

## 小径杭の動的水平載荷試験結果に基づく大径杭の水平荷重 - 変位関係の予測の試み

正会員 小嶋 英治\*  
 正会員 松本 樹典\*\*  
 正会員 Kitiyodom Pastsakorn\*\*

杭 水平載荷 動的  
 静的 荷重 - 変位関係 事例

## 1. はじめに

杭基礎の設計においては、大変形に至るまでの、単杭の水平荷重 - 変位関係を把握することが必要である。しかし、費用、工期、および本杭自体の損傷を考慮すると、本杭を用いて、大変形までの水平載荷試験を行うことは、実務上難しい。

そこで、著者らは、同一地盤で小径の捨杭と大径の本杭を互いに反力杭とし、同時に 2 本の杭の載荷試験を行う試験方法を開発している。この方法によって、小径杭では、大変形に達するまでの水平載荷試験を行うことができる。ただし、本杭では、弾性範囲内の試験に留めることとする。小径杭の試験結果から解析的に大径杭の大変形に至るまでの挙動予測を行うことを試みている。

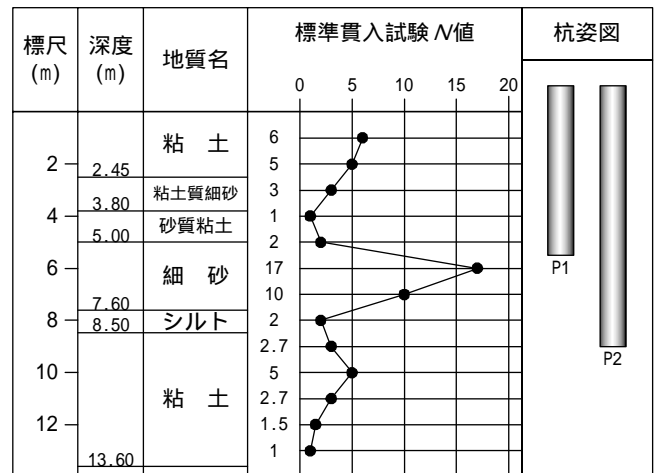
本研究では、杭径と長さが異なる 2 本の鋼管杭の動的および静的水平載荷試験を、それぞれ独立に行った。まず、小径杭の動的水平載荷試験を行い、その結果に基づいて大径杭の動的および静的挙動の予測を試みた。予測の妥当性を検討・考察するため、実際に大径杭の動的および静的水平載荷試験を実施し、予測結果と比較した。

## 2. 試験地盤と試験杭

試験は、埼玉県川越市において実施した。図 1 は、試験地盤の柱状図と  $N$  値の深度分布である。深度 5m から 7m に  $N$  値が大きな細砂層が存在するが、深度 14m までは、粘土が主体的な地盤である。この地盤に 2 本の先端閉塞鋼管杭 (P1 杭と P2 杭) を、プレボーリング埋込み工法で打設した。表 1 に試験杭の諸元を示す。P2 杭の杭径は 500 mm であり、P1 杭の杭径は 600 mm である。以後、本稿では、P2 杭を小径杭、P1 杭を大径杭と称する。

表 1 試験杭の諸元

|                         | P1 pile<br>(大径杭)   | P2 pile<br>(小径杭)   |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| 長さ (m)                  | 6.5                | 10.0               |
| 根入れ長さ (m)               | 5.4                | 8.9                |
| 外径 (mm)                 | 600                | 500                |
| 板厚 (mm)                 | 9                  | 9                  |
| ヤング率 (kPa)              | $2.06 \times 10^8$ | $2.06 \times 10^8$ |
| 密度 ( $\text{ton/m}^3$ ) | 7.8                | 7.8                |

図 1 試験地盤の柱状図と  $N$  値の深度分布

## 3. 試験装置、試験方法および試験手順

動的水平載荷試験では、質量 0.96 ton の鉄製ハンマーを杭頭から 250 mm の位置に衝突させて、動的載荷を行った。ロードセルで水平載荷荷重を、変位計によって載荷位置の水平変位を、圧電型加速度計によって加速度を、 $15 \mu\text{s}$  間隔で測定した。

P1 杭および P2 杭とも、最初に動的載荷試験を実施し、その後、段階載荷方式および連続載荷方式の静的載荷試験を行った。

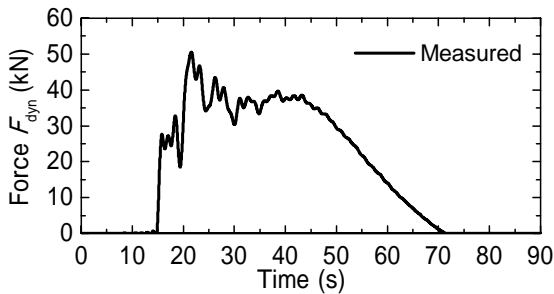
## 4. 水平試験結果と予測結果

## 4.1 小径杭の試験結果

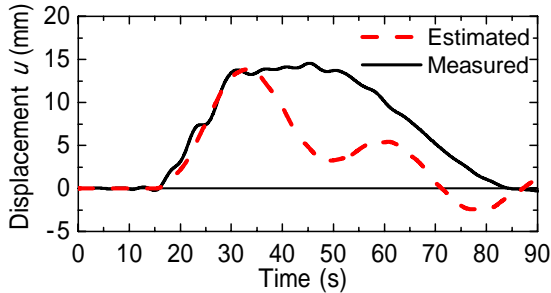
図 2 に、小径杭の動的載荷試験結果とマッチング計算結果を示す。水平載荷継続時間は、約 55ms となった。この測定水平荷重を入力条件として、参考文献 1) に示したプログラムを用いてマッチング解析を行った。図 2(b) に、測定および計算水平変位を示す。計算による水平変位は、立ち上がり部分および最大変位量は、測定値とよく一致した。表 2 は、マッチング解析で用いた地盤パラメータである。解析によれば、深さ 1m 以深では、弾性範囲内に留まった。表 2 の地盤パラメータを用いて、静的な水平荷重 - 変位関係を計算し、それを連続載荷静的載荷試験と比較した (図 3)。計算結果は、載荷段階の実測結果とよく一致した。

Attempt to predict the load-displacement relationship of the pile in a large diameter based on the dynamic load tests in a lateral direction of another pile in a small diameter

Kojima Eiji, Matsumoto Tatsunori, Kitiyodom Pastsakorn



(a) 測定水平載荷荷重



(b) 測定および計算水平変位

図2 小径杭の動的載荷試験結果とマッチング計算結果

表2 マッチング解析で用いた地盤パラメータ

| 深さ (m) | せん断剛性 $G$ (kPa) | ポアソン比 | 最大水平地盤抵抗 $q_h$ (kPa) |
|--------|-----------------|-------|----------------------|
| 0 ~ 1  | 1539            | 0.3   | 5                    |
| 1 ~    | 1539            | 0.3   | 弾性範囲                 |

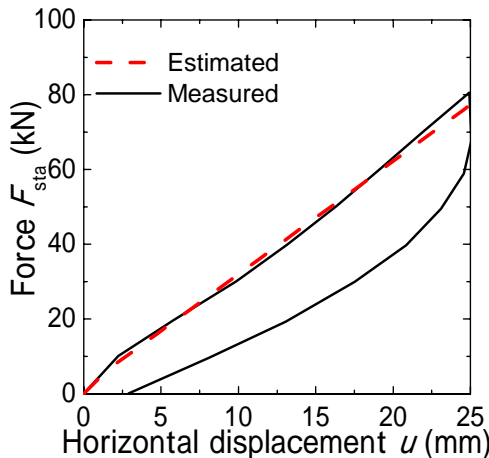
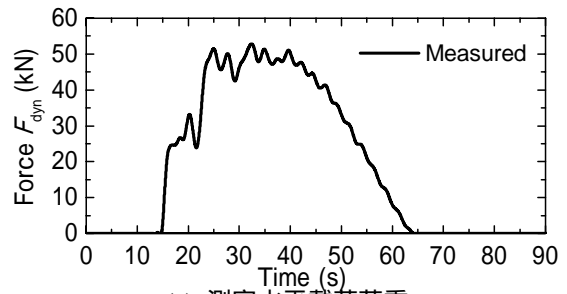


図3 小径杭の静的載荷試験結果と計算結果

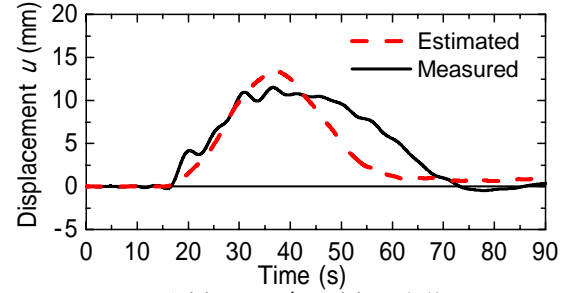
#### 4.2 大径杭の予測結果と実測結果

小径杭の動的水平載荷試験から求めた地盤パラメータを、そのまま大径杭に適用し、その挙動を予測した。動的挙動の予測に当たっては、図4(a)に示す測定水平載荷荷重を用いて、波動解析を行った。図4(b)に示すように、動的載荷試験における水平変位の予測結果は、実測結果とよく対応した。

図5は、静的連続載荷試験の予測および実測結果の比較である。予測結果は、実測の水平変位を多少安全側に評価している。



(a) 測定水平載荷荷重



(b) 測定および予測水平変位

図4 大径杭の動的載荷試験結果と予測結果

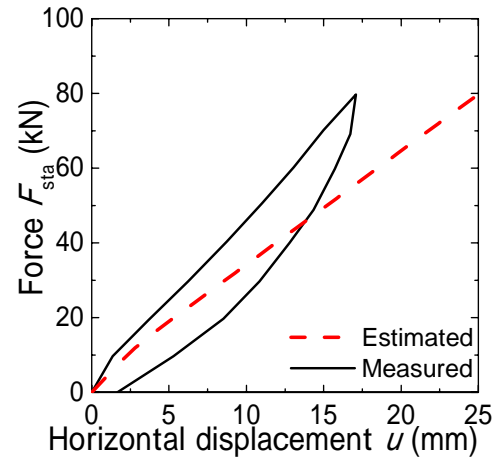


図5 大径杭の静的載荷試験結果と予測結果

#### 5. おわりに

著者らが現在開発している、同一地盤で小径の捨杭と大径の本杭を互いに反力杭とし、同時に2本の杭の載荷試験を行う方法とその実大杭への適用結果を報告した。ただし、動的水平載荷試験の波動解析においては、除荷時の地盤ばね特性に、実測から得られた特性を表現できるモデルを導入する必要がある。今後、事例を増やすことで、試験方法の精度向上および試験方法の確立を目指す予定である。

#### 参考文献

- 1) 松本樹典, Kitiyodom P., 小嶋英治(2005): 鉛直および水平方向の動的・静的杭載荷試験解析プログラムの開発, 2005年度日本建築学会大会学術講演梗概集.
- 2) 小嶋英治, 熊谷裕道, 松本樹典, Kitiyodom P. (2005): 杭の動的水平載荷試験システムの開発(その1), 第60回土木学会年次学術講演会.
- 3) 熊谷裕道, 小嶋英治, 松本樹典, Kitiyodom P. (2005): 杭の動的水平載荷試験システムの開発(その2), 同上.