

B-41

## 地盤—杭基礎系モデルの振動台実験時における自由地盤の振動特性

### Experimental Study on the Dynamic Characteristics of Free Field during Shaking Table Tests for Soil-Pile foundation System

○石原和馬<sup>1</sup>, 小倉悠平<sup>1</sup>, 仲村成貴<sup>2</sup>, 新井寿昭<sup>3</sup>, 高橋孝二<sup>4</sup>

\*Kazuma Ishihara<sup>1</sup>, Yuhei Ogura<sup>1</sup>, Masataka Nakamura<sup>2</sup>, Toshiaki Arai<sup>3</sup>, Koji Takahashi<sup>4</sup>

A soil-building model was installed within a shear tank, and vibration was applied using a model shaking table. Measurements were taken using accelerometers. The characteristics of the ground where the experiment was conducted were investigated.

#### 1. はじめに

地震後も建物を継続使用していくためには杭基礎の状態を適切に把握しておく必要がある。平成7年(1995年)兵庫県南部地震, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震, 平成28年(2016年)熊本地震などの大規模地震では, 建物の損傷が軽微であっても杭の損傷により取り壊しを余儀なくされた事例が繰り返し報告されてきた。一般に建物の状況調査に適用される目視観察では, 上部構造物の確認は比較的容易であることに対して, 杭体の確認は容易ではない。そこで, 著者らは振動モニタリング手法により杭体の損傷程度を把握できるシステムの開発を目指して, 実験や解析による検討を開始した。本研究では, 杭基礎の損傷程度とモニタリング指標との関連を実験的に検討するために実施したせん断土槽を用いた模型振動台実験について, 模型地盤の振動特性について検討することを目的とする。

#### 2. 実験概要

##### 2.1 せん断土槽および振動台

振動台にせん断土槽を設置した様子を Photo 1(1)に示す。せん断土槽は内径 1,203 mm の円形フレームの層間にベアリングを介した 23 段で構成されており, 各層の高さは 50 mm, 土槽高さの総計は 1,207 mm である。各層における水平方向の許容変形はそれぞれ 10 mm で, 全体として最大 230 mm である。土槽内部には水密性を確保するためのゴムメンブレンが取り付けられている。振動台については, 加振テーブルの寸法が 5.5×5.5 m, 搭載重量が定格 30 ton (最大 65 ton), 稼働方式は油圧サーボ方式で, 加振可能な周波数範囲は DC~50 Hz である。

##### 2.2 地盤模型

地盤材料には豊浦標準砂を使用した。Photo 1(2)に表層地盤の様子を示す。空中落下法により模型地盤の地盤高さを総計 904 mm (表層 749 mm, 支持層 154 mm), 相対密度  $D_r$  は表層地盤 56%, 支持層 82% で作製した。地盤の固有振動数は 20 Hz を目指した。Figure1 の数値に関しては目標値である。地盤の作製手順として, 治具を用いて杭が動かないように固定してから, ホッパーを用いて気乾状態の豊浦標準砂を落下させ, 土槽内に模型地盤を作



(1) Shear soil tank and Vibration table (2) Ground surface  
Photo 1. Experimental apparatus

Table 1. Accelerometer profile

型番	定格容量	応答周波数範囲	質量
ASW-5A(株式会社共和)	±9.807 ~ 196.1 m/s <sup>2</sup>	DC ~ 100 Hz	40 g

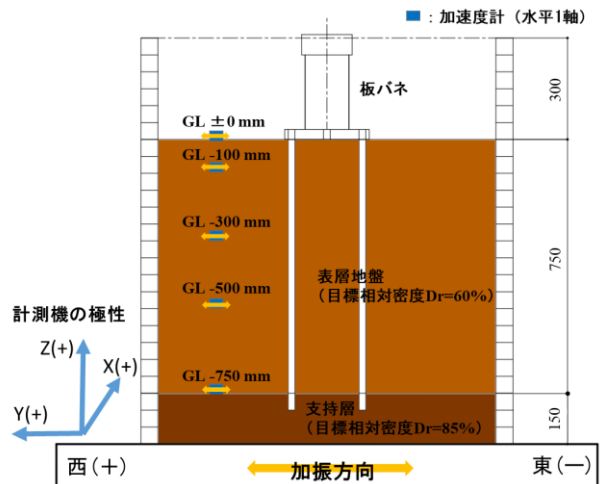


Figure 1. Measurement points in the soil layer

製した。約 150 mm の高さまで模型地盤を作製した後に平滑となるように均し、地盤高さを計測することにより地盤の相対密度を算出した。必要に応じて棒状パイプレータを用いて締固めを実施し、100 mm ごとに相対密度を調節しながら表層 900 mm まで作製して表層地盤を成形した。地盤作製後に、杭が動かないように慎重に杭の固定治具を取り外してからボルトを用いてフーチングと剛接合した。

### 2.3 計測器と加振方法

本実験では加速度計、変位計、ひずみゲージ、傾斜計、ジャイロセンサといった様々なセンサを用いて計測した。本稿では地盤中に設置した加速度計 (Table 1) に注視する。Figure 1 に地盤内に設置した加速度計の設置位置を示す。加振波はホワイトノイズ波、設計用地震告示波 L2、能登半島地震波の 3 種類とした。加振時間はホワイトノイズ波で 95 秒、相似則に従って告示波 L2 で 20 秒、能登半島地震波で 25 秒とした。加振方向は水平一方向 (Y 軸方向) のみとした。Table 2 に本実験で行った加振順序を示す。板バネは建物模型の柱部であり、厚さ 2 種類 (3.3 mm と 5.2 mm) に対して計 7 回の加振を行った。

### 3. 実験結果

GL-750 mm を基準としたときの各深度 (GL-0, -100, -300, -500 mm) に対するアクセラランス伝達関数の振幅を Figure 2 に示す。伝達関数の推定にあたっては Hv 推定<sup>[1]</sup>を適用し、パワー・クロススペクトル段階でバンド幅 1.0 Hz の Parzen ウィンドウ処理を施した。伝達関数のピーク振動数は、ホワイトノイズ波 (W-1,2,3,4,5,6) では概ね 25 Hz で一定であった。告示波 L2 の 1 回目は 16.7 Hz、2 回目は 15 Hz、能登半島地震波では 18 Hz であり、いずれもホワイトノイズ波と比べて低く得られた。また、ピーク振動数での振幅に基づく増幅率は、ホワイトノイズ波に比べて L2 告示波と能登半島地震波で小さく得られた。

### 4. おわりに

振動台実験における模型地盤の振動特性を検討した結果、伝達関数のピーク振動数は、ホワイトノイズ波では実験回によらず一定であるものの、告示波 L2 と能登半島地震波では低下した結果を得られた。増幅率も入力波によって異なる結果が得られた。

#### 参考文献

- [1] 仲村成貴, 鈴木順一, 花田和史:「雑音が含まれる計測系の周波数応答関数推定法」, 構造工学論文集, Vol.52A, pp.219-226, 2006.

Table 2. Input wave

板ばね厚 (mm)	加振種類	実験名
3.3	ホワイトノイズ	W-1
	ホワイトノイズ	W-2
	告示波L2	R-1
	ホワイトノイズ	W-3
5.2	ホワイトノイズ	W-4
	告示波L2	R-2
	ホワイトノイズ	W-5
	観測波(能登)	N-1
	ホワイトノイズ	W-6

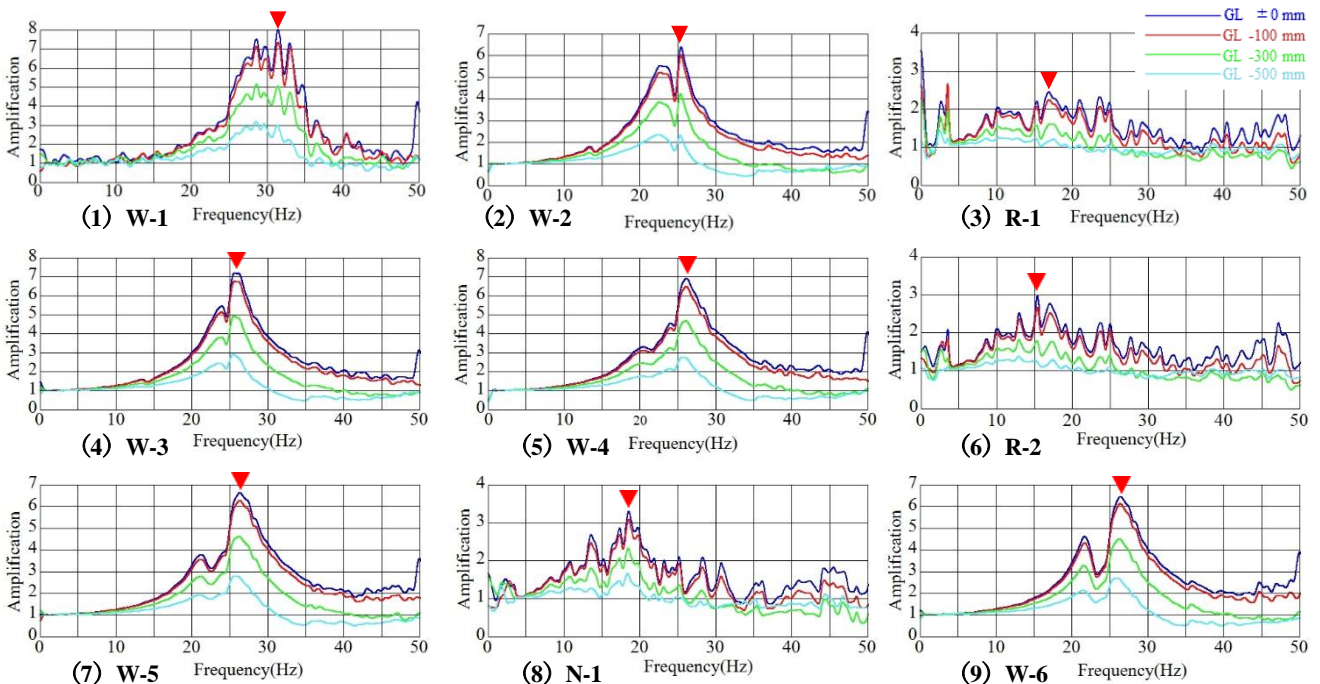


Figure 2. Transfer function at each test