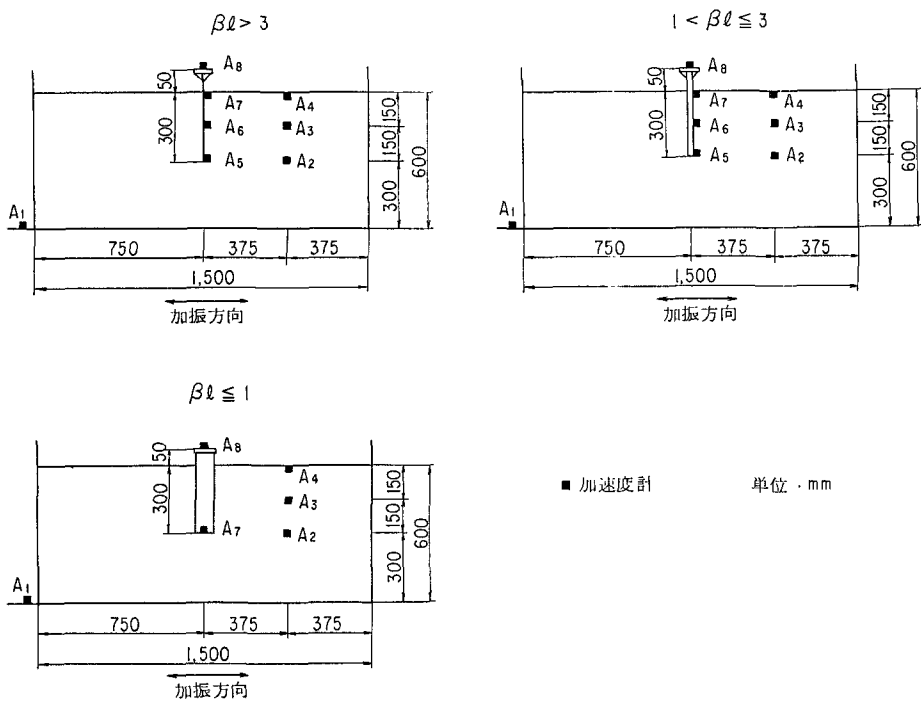


図-2 模型一般図（実験 2）

実験 1 群グイ 30 kg

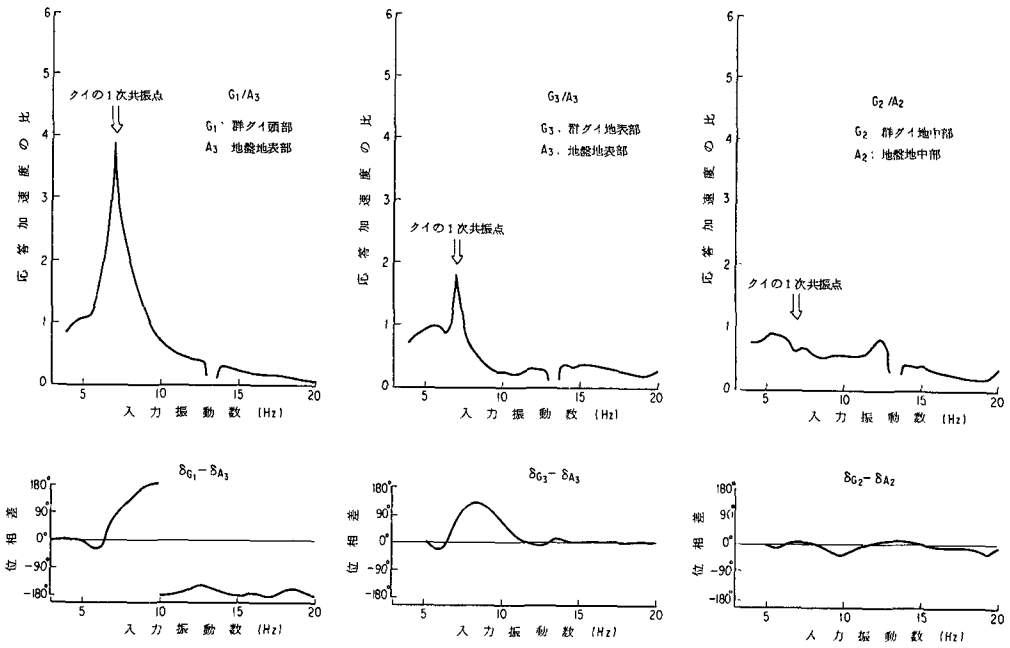
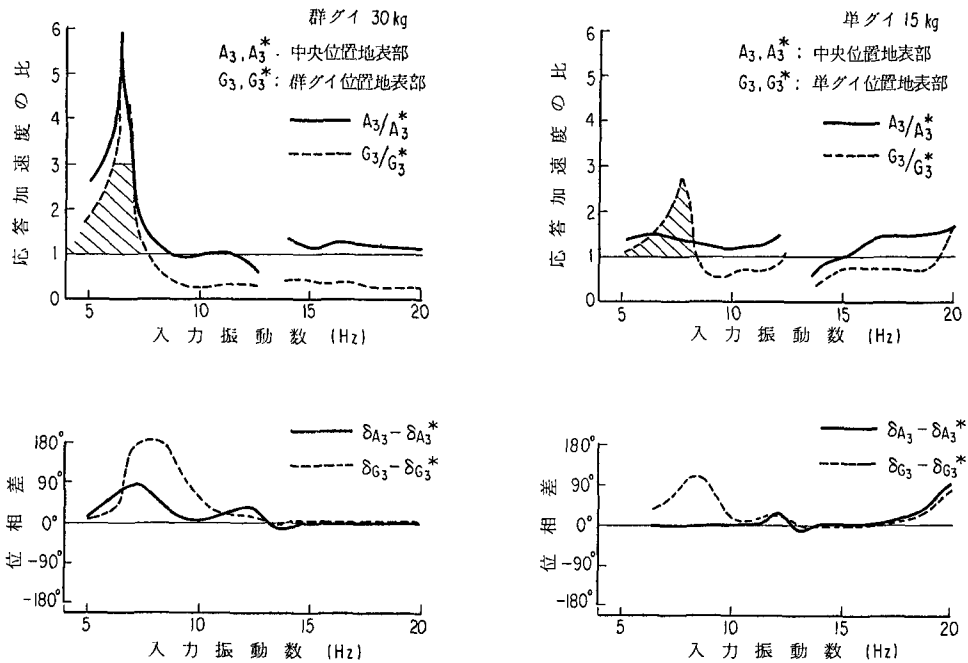


図-3 地盤の振動とくい基礎の振動の達成関係 (群ぐい 30 kg)



(注) A_3, G_3 はくい基礎がある場合の応答加速度, A_3^*, G_3^* はくい基礎のない地盤のみの場合の応答加速度を示している。

図-4 くい基礎が地盤の振動に与える影響 (群ぐい 30 kg, 単ぐい 15 kg)