

## I-39

## 模型杭の動的挙動について

開発工営社	正員	松井義孝
北海学園大学工学部	正員	早川寛志
専修大学北海道短大	正員	金子孝吉
北海学園大学工学部	正員	高橋義裕
北海学園大学工学部	正員	当麻庄司

## 1. まえがき

平成7年1月の兵庫県南部地震を初めとする最近の大型地震の被害には眼を覆うものがある。とりわけ、社会資本ストックとしての構造物に大きなダメージを与えている。これらの構造系を分類するとSub-structure、Foundationと大別出来る。Sub-structureの被害の場合は目視可能であるが、Foundationの場合も地盤の液状化や地盤の変状からみても何らかの被害をおこしているのではないと思われる。構造物基礎に関しては、「道路橋示方書Ⅳ下部構造」に弾性体基礎として林-Changの水平方向地盤反力係数を考慮した設計手法がある。杭の許容水平変位量は、基礎の弾性領域の範囲以内として杭径の1%以下( $\leq 15\text{mm}$ )と制限しているが、実際には制限を越えることもあり得る。従来、現場における杭の水平載荷試験法は、杭頭及び載荷点の変位計測をダイヤルゲージ、傾斜計を用いている。杭体に発生する曲げ応力度を測定するためにひずみゲージを杭外周にリード線とともに取り付けて行うがリードプロテクターの断面積が杭断面積の10~20%にも達しさらに打ち込むときの破損等も多く、根入れ長の大きい時には計測不可能な事が多い。本実験では、従来不可能とされていた細い金属管内壁に正確にひずみゲージを貼り静的水平載荷試験では水平方向地盤反力係数( $K_H$ )を検証し且つ動的振動実験として模型杭を用い得られた結果について動的挙動を報告するものである。

## 2. 実験装置

模型杭の周囲地盤は、豊浦標準砂を乾燥状態で相対密度50%程度で用い、実験槽は高さ、幅、奥行きが各々90\*60\*120cm(高さ可変)のコンクリート型枠用メタルフォームを各々緊結して使用した。(写真-1)



写真-1 実験装置

A Study of the Dynamic Behavior on a Model Pile by Yoshitaka MATSUI, Hiroshi HAYAKAWA, Takakichi KANEKO, Yoshihiro TAKAHASHI and Shohji TOHMA.

静的水平荷重試験では、奥行き方向の前後に片引き、正負交番荷重が出来るように外径0.8mm のステンレス製ストランドワイヤーによって杭の任意の高さに水平荷重出来るように配置され、他端は槽外で滑車を介して重錘によって荷重し、さらにその下部に杭頭水平変位測定用として1/100mm 読みのデジタルダイヤルゲージを設置した。動的水平荷重試験では、3. で後述するが図-1 に示すように駆動軸クランクを介して杭頭部に加振力を与え動的応答を実験する。

模型杭は、高精度で同一規格の物が手軽に入手可能なアルミパイプ（外径12mm, 肉厚 1mm）を用いた。（ $E=6.5 \times 10^5 \text{Kgf/cm}^2$ ,  $I=5.27 \times 10^{-2} \text{cm}^4$  : 実測値） 模型杭の作成に当たっては、接着時の加圧に磁力を応用した。管内壁に接着するゲージの背面に細い軟鋼を仮止めし、所定の位置に挿入後接着が終了するまで接着面に2~5kgf/cm<sup>2</sup> の加圧をするために管外から配置したマグネット・コイル（写真-2）に可変直流電源装置から通電する。本実験に使用した模型杭は、杭先端から8cm間隔で管内に8枚のひずみゲージを貼り、それぞれ3枚

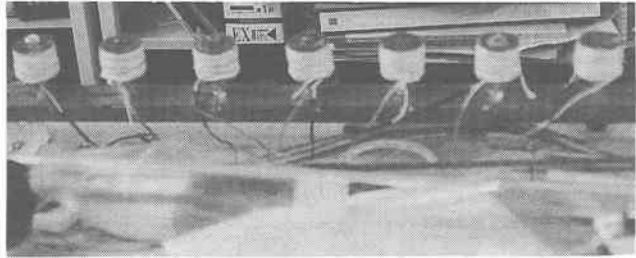


写真-2 マグネット・コイル

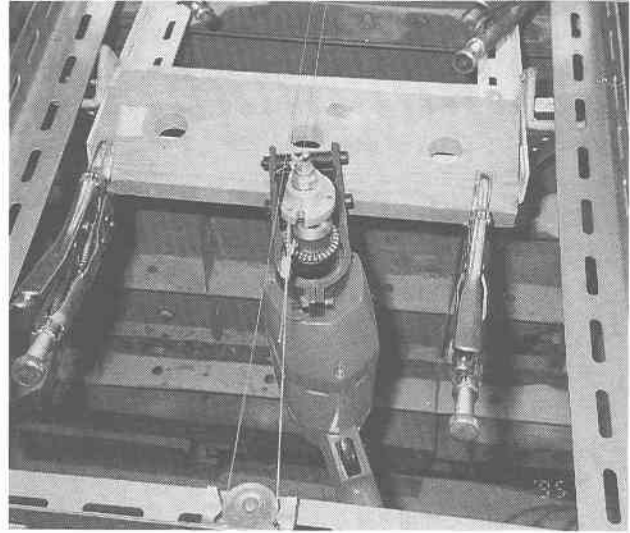


写真-3 駆動軸クランク

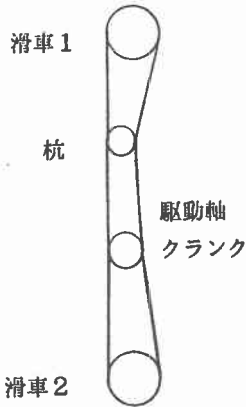


図-1 杭と駆動軸クランクとの連結機構

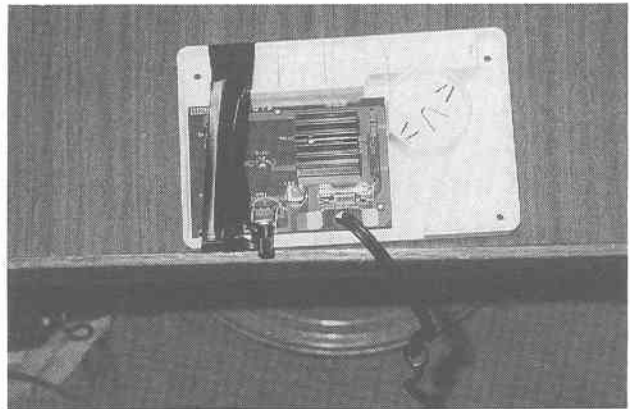


写真-4 インバーターによる振動数可変装置

の温度保証用ダミーゲージと組み合わせてブリッジを構成しひずみ増幅器を経由してデータ・アナライザーに収録解析する。

### 3. 模型杭による動的水平荷試験

杭基礎を人工的な振動外力で起振する方法にはいくつかの方法がある。中でも「起振機による強制振動試験」と「強制的に初期変位を与えてそれを瞬時に解放して自由振動を求める試験」とがある。筆者らは、図-1 駆動軸クランク機構図に示すようにモーターよりクランク軸を回転させインバーター方式による回転制御により振動外力を与えている。この方法は、周波数領域で偏心モーメントを一定にとらえ応答を求める方法であるが外力制御が極めて正確で比較的簡単な実験法といえる。

### 4. 実験結果

模型杭を用いた静的水平荷試験は、「模型杭に関する実験的研究」<sup>4)</sup>に述べてあるが図-2にあるように杭頭変位履歴曲線では非常に良好な復元性を呈している。

模型杭による動的水平荷試験については、実験途中であることから今回は参考的に、図-3に示す応答結果として実測できることを確認するにとどめた。実験に採用した外力は、正弦波として杭頭部に作用させた。

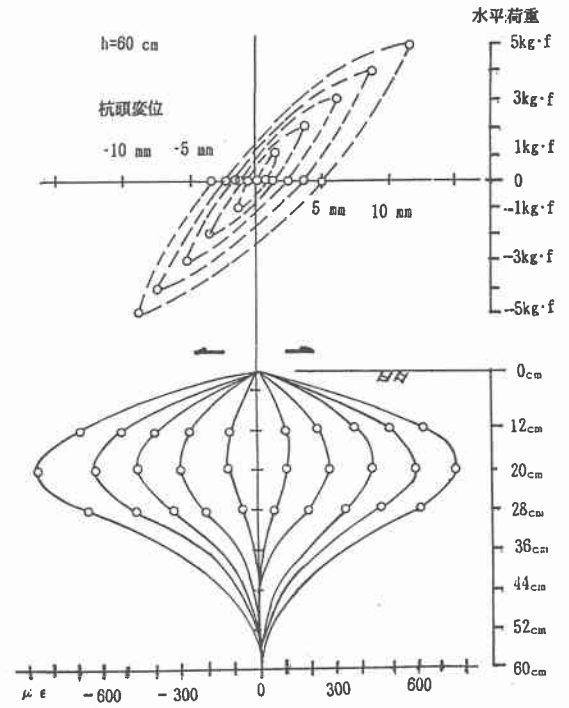


図-2 杭頭変位履歴曲線

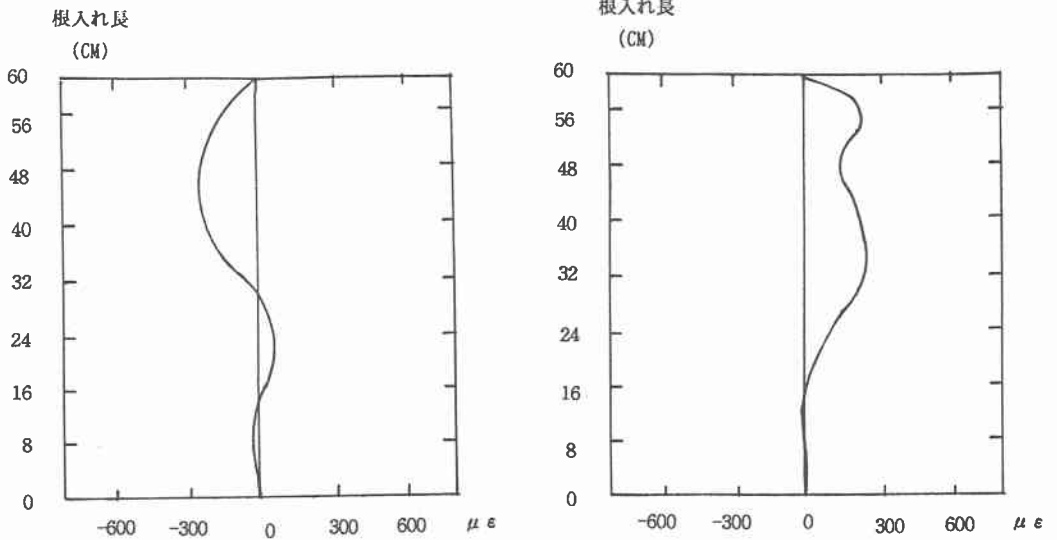


図-3 動的水平荷地中部応答図

本実験のさなか正弦波のみならず、過渡的ランダム波も検討ケースに加えたいと考えている。

## 5. 考察

基礎杭の設計においては、水平方向地盤反力係数が重要なかつ基本的要素であることは周知の通りである。筆者らは、それら基本的条件が室内実験の中で常時、地震時問わず解明できるならば基礎設計の未知数がかなり減るのであろうと確信している。特に、長杭の現場載荷試験では正確な実測値を得ることは困難である。故に、室内実験においては、それらのモデル化と検証結果が十分な精度で得られることの意義は大きい。液状化地盤や地盤の非線形性などのかかえている内在的問題等についても最近の直下型地震等からも加速度レベルのみならず速度レベルに重心を移してもいいのではないかと思われる。また、構造物と地盤との連成問題あるいは非線形問題にしても杭と土との相対速度に何らかの関わりはありはしないか。これらのひとつの解を求めたく大振幅時の速度、小振幅時の速度の一定性と周波数との関わりを模索している。

本稿では、実験中途のさなか十分なデータのもとに論証できなかったがその前段として模型杭を用いた室内実験法によって地震時の挙動をとらえられるという確信の基で締めくくる。

おわりに、本実験を手伝ってくれた北海学園大学の平成6年度卒論生、山川晃弘、横山俊宏、谷嘉幸、松田考彦君そして平成7年度、福田哲、望月一君らには感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ下部構造編
- 2) 日本道路協会：杭基礎設計便覧
- 3) 地盤工学会：杭の水平載荷試験方法
- 4) 松井、早川他：模型杭に関する実験的研究（土木学会北海道支部論文報告集第50号）
- 5) 松井、早川他：模型杭による水平載荷に関する実験的研究（土木学会第49回年次学術講演会）
- 6) 伯野、横山他：模型杭基礎の復元力特性に関するオンライン・リアルタイム実験