

I-503

地盤の非線形地震応答に伴う基礎杭の地震時ひずみ特性に関する実験的研究

清水建設(株)技術研究所 正会員 清水 勝美 正会員 田 蔵 隆
正会員 佐藤 正義 正会員 社本 康 広

1. 概 説

群杭基礎・地盤・構造物系の強震時挙動特性は、地盤の非線形地震応答に大きく支配されている。基礎杭の耐震安全性を議論する上で、地盤の非線形地震応答特性と基礎杭に発生する地震時ひずみとの関係が、弾性状態の場合とどの程度の差異があるかを把握することが重要であると考えられる。本研究は、群杭基礎構造物模型に対する振動実験で得られた基礎杭のひずみ記録および地盤の変位記録に基づき、地盤の非線形地震応答と基礎杭のひずみ応答との対応関係について考察したものである。

2. 模型振動実験の概要

図1は群杭基礎構造物模型ならびに計器配置を示したものである。基礎杭は9本(3列×3列)のアルミニウム製杭(外径30mm、肉厚1mm、長さ900mm)であり、杭先端をせん断土槽底面に固定し、杭頭をフーチングに剛結している。

計測は図1に示すように、中央部の杭にひずみゲージ(5断面、各断面あたり2か所)を設置し、またフーチングおよび上部工に加速度計、土槽側面に変位計(5断面)を設置して行った。加振は正弦波によるスイープ加振(振動数間隔0.5Hz)で、入力最大加速度は25Gal、75Gal、150Galとした。

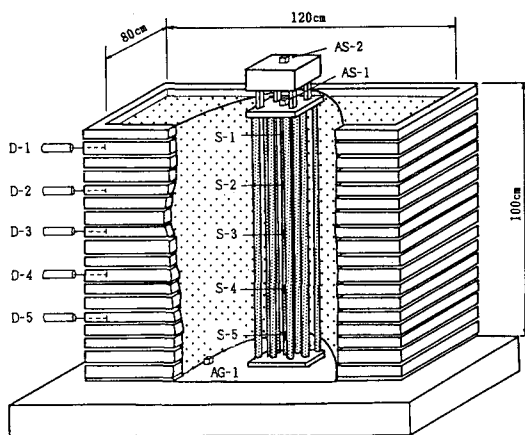


図1 群杭基礎構造物模型と計器配置

3. 実験結果および考察

図2は振動実験によって得られた基盤加速度(AG-1)に対するフーチング加速度(AS-1)、上部工加速度(AS-2)、地盤相対変位(D-1)の周波数応答関数について示したものである。図の10Hz以下の振動数領域において、入力最大加速度が25Gal、75Gal、150Galと増大するに従って、応答のピークが9.0Hz、6.5Hz、5.0Hzと低振動数側に移行し、さらに加速度応答倍率(AS-1、AS-2)の低下と変位応答(D-1)の増加が見られる。この振動数成分は地盤の卓越振動数に対応しており、入力最大加速度の増大に伴い地盤のせん断震動による非線形性が顕著になっているものである。また、上部工と杭・地盤系の震動が連成する16Hz付近の振動数領域においても応答のピークが低振動数側に移行して非線形性が現れているが、これは地盤の非線形応答に伴う杭頭インピーダンスの変化を示すものである¹⁾。

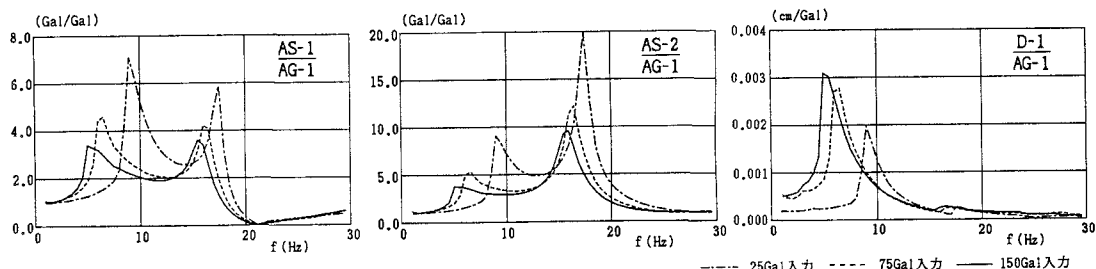


図2 基盤加速度(AG-1)に対するフーチング加速度(AS-1)、上部工加速度(AS-2)、地盤相対変位(D-1)の周波数応答関数

図3は中央部杭の曲げひずみの周波数応答関数であり、杭の深さ方向の曲げひずみの変化を検討したものである。杭の曲げひずみ応答に関して、本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 入力最大加速度の増加に伴い、地盤の非線形応答の影響により曲げひずみ応答のピークは低振動数側に移行する。特に、杭頭部においては地盤の非線形性の程度が大きくなるに従って、杭の曲げひずみ応答が増大する傾向が見られ、150Gal入力による杭頭部の最大曲げひずみ(1.95 μ /Gal)は25Gal入力の場合(1.25 μ /Gal)の約1.5倍になっている。
- (2) 地盤震動が卓越する10Hz以下の振動数領域では、杭の曲げひずみは杭頭部と杭先端部で大きく杭中間部で小さい。また、この振動数領域では地盤変形のため杭先端部の曲げひずみは杭頭部より大きく、特に地盤の卓越振動数以下の領域では杭先端部の曲げひずみは杭頭部の約2倍程度大きい。
- (3) 上部工と杭・地盤系の連成振動数16Hz付近の振動数領域においては、杭頭部の曲げひずみは杭先端部より大きく、上部工の慣性力が杭先端部に及ぼす影響は小さいことが確認できる。
- (4) 図2に示した地盤相対変位(D-1)の周波数応答関数と図4の杭頭部の曲げひずみ(S-1)の周波数応答関数との対比から、入力最大加速度の大きさに伴って地盤の非線形性の程度が増大するにも拘らず、両者の比に顕著な差異は見られない。

また、図4は地盤の非線形地震応答による卓越振動数(25Gal入力:9.0Hz、75Gal入力:6.5Hz、150Gal入力:5.0Hz)における、杭の曲げひずみ分布と地盤の変位分布を対比したものである。図において、地盤の変位分布の増大に伴い杭の曲げひずみ分布も大きくなっており、地盤の非線形地震応答が杭の全長にわたって大きな影響を及ぼしていることが分かる。さらに、杭の曲げひずみの分布形状は入力最大加速度が大きくなると直線的に変化していることから、地盤の非線形性の程度の違いによって杭の変形状態が変わっていることが分かる。

4. あとがき

群杭基礎構造物模型に対する振動実験記録に基づく検討の結果、入力最大加速度の増加に伴って地盤の非線形性の程度が増大し、これにより基礎杭の曲げひずみの応答倍率も大きくなることが分かった。この結果は、地盤の地震時挙動が基礎杭の耐震性に及ぼす影響に関して弾性状態と非線形状態で大きく異なることを示唆するものであり、杭基礎の耐震設計を行う上で、この点について十分留意する必要があると考えられる。

<参考文献>

- (1) 田蔵、佐藤、清水、社本、石川：地盤の非線形応答に伴う群杭基礎構造物の動的応答特性に関する一考察、土木学会第43回年次学術講演会、1988年10月。

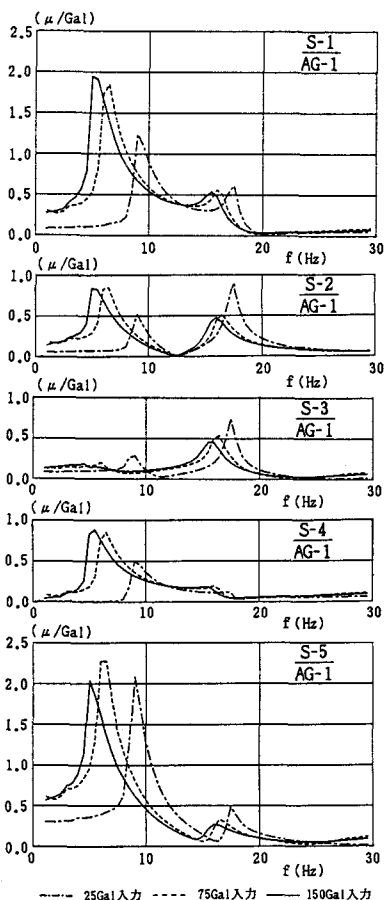


図3 杭の曲げひずみの周波数応答関数

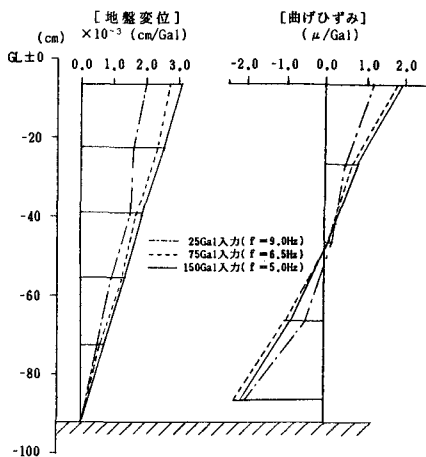


図4 地盤の卓越振動数における地盤変位分布と杭の曲げひずみ分布の対比