

Ⅲ - B29

近接掘削による杭の変形挙動に関する模型実験

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

1.概 要

都市部における鉄道高架橋は杭基礎で支持されている場合が多いが、近年、これらの既設構造物に近接して掘削を行う工事例が増加している。掘削工事においては、杭基礎に与える影響を事前に把握し、列車の運行上の安全性や構造物の安全性を確保することが重要である。本研究では、砂地盤および粘土と砂の2層地盤に設置された杭を対象として、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により、掘削後の水平変形挙動について調べたので報告する。

2.実験方法

本研究では、水平地盤反力係数が深さに依存する砂地盤、深さに依存しない粘土と砂の2層地盤を対象にした遠心模型実験を行った。

砂地盤は、表-1のような物理特性を有する豊浦砂を用いて、杭端を試料容器の底に固定した後に多重ふるいを用いた空中落下法により相対密度80%～85%になるように調整して作成した。

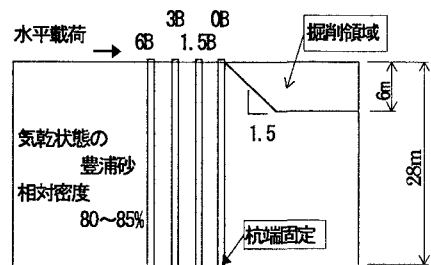
粘土層と砂層からなる2層地盤は、表-1に示す川崎粘土と豊浦砂を用いた。これは、粘土層に設置された杭について、掘削時の挙動および掘削後の水平载荷を受けた場合の挙動を詳細に把握することと、実験時間、特に圧密時間の短縮を図ろうとする2つの要件からこのような地盤とした。粘土層の厚さは、粘土層厚を変えて水平2層地盤中の杭に対する水平载荷試験を実施し、掘削深さ(6m)の2倍の12mに決定した。また、粘土地盤の作成においては、スラリー状（液性限界（ W_L ）の1.5倍の含水比）の粘土を所定の圧密圧力まで段階的に载荷し、最終荷重段階（2.2kgf/cm²およびその2倍の4.4kgf/cm²）では、3t法により圧密の終了を確認した。

杭は直径1,000mmの場所打ち鉄筋コンクリート杭を想定し、その水平投影面積と曲げ剛性($EI=1.3 \times 10^{12}$ kgf/cm²・cm⁴)を指標として1/50の縮尺でモデル化した。その結果、模型杭は厚さ($t=8.4$ mm)×幅($B=20$ mm)の鋼製プレートを使用することとした。

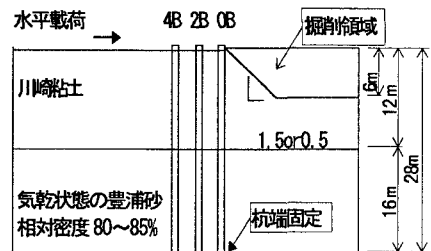
掘削の形状は、図-1に示すように、杭を打設した前方の地盤を砂地盤についてはのり面勾配1:1.5、2層地盤ではのり面勾配1:1.5と1:0.5で深さ6mの掘削とした。掘削は、掘削形状に一致させたゴム袋内に地盤と同じ密度の液体を満ち、これを排出することにより再現している。

表-1 土の物理特性値

川崎粘土	土粒子の密度(g/cm ³)	2.697
	液性限界 W_L (%)	53.3
	塑性限界 W_p (%)	29.0
	塑性指数 I_p	24.3
豊浦砂	土粒子の密度(g/cm ³)	2.652
	50%通過粒径 D_{50} (mm)	0.178
	最大乾燥密度(g/cm ³)	1.633
	最小乾燥密度(g/cm ³)	1.332



(a) 砂地盤のモデル



(b) 二層地盤のモデル

図-1 実験概要図

キーワード 杭 水平支持力 近接掘削 模型実験

東京都渋谷区代々木2丁目2-6 tel 03-5351-4735 fax 03-5351-4736

水平載荷試験は、掘削後に杭頭を自由として変位制御で地表面から0.6m(12mm)の位置に載荷した。掘削や水平載荷に伴って発生する杭体のひずみは、深さ方向に20～30mm 間隔に貼ったひずみゲージによりその値を検出した。なお、（ ）内は模型実験での数値である。

3. 実験結果と考察

水平荷重 20tf 載荷における、水平地盤と勾配 1:1.5 で掘削した場合の掘削位置と曲げモーメントの関係について、図-2に砂地盤、図-3に圧密荷重 2.2kgf/cm²とした粘土による2層地盤のものを示す。

水平地盤における最大曲げモーメントは、砂地盤が約 50tf・m 程度、粘土地盤では約 40tf・m である。その発生深さはどちらも地表から 4m 程度で発生している。最大曲げモーメントが発生する深さが同じで、その大きさは粘土地盤中の杭の方が小さくなっていることは、粘土地盤の地表面付近での水平地盤反力が砂地盤に比べて大きいことを示唆している。

次に、掘削された地盤と水平地盤の曲げモーメントの分布状況を比較する。のり面勾配 1:1.5 の場合には、砂地盤ならびに粘土地盤ともに杭に発生する曲げモーメントはのり面に近接するとともに増加している。そして、砂地盤の方が掘削による曲げモーメントの増加が顕著である。しかし、曲げモーメントの深度分布を比較すると、最大曲げモーメントの発生深さで深で、若干ではあるが砂地盤の方が曲げモーメントは浅い位置で0となっている。これは、砂地盤において深さとともに水平地盤反力が増加していることが要因であると考えられる。

4. まとめ

掘削後の杭の水平地盤反力係数について、砂地盤の場合には、港研式のS地盤に相当することを考慮して、また粘土地盤の場合には、changの式に対応することを考慮して水平地盤反力係数を各実験毎に求めた。

この結果から、掘削後の水平地盤反力係数と、水平地盤における水平地盤反力係数との比を求めたものを図-4に示す。なお、同図における横軸は、のり肩と杭との距離を杭幅で除して基準化している。また、図中には既往の研究の値³⁾も示した。砂地盤の場合には、掘削勾配による影響により水平地盤反力係数の低減が顕著である。また、同一掘削勾配では、砂地盤の方が掘削による影響範囲が大きい。

これらの結果を見る限りにおいて、全てのデータから統一した低減方法を見出すことには至らない。今後、これらの実験データに加えて三次元の解析等も考慮した手法により簡易な影響範囲の予測、水平地盤反力係数の低減方法を検討する予定である。

参考文献

- 1) 「近接掘削による杭基礎の水平抵抗に関する模型実験」佐藤豊他 第51回土木学会全国大会講演集 1996.9
- 2) 「崖近傍に設置された杭の水平抵抗の評価」茶谷他、日本建築学会構造系論文集 488号 67-75, 1996.10
- 3) 「斜面近傍の杭頭自由の長杭の横抵抗」寺師他 港湾技術研究所報告 vol.30No.2, 1991

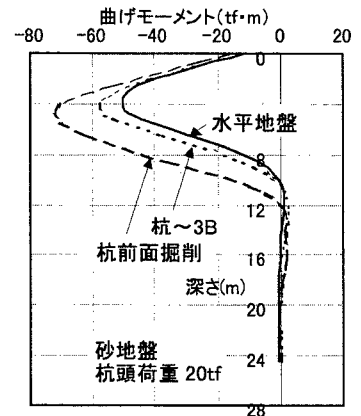


図-2 砂地盤中の杭のモーメント図

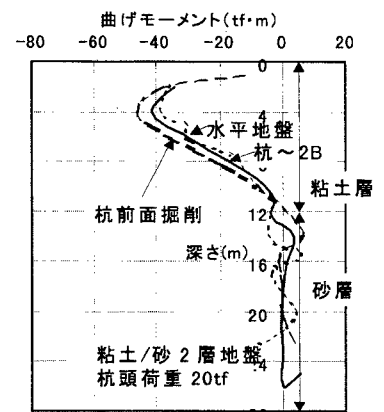


図-3 2層地盤中の杭のモーメント図

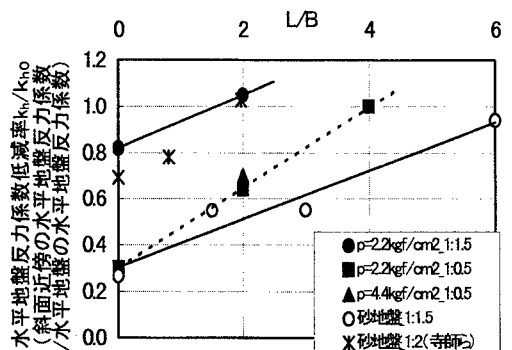


図-4 水平地盤反力係数の低減率