

既存杭を含む敷地における建築物の設計法構築に向けた実験および解析検討  
その4：既存杭撤去地盤における水平載荷試験

正会員 ○青木 雅路\* 同 柏 尚稔\*<sup>2</sup>  
同 喜々津仁密\*<sup>2</sup> 同 横山 雅樹\*<sup>3</sup>  
同 亀井 秀一\*<sup>4</sup> 同 森 利弘\*<sup>5</sup>

既存杭撤去 流動化処理土 既製杭  
水平載荷試験 砂地盤

1. はじめに

本報(その4)では、既存杭撤去に伴う杭の水平抵抗への影響を評価するために行った同一地盤での既存杭撤去の有無を考慮した水平載荷試験結果について報告する。

2. 試験杭の水平載荷試験の概要

試験杭の仕様と施工法、試験の手順は(その2)<sup>1)</sup>に示したとおりである。主な手順を示すと、試験杭1は原地盤に杭を施工し、水平載荷試験を実施した。試験杭2は、①原地盤に杭を施工(埋込み杭工法)、②4週間経過後その杭を撤去、③同じ中心位置に新設杭を施工(埋込み杭工法)、④4週後水平載荷試験を実施した。

水平載荷試験は、杭の水平載荷試験方法(JGS 1831-2010)に基づき計画・実施した。変位サイクルを図1に示す。変位制御で行い、5サイクルで載荷した。各最大変位は図中に示したとおりである。載荷速度は増加時3分保持、減少時1分保持、ゼロ荷重時3分保持で行った。

測定内容を表1に示す。主な測定項目は、載荷荷重、杭頭部水平変位・傾斜、杭体ひずみである。杭頭部変位は、加力点(地表面+300mm)と地表面+100mmで測定した。なお、地表面は、載荷試験時に約1.0m掘り下げた地盤である。杭体ひずみ-杭体応力関係は、事前に気中で曲げ試験(キャリブレーション)にて確認した。

3. 水平載荷試験結果と考察

3.1 杭頭水平変位と荷重関係

杭頭荷重と加力点水平変位の関係を図2に示す。第5サイクル変位100mm載荷時の荷重は、試験杭1で854kN、試験杭2で907kNであった。その後除荷し残留変位は、試験杭1で42.64mm、試験杭2で40.03mmであった。

3.2 地盤面変位と逆算 kh 値曲線

杭頭荷重と杭頭変位量関係から、Chang 式により求めた地盤反力係数 kh (以下、逆算 kh と呼ぶ)と地盤面変位との関係を図3に示す。図中には、累乗近似曲線とそれから求められる基準地盤反力係数 kh0 も示す。近似関数の指数は、-0.51と-0.61で  $1/\sqrt{y}$  に近い値になっている。kh0 は、試験杭2の方が試験杭1よりやや大きい値であった。

3.3 各深度の変位分布及び基準地盤反力係数

各深度のひずみ測定値より、数値積分で求めた深度方向の水平変位分布を図4に示す。ひずみ値から応力・変位

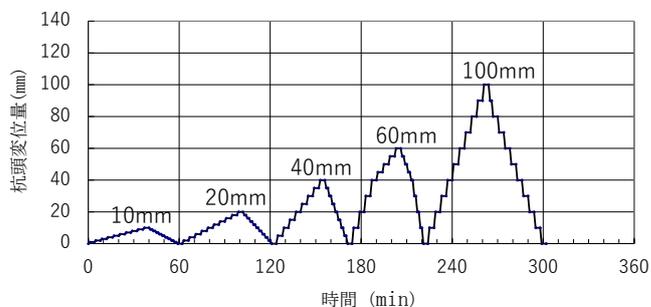


図1 水平載荷試験の変位サイクル図

表1 測定内容一覧

位置	測定項目	測定装置	点数
試験杭	載荷荷重	油圧ジャッキ、ロードセル、圧力変換機	各1点
	杭頭部水平変位	加力点：地表面+300 地表面+100mm	1点 2点
	杭頭部傾斜角	傾斜計	1点
	直交方向変位	変位計	1点
	杭体ひずみ	ひずみ計	16断面/各2点
反力杭	水平変位	変位計	各2点

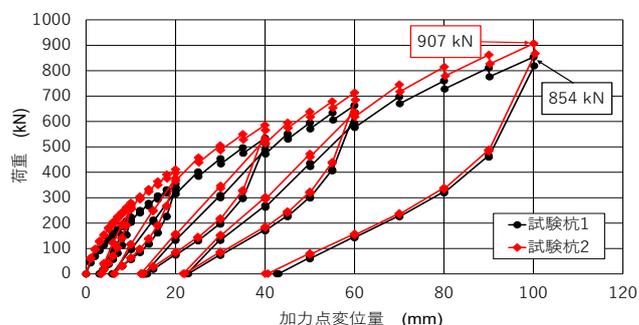


図2 杭頭水平荷重と加力点水平変位

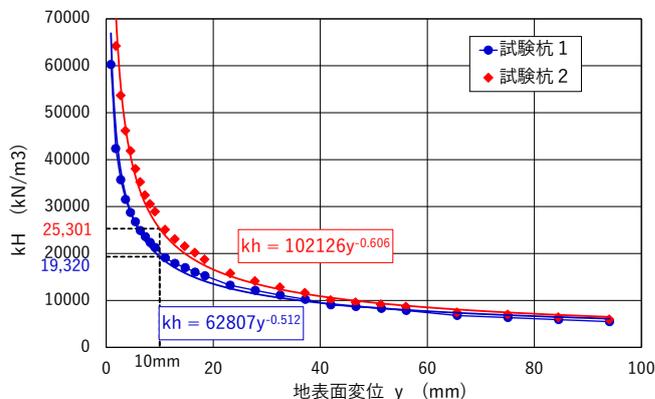


図3 地盤面変位と逆算 kh 値曲線

の算定に当たっては、測定時のばらつきを考慮して各深度の両側ひずみ測定値の絶対値を平均して5次の多項式で近似した値を用いている。同図より、表層から4m位までの地盤ではほぼ抵抗していることが判る。

測定ひずみとキャリブレーション結果を考慮して設定した杭体EIを用いて求めた曲げモーメントを2回数値微分して求めた地盤反力分布と各深度の水平変位10mmとの関係から求めた $kh_0$ の深度分布を図5に示す。同図には、図3で示したChang式により求めた $kh_0$ も示す。Chang式の逆算 $kh$ は、深さ方向に一定でかつ地表面変位10mmの逆算である。また、逆算特性値 $\beta$ が地表面変位10mmで0.3程度であったことから、4mの範囲の値として記載した。表層4mは、N値7程度の細砂である。700Nから算出される $kh_0(16,200\text{kN/m}^3)$ と平均的には同等であった。

ひずみ分布から求めた各深度の $kh_0$ は、3m以深では試験杭1の方が試験杭2より大きい、それより表層では試験杭2の方が大きい傾向があることが判る。

### 3.4 試験杭の杭頭部掘出し調査と考察

試験終了後に、地表面からさらに1m掘り下げて試験杭1、2の杭頭周辺地盤の調査を行った。試験杭1では杭体の周囲に固化した杭固定液が確認された。試験杭2はさらにその外側に既存杭撤去時の埋戻し材である固化した流動化処理土が確認された。試験杭2の状況を写真1に示す。試験杭1は同写真の流動化処理土が無い状況であった。試験杭1、2とも杭固定液径は掘削径800mmと同程度であった。試験杭2には、その外側に固化した流動化処理土があり $\phi 1000\text{mm}$ 程度となっていた。ただし、写真で分かる通り、その厚さは場所によりかなり異なる。

本試験では、調査結果①②と考察③が考えられる。

- ①表層地盤のN値は10以下で、既存杭撤去に伴う周辺地盤の剛性低下が絶対値としては小さかった<sup>2)</sup>。
  - ②表層が緩い砂地盤のため既存杭撤去時に周辺地盤の崩壊部があり<sup>1)</sup>、その部分が固化して試験杭2では見かけの杭径が大きくなり、水平抵抗の増加に繋がった。
  - ③杭施工時に周辺地盤が少し緩む可能性があるが、既存杭撤去地盤でその外側全体に固化した埋戻し材がある場合はその緩みが小さくなる可能性がある。
- 以上の①②③より、撤去地盤の方の水平抵抗がやや大きくなったものと考えられる。

### 4. まとめ

既存杭撤去位置に施工した杭の水平載荷試験結果を原地盤での試験結果と比較で示した。既存杭撤去地盤の水平抵抗は、原地盤よりやや大きい値であった。地盤調査と杭頭掘出し調査結果から、既存杭撤去地盤の水平抵抗

は、原地盤とは異なる地盤条件・施工条件を考慮する必要があることが判った。今後は、各種地盤条件に対する検討が必要であるものと考えられる。

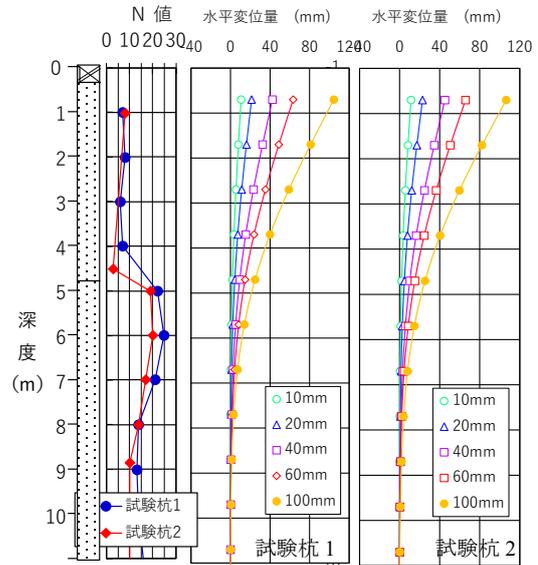


図4 各荷重段階の水平変位分布図

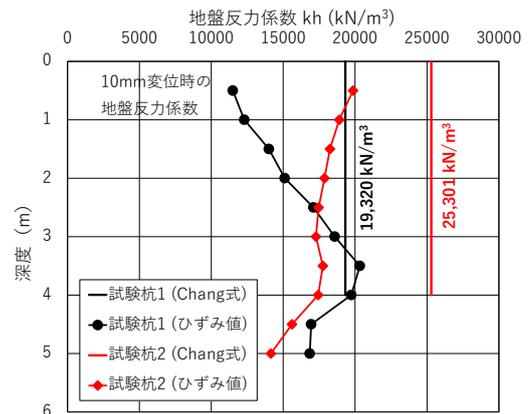


図5 地中水平変位10mm時の地盤反力係数



写真1 試験杭2の杭径調査

【参考文献】1)横山雅樹他：既存杭を含む敷地における建築物の設計法構築に向けた実験および解析検討（その2）日本建築学会学術講演梗概集，2021年（投稿中），2）遠藤正美他：既存杭撤去・埋戻しに伴う周辺地盤への影響（緩み）に関する研究（その4），日本建築学会学術講演梗概集，2021年（投稿中）

\*1 竹中工務店，\*2 国土技術政策総合研究所，\*3 三谷セキサン，\*4 地盤試験所，\*5 熊谷組

\*1 Takenaka Corporation，\*2 National Institute for Land and Infrastructure Management，\*3 MITANI SEKISAN Co.,Ltd.，\*4 JIBANSHIKENJO Co., Ltd.，\*5 KUMAGAIGUMI Co., Ltd.