

III-B 20

掘削後の斜面近傍における杭の水平支持力に関する実験研究

東日本旅客鉄道株式会社 正○谷口善則 正 栗山道夫

日建設計中瀬土質研究所 正 片上典久 正 片桐雅明 正 斎藤邦夫

1. 概 要

都市部の開発に伴い、杭基礎を用いる既設構造物に近接して掘削工事が行われることが多い。しかし、このような条件下、すなわち杭の側方拘束が解除される場合の水平抵抗挙動については未だ疑問点が多く残されているのが実情である。

このような問題点を解決する手始めとして本研究では、砂地盤中の種々の長さを有する杭に近接させて斜面状の掘削を行なった場合の水平抵抗挙動を調べるため遠心模型実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

想定した地盤および杭の模式図を図-1に示す。この模型を1/50に縮尺して50gの遠心加速度場で実験した。

i) 模型地盤：気乾状態の豊浦砂を空中より落下させ、相対密度80～85%となるような模型地盤を作成した。

ii) 杭のモデル化と設置位置；杭は、直径1000mmの場所打ち杭を想定した。これを1/50に縮尺して用いるため、投影面積と曲げ剛性(EI)を指標に取り、表-1に示すようにモデル化した。また、杭長は、半無限長杭として換算長さ28m、斜面高さに一致する6mおよび斜面高さの1/2の3mの計3種類を設定した。なお杭のセッティングに際しては、28m杭の場合には、予め試料容器底部にクランプで固定し、他の2本の場合には、杭先端に相当する位置まで杭体の周囲に砂を堆積させた。

iii) 掘削方法：相対密度80～85%に調整した模型砂地盤の一部を所定の掘削形状に合わせ真空ポンプで吸引・整形し、ここに砂と同じ密度の液体を満たしたゴムパックを置く。掘削は、遠心加速度50gに達するのを待って、ゴムパック内の液体を遠隔操作で排出することでシミュレートした。また掘削位置は、杭の前面から3mの距離とした。

本研究に関する実験条件を取りまとめて表-2に示す。なお、表には記載していないが、模型杭にひずみゲージを接着して水平載荷試験中の変形挙動の把握も試みた。

3. 実験結果

水平地盤中並びに斜面近傍に打設された杭で水平載荷試験をおこなった場合の、荷重と変位の関係を図-2にまとめて示す。同図によると、長尺の杭ほど同一の荷重に対し水平変位が小さくなっている。またそれぞれの長さの杭について水平地盤と掘削を経験した場合の杭の荷重-変位を比較すると、水平変位が相対的

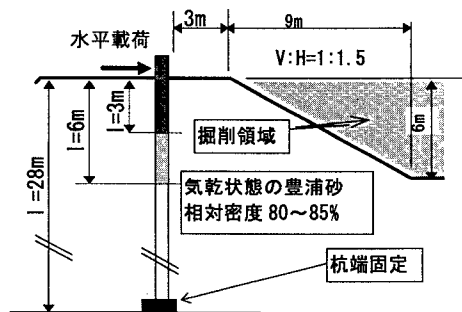


図-1 実験概要

表-1 杭条件

	実 物	模型 (1/50)
材 質	場所打ちコンクリート	鉄製プレート
弾性係数(E)	$2.7 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
形状並びに寸法	$\phi 1000 \text{ mm}$	幅 B=1000mm 高さ h=420mm (B=20mm h=8.4mm)
曲げ剛性(EI)	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$

表-2 実験条件

杭頭条件	自 由
掘削位置(L/B)	3m、水平地盤
杭長(l)	3m, 6m, 28m
載荷方法	0.6mm/min (変位制御)
載荷位置	地表面から60cm(模型で12mm)
地盤試料	豊浦砂 ($\rho = 1.58 \sim 1.59 \text{ g/cm}^3$) (Dr=80~85%)
斜面勾配	1 : 1.5 (33.6°)

に小さな領域で、両者はほぼ一致することが認められる。しかし、変形量が大きくなるに伴い、両者に明瞭な差が表れている。すなわち、28m杭では、 $\delta < 3.5\text{cm}$ 、6m杭では $\delta = 2.5\text{cm}$ 、3m杭では、 $\delta = 1.5\text{cm}$ の範囲内では、掘削の影響がないものと判断できる。

そこで、相対的に大きな杭頭変位領域、すなわち $\delta < 20\text{cm}$ までを対象にして水平载荷における杭の長さの影響を調べた結果が図-3である。なお図中の縦軸は掘削を経験した杭の杭頭荷重を水平地盤のそれで規準化してこれを杭頭の変位に対して描いている。これより、28m杭と6m杭の杭頭荷重-変位関係には、ほぼ類似の挙動が認められ、両者の水平抵抗力は水平変位 $\delta = 20$ で水平地盤中の杭の80%程度になる。一方3m杭では、水平抵抗力の低減が著しく $\delta = 5\text{cm}$ で大略25%低下する。さらに変位量が大きくなり、 $\delta = 20\text{cm}$ では、水平地盤の約60%程度になる。

以上の結果より、今回の掘削条件並びに杭の設置位置では、3m杭では掘削の影響が大きなことが指摘できる。

水平地盤における半無限長の杭の杭頭の荷重変位関係から、Changの式に基づき同地盤の地盤反力係数を逆算すると、 $k_h \approx 0.5\text{kgf/cm}^3$ であった。この値を基に、 π/β （ β は特性値）を算出すると17.8mである。この地盤反力係数が深さに関わらず一定値を示すと仮定すると6m杭と3m杭は短い杭と判断される。

図-4に斜面近傍に設置したそれぞれの長さの杭に5tfの水平荷重を杭頭に作用させた時の曲げモーメント分布を示す。

同図より3m杭は、水平载荷試験における杭に発生する曲げモーメントの分布特性から見ても剛体と判断されるような挙動している。一方、6m杭は、曲げモーメントがピーク値を示した後に零点付近まで低下しており、半無限長の杭に近い挙動を呈する。

4. まとめ

本研究により以下の知見を得た。

- ①水平地盤と掘削後の水平変位量は、変位量が相対的に小さな領域において一致するが、変位量が大きくなるに伴い、明瞭な差が表れる。
- ②掘削後の水平抵抗力は長い杭（6m、28m）では、80%程度に低下し、短い杭（3m）では低減が著しく、60%程度になる。
- ③曲げモーメント分布特性から判断すると、3m杭は剛体、6m杭は半無限長に近い挙動を示す。

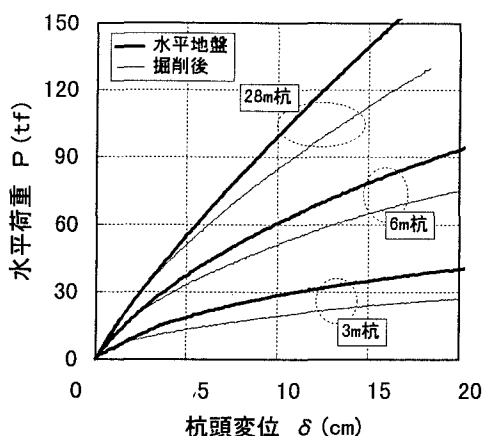


図-2 水平荷重-水平変位関係

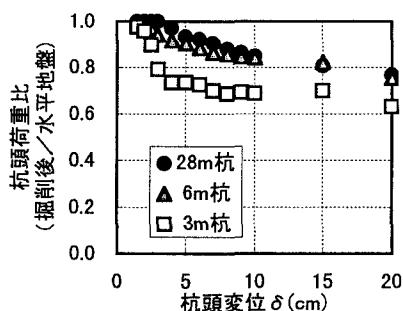


図-3 掘削に伴う水平支持力の低下

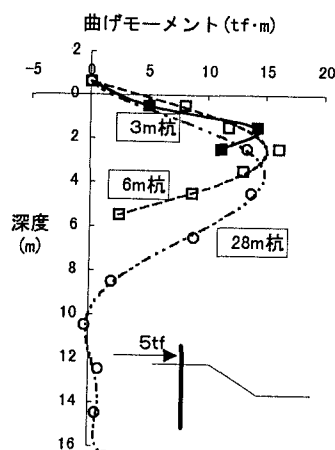


図-4 曲げモーメント分布