

基礎及び敷地に関する基準の整備における技術的検討  
(その2) 杭の長期水平抵抗力特性に関する検討

正会員 ○久世 直哉\*<sup>1</sup> 正会員 塚田 義明\*<sup>4</sup>  
 正会員 末政 直晃\*<sup>2</sup> 正会員 中山 雄貴\*<sup>5</sup>  
 正会員 井上 波彦\*<sup>3</sup> 正会員 二木 幹夫\*<sup>1</sup>

杭 水平抵抗力特性 クリープ

1. はじめに

擁壁の基礎に杭を利用することにより、擁壁およびその周囲に建つ住宅の沈下・傾斜を抑制する効果が既往の文献<sup>1)</sup>により報告されている。しかし、常時土圧を受ける場合における杭の水平抵抗力特性に関する知見が少なく、課題となっている。そこで、本報では、荷重保持に伴う水平変位の増加割合及びクリープ破壊発生時の水平抵抗力特性を把握するため、杭の長期水平載荷試験を実施した結果について示す。

2. 試験条件

水平載荷試験に使用した試験体は、直径 165.2mm、厚さ 7.1mm、材質 STK490 の鋼管杭とし、プレボーリング工法によって施工した。また、試験場所は、茨城県稲敷郡美浦村(以下、現場①)および茨城県つくば市立原(以下、現場②)の2現場とした。現場①は沖積粘性土を、現場②は洪積粘性土を主体とした地盤である。これらの現場における柱状図及び試験体位置を図1、2に示す。

3. 試験方法および結果

(1) 試験方法

a) 載荷装置

載荷装置図を図3に示す。長期間に渡って安定した水平力を作用させるため、ワイヤを介しておもりの重量を水平力として杭に与える機構とした。

b) 載荷荷重

載荷荷重一覧を表1に示す。

表1 載荷荷重一覧

試験現場	載荷荷重	条件
①	4.5 kN	予備
	18.7 kN	地盤の長期許容変位(y=15mm) 極限水平抵抗(Qu)の1/3
	34.0 kN	杭体の長期許容曲げモーメント(Mal)
	56.1 kN	極限水平抵抗(Qu)の3/3
②	5.0 kN	予備
	13.8 kN	極限水平抵抗(Qu)の1/3
	24.0 kN	地盤の長期許容変位(y=15mm)
	33.8 kN	杭体の長期許容曲げモーメント(Mal)
	41.4 kN	極限水平抵抗(Qu)の3/3

c) 測定項目

測定項目は、載荷荷重、試験体の変位・ひずみ、温度とした。載荷荷重は、試験体とワイヤの間に設置したロードセルにより測定した。また、高感度変位計を鉛直及び水平2方向、ひずみゲージを試験体深度方向に7箇所、熱電対を地表面及び試験体深度方向に4箇所、設置した。

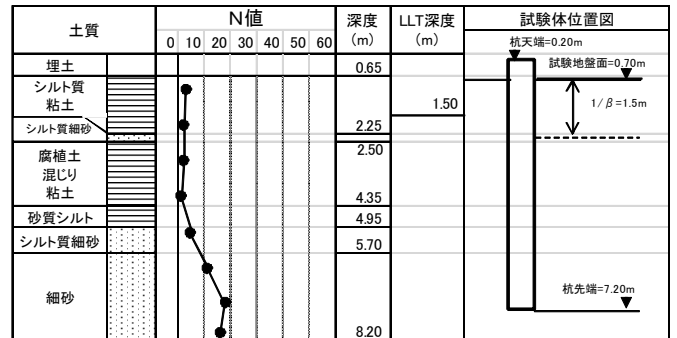


図1 現場①における柱状図及び試験体位置図

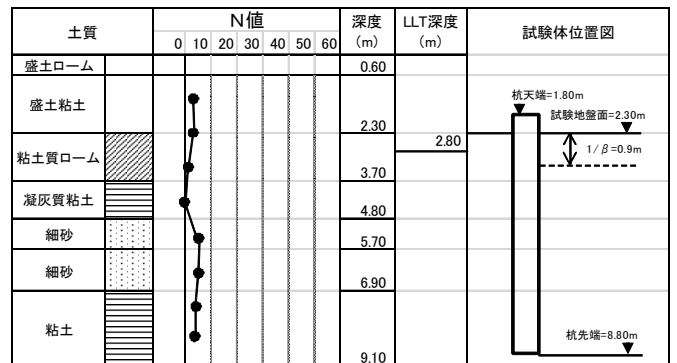


図2 現場②における柱状図及び試験体位置図

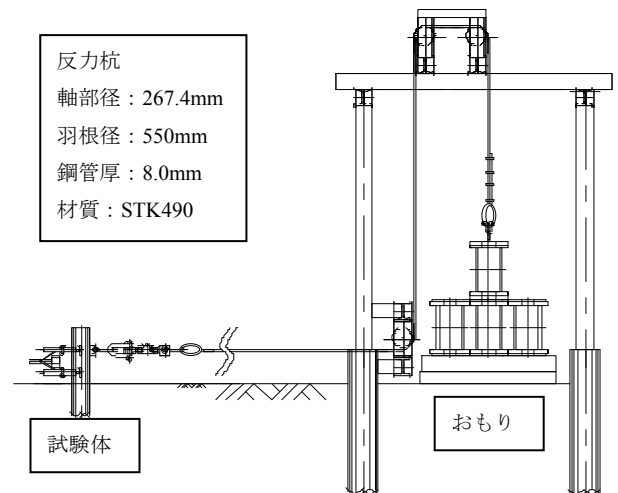


図3 載荷装置(断面図)

(2) 試験結果

a) 荷重保持による水平変位の増加について

水平荷重(H)と水平変位(y)の関係を図4に、水平変位の増分( $\Delta y$ )と保持時間( $\Delta t$ )の関係を図5に、変位速度( $y/t$ )と保持時間( $\Delta t$ )の関係を図6にそれぞれ示す。

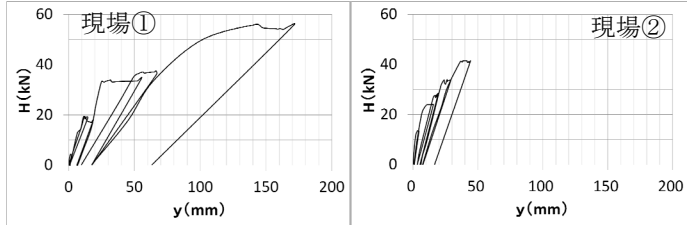


図4 水平荷重 (H) -水平変位 (y) 関係図

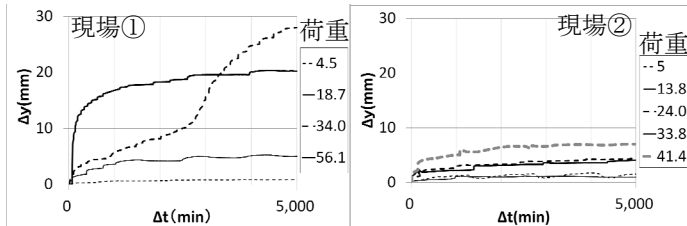


図5 水平変位の増分 ( $\Delta y$ ) -保持時間 ( $\Delta t$ ) 関係図

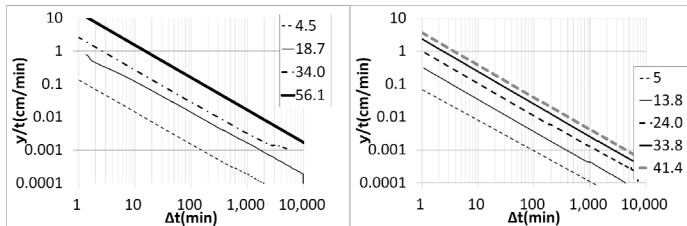


図6 変位速度 ( $y/t$ ) - 保持時間 ( $\Delta t$ ) 関係図

荷重保持により、水平変位量が増加しており、その増割割合は、概ね荷重の大きさに比例していることが確認された。また、既往の文献<sup>2)</sup>において変位の収束と見なすことができるとされている保持時間4,320分(3日間)到達時における水平方向地盤反力係数(kh)は、荷重保持直後に比べて、53~86%程度に低下した(図7参照)。なお、現場①・荷重34.0kN時においては、変位が急増しており、クリープ破壊が生じた可能性があるため、これについては、次項で考察を示し、ここでは、この条件以外の結果について述べている。

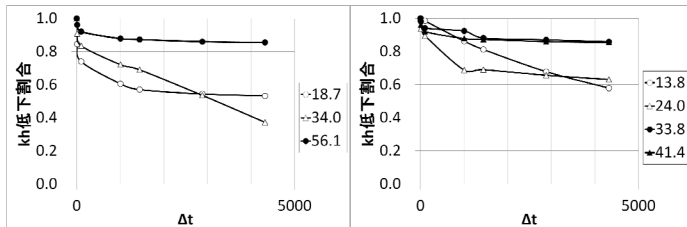
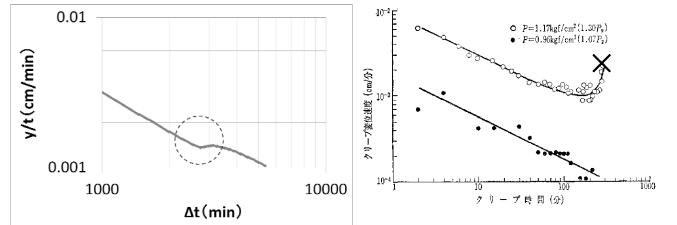


図7 保持時間 ( $\Delta t$ ) - kh 低下割合関係図

b) クリープ破壊について

現場①・荷重34.0kN時において、変位の急増が確認された。この場合における結果の詳細を図8(a)に、既往の文献<sup>2)</sup>において、孔内水平載荷試験でクリープ破壊が確認された場合の結果を図8(b)にそれぞれ示す。



(a) 現場①・荷重34.0kN時 (b) クリープ破壊の例<sup>2)</sup>

図8  $y/t$ - $\Delta t$  関係図

変位が急増し始めた付近(図5参照)において、変位速度の上昇が図8(a)に示すとおり確認され、クリープ破壊の兆しであると考えられたが、その後、変位速度は再び減少し、変位の増加も緩やかとなり、結果として、クリープ破壊は、確認されなかった。ここで、杭体の曲げひずみ分布と水平方向地盤反力(p)分布を図9に示す。

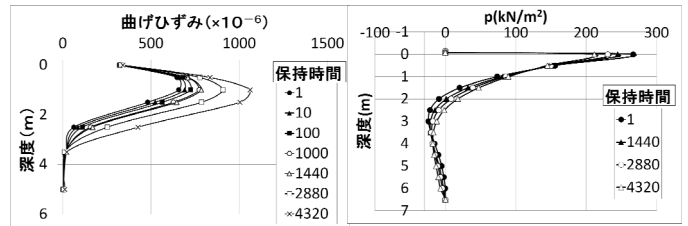


図9 曲げひずみ分布及びp分布

図9から、荷重保持時間の増加に伴い、杭体の曲げひずみは増加し、pの分布は下方に移行し、その最大値は低下したことが確認できた。よって、地盤の水平力負担範囲の変化及び地盤への最大圧力の低下等が明らかなクリープ破壊が生じなかった要因であると推察される。

4. まとめ

本報では、長期に渡って杭に水平力をさせた場合の水平変位量の増割割合及びクリープ破壊らしき挙動発生時における杭の水平抵抗力特性の把握を行った。今後は、設計時におけるkhの低減方法や許容変位の設定方法等について調査・検討する必要があると考えられる。

なお、これらの検討は、国土交通省「平成23年度 建築基準整備促進事業」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 松下ら：基礎及び敷地に関する基準の整備における技術的検討(その5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.405-406, 2011
- 2) 中川ら：ボーリング孔内クリープ試験と地盤K値への適用, 土と基礎, 31-8, p.17-23, 1983年8月

\*1 ベターリビングつくば建築試験研究センター  
 \*2 東京都市大学  
 \*3 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
 \*4 旭化成建材  
 \*5 東京ソイルリサーチ

\*1 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living  
 \*2 Tokyo City University  
 \*3 National Institute for Land and Infrastructure Management  
 \*4 ASAHI KASEI Construction Materials Corp  
 \*5 Tokyo Soil Research Co., Ltd.