

III-508

斜面付近の杭基礎の水平載荷模型実験（その1）

東日本旅客鉄道（株） 正会員 谷口 善則
（財）鉄道総合技術研究所 正会員 村田 修
広島大学 正会員 日下部 治

1. 目的

斜面近傍に設置された杭基礎の水平支持力については、従来より数多く研究が行われており、色々な提案がされている。しかしこれらの研究成果は、斜面肩もしくは斜面中に構築された杭の水平支持力特性について検討を行ったものである。¹⁾ 今回、水平地盤および斜面肩からの距離を変えて模型杭による水平載荷試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

模型地盤は、稲城砂（細粒分含有率 16%，含水比10～13%）を用い、締固め程度として平板載荷試験（JIS A 1215）による K_{50} 値が 7kgf/cm^3 を目標として締固めた。締固めた地盤に対し、平板載荷試験、スウェーデン貫入試験を行った。各試験の結果を表1に示すが、 K_{50} 値は目標に比べやや小さい値となった。水平に地盤を作成した後、模型杭基礎を地盤に設置した（杭先端地盤には履歴荷重をかけない状態とした）。模型杭は杭径10cm、杭長 110cmで剛性を考慮して厚さ 5mmのアルミ製管（ $\beta 1 = 2.5$ 程度）とした。また各深さ位置にひずみゲージ（1断面4方向、7断面）を設置し、曲げひずみ等を計測できるように配慮した。鉛直載荷試験²⁾を行った後、水平載荷試験は、のり面勾配 1:1の斜面の杭（No.1、No.3）および中央の杭（No.7）で行った。図1に水平載荷試験の装置図を示す。載荷は変位量を制御して行い、杭頭変位量で $0 \rightarrow 0.8 \rightarrow 0 \rightarrow 1.6 \rightarrow 0 \rightarrow 3.2 \rightarrow 0 \rightarrow 6.4 \rightarrow 12.8 \dots$ となることを目標に載荷した。

3. 実験結果

(1) 荷重～変位量関係

図2に荷重～変位曲線および水平載荷試験時のデータを最小二乗法により近似したものを示した。図2より斜面肩からの距離が近いほどにより極限水平支持力、極限支持力時の変位が小さくなる傾向がはっきりとわかる。また各実験ケースとも載荷荷重を水平変位の1/4乗により表すことができ、このときN07杭の勾配に対する比はN01が0.42、N03が0.57となった。

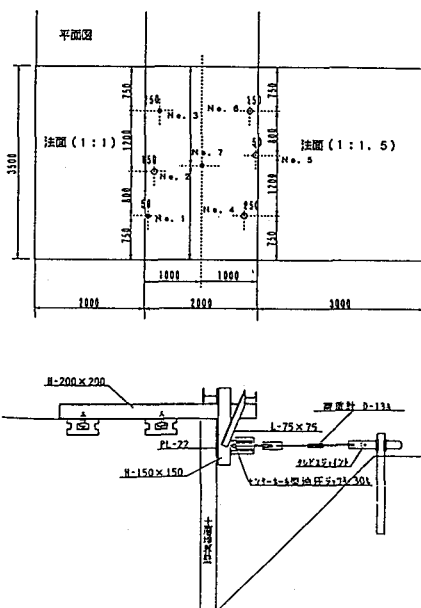


図1 載荷装置と杭配置

表1 土質試験結果

試験名	試験値
一軸圧縮試験	0.16～0.43kgf/cm ² (平均値 0.30kgf/cm ²)
三軸圧縮試験	$\phi = 32^\circ$, $C = 0$
平板載荷試験	4.6 ～ 5.0kgf/cm ³ (平均値 4.8kgf/cm ³)
スウェーデン試験	深さ 0.2～1.2m: 20～40 1.2～2.0m: 50～60

(2) 実験結果の整理

図3による解析モデルを用いて支持地盤を一層地盤と仮定し、杭体に載荷して得られた荷重および変位量の計測結果をもとに地盤の水平地盤反力係数の逆解析を行った。そのとき杭下端の支持条件としては、ヒンジにして解析を行った。実験結果の整理については平地盤上で載荷したNo7杭を基準にNo1およびNo3杭の水平地盤反力を比較することにより斜面からの離れによる地盤反力係数（水平支持力）への影響を求めることとした。

図4は実験より得られた水平力および杭頭変位により解析を行った結果を杭頭変位と水平地盤反力係数の関係で示す。このとき水平変位は杭頭変位 δ を杭径 D で除すことにより正規化したもので示す。

図4より各杭体の水平地盤反力係数には重み依存性の傾向がはっきりと見られ、また斜面肩からの離れが少ないほど水平地盤反力係数の低下が顕著に表れている。図中の曲線は δ/D が0.01のときには同一の地盤反力係数であると仮定して解析より得られたデータを最小二乗法により近似したものである。指数関数により近似したこの曲線は逆解析結果をよく表している。

次に逆解析結果より得られた地盤反力係数および図4より得られた近似曲線（指数関数）のそれぞれを用いて、No7杭を基準とした地盤反力係数の低減比を斜面からの離れにより整理した結果を図5に示す。白抜きの曲線は平地盤に対する低減比を近似曲線より求めたもので、No1, No3杭の水平地盤反力係数をNo7杭の水平地盤反力係数で除したものである。また黒塗りの直線は、逆解析により得られたNo7杭の水平地盤反力係数でNo1, No3杭の水平地盤反力係数を除したものをプロットし、1次関数により近似したものである。低減比についても重み依存の傾向が見られ、近似曲線および逆解析の結果のいずれから、 δ/D が0.1程度の変位を生じたときに斜面肩にある杭は平地盤に対し10%程度、斜面肩からの離れが杭径の2倍程度でも40~50%の水平支持力に低下することがわかる。

4. まとめ

実験結果には地盤成形や杭設置等による地盤の乱れと考えられるばらつきが見られたが、実験結果を微小変位時から大変位に至るまでよくシミュレートできたと考えられる。今後、さらに実験結果を斜面斜面勾配を考慮した地盤反力分布形状で用い、斜面形状および離れによる影響をFEM解析等により定量的な斜面の影響を評価していきたいと考えている。

（参考文献）1）例えば、田口他「斜面上のくい基礎の横抵抗に関する実験」第37回土木学会年次講演会

2）村田他「斜面付近の杭基礎の鉛直支持力性状（その2）」第29回土質工学研究発表会

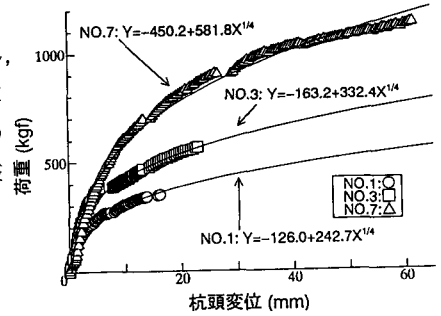


図2 荷重～変位曲線
（骨格曲線と近似曲線）

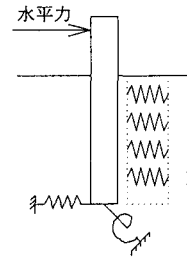


図3 解析モデル

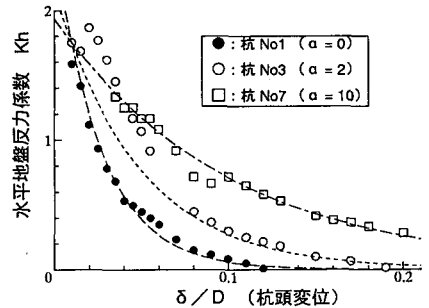


図4 水平地盤反力係数～ δ/D

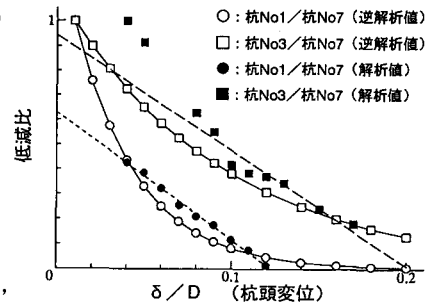


図5 低減比（対平地盤）～ δ/D