

III-B 19

近接掘削による杭基礎の水平抵抗に関する模型実験

東日本旅客鉄道株式会社 正○佐藤 豊 正 栗山道夫
日建設計 中瀬土質研究所 正 片上典久 正 斎藤邦夫

1. 概 要

都市開発における地下空間の利用のため、既設構造物に近接し、深い掘削を伴う事例が増加している。特に鉄道構造物は、都市部における高架構造物で杭に支持される場合が多く、杭の近傍における掘削工事においては、その影響の度合いを判断し、構造物の安全性を確保する必要がある。この点を解明するために、本研究では、砂地盤に設置された杭を用いて、掘削後の水平地盤反力係数がどの程度低下するかを調べるため、実地盤の応力状態を再現することのできる遠心模型実験手法によって求めたので報告する。

2. 実験方法

想定した地盤ならびに杭は、図-1に示すように、杭を打設した地盤前方を深さ6m、斜面勾配1:1.5で掘削した後、杭頭自由の条件下で水平载荷試験を実施した。

ただし、掘削は、掘削形状に一致させたゴム袋内に地盤と同じ密度の液体を満し、これを排出させて模している。実験は、模型を1/50に縮尺して50gの遠心加速度場で実施した。

杭は、直径1000mmの場所打ちコンクリート杭を想定し、その水平投影面積と曲げ剛性(EI)を指標にしてモデル化した。その結果、厚さHm=8.4mm×幅Bm=20mmの鉄製プレートとした。また、これには、40mm間隔でひずみゲージを接着して掘削や水平载荷に伴って発生する杭体の曲げひずみを測定できるようにしてある。杭に関する諸量を表-1に示す。

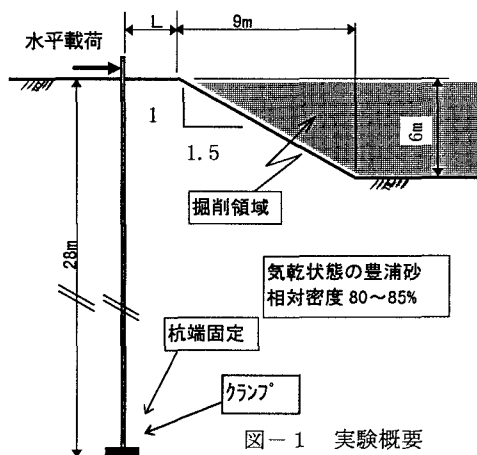


図-1 実験概要

地盤の作成は、杭端を試料容器の底にクラップで固定した後、多重ふるいを用いた空中落下法により相対密度が80～85%になるように調整した。

水平载荷試験は、杭頭を自由として0.6mm/minの変位制御で実施した。実験条件は、表-2に示す通りで水平地盤と、杭から掘削位置までの距離(L)を4カ所に変えて実施した。

表-1 杭の諸量

	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	Ba=φ 1000mm	幅 Bm=1000mm 厚さ Hm=420mm
曲げ剛性(EI)	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$	$1.3 \times 10^{12} \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$

3. 実験結果

実験の結果を以下に示す。ただし、ここに示した物理量は、相似則により実物の挙動として表現している。また、杭体に発生した曲げひずみは断面係数を乗じて曲げモーメントとして表している。

図-2に水平地盤と法肩に設置した各杭の杭頭に10tfを

表-2 実験条件

杭頭条件	自 由
掘削位置(L/B)	0, 1.5, 3, 6, 水平地盤
载荷方法	0.6mm/min (変位制御)
载荷位置	地表面から60cm(模型で12mm)
地盤試料	豊浦砂(Dr=80～85%)
斜面勾配	1:1.5 (33.6°)

載荷したときに発生した曲げモーメントの分布を示す。

杭に発生した曲げモーメントは、深さ 4m 付近で最大値を示した後 10m 付近で第一曲げモーメント零点(1m₁)を示し、それ以深ではいずれも±2tf・m の非常に小さな値を示している。杭長が 1m₁ の 1.5 倍を越えており半無限長の杭と判断できる^{*1)}。

図-3 に杭頭の荷重-変位関係を示す。同図によると、法肩 (L/B=0) 並びに L/B=1.5 では、他に比べ水平抵抗が低下することが明瞭である。しかし、L/B≥3.0 では顕著な差が認められない。

次に、水平載荷試験時の杭全体の挙動から水平地盤反力係数を詳しく見ることにする。

一般に杭の変形挙動は、(1) 式に示される微分方程式で表現される。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + Bp = 0 \dots \dots (1)$$

ここで EI は杭の曲げ剛性、B は杭幅、p は地盤反力である。

各実験で得られた曲げモーメントの分布を 6 次の多項式で近似し、2 回微分、2 回積分することで地盤反力、撓みを求めた。さらに地盤反力(p)は、深さ(x)と撓み(y)に比例の関係^{*2)}にあるという港研式の S 地盤に相当することを確認し、(2) 式の関係より各実験における水平地盤反力係数(k_h)を逆算して求めた。

$$p = k_h \cdot x \cdot y^{1/2} \dots \dots (2)$$

図-4 に掘削位置と k_h の低下の状況を示す。

同図で縦軸は、各実験で求めた k_h を水平地盤で求めた k_h で除し無次元し、また横軸は、掘削位置から杭までの距離(L)を杭幅(B)で除した L/B である。また、斜面勾配が 1:2 の斜面近傍で実施した既往の研究結果^{*3)}もあわせて示す。

法肩 (L/B=0) に設置した杭の水平地盤反力係数は、水平地盤中の杭から約 75% 低下するのがわかる。しかしながら、L/B が 6 の位置になると水平地盤の場合とほぼ等しい値を示す。

このような結果に比べ、斜面勾配を 1:2 に設定した既往の研究では、L/B≒2.5 で水平地盤と同程度の水平地盤反力係数をとっており、地盤反力係数の低下は斜面勾配も有効な要因となることが示唆される

4. まとめ

今回の実験により、以下の知見を得た。

- ①法肩ならびに法肩から杭幅の 1.5 倍の位置にある杭は水平地盤に比べ、水平抵抗が低下することが明瞭である。
- ②法肩にある杭の水平地盤反力係数は、水平地盤の杭の約 75% に低下する。
- ③斜面勾配は地盤反力係数の低下への有効な要因と考えられる。

参考文献

- *1): 単杭の横抵抗, 久保浩一, 港湾技術研究所報告, Vol. 5, No. 13, 1966
 *2): 杭の横抵抗の新しい計算法, 久保浩一, 港湾技術研究所報告, Vol. 2, No. 3, 1964
 *3): 斜面近傍の杭頭自由の長杭の横抵抗, 寺師昌明 北詰昌樹, 港湾技術研究所報告 Vol. 130 No. 2, 1991

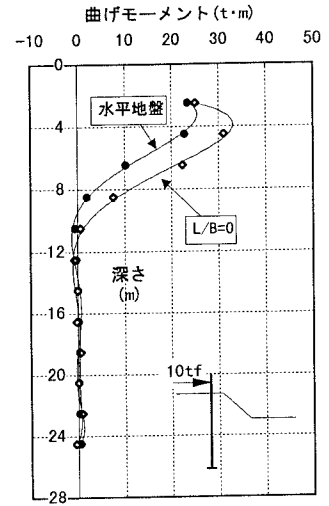


図-2 曲げモーメント分布
(杭頭 10tf 載荷時)

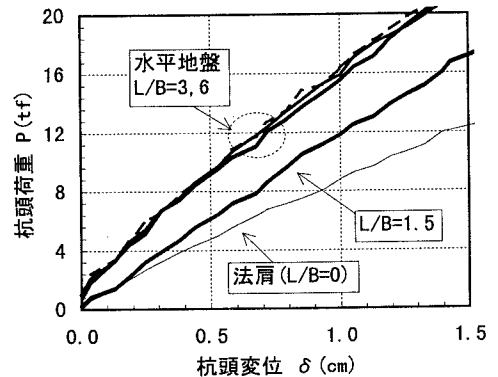


図-3 杭頭の荷重-変位関係

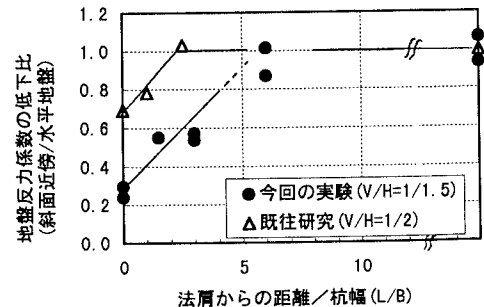


図-4 掘削位置による水平地盤反力係数の低減