

(III-49)

斜面高さと勾配が杭の水平抵抗に及ぼす影響

関東学院大学 学生 石田直美 熊谷秀樹

日建設計中瀬土質研究所 正 片上典久 正 斎藤邦夫

1. まえがき

斜面に近接する杭は、その設置位置により水平抵抗が異なる事が知られている¹⁾。さらに斜面上の杭の水平抵抗挙動は斜面高さに加え、杭と地盤の剛性の比に関連するとの見解もある²⁾。しかしながら、杭がその有効長以上になった場合、水平地盤反力係数は高さにあまり依存しないとの報告もある³⁾。

そこで本研究では精密な模型実験を通じて杭の水平抵抗挙動に及ぼす斜面高さの影響を明らかにするために一連の遠心模型実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験概要

実験で用いた試料は気乾状態の豊浦砂である。その物性を表-1に示す。

本研究で対象とした杭は、直径 1000mm の場所打ちコンクリート杭である。実験では、実物を 1/50 に縮小し、曲げ剛性と投影面積を考慮して、幅 20mm 厚み 8.4mm の鋼製プレートを用いた。なお杭の表面には 20~40mm

間隔にひずみゲージを貼り付けて、水平載荷試験の際、杭に生じるひずみ分布を測定した。また杭の表面には、地盤材料と同じ豊浦砂を貼り付けて地盤との摩擦も一応考慮した。

実験システムは図-1に示すように十分に杭長が長いとして杭先端は固定し、杭頭は自由とした。

地盤作成は、杭を予め容器の底に固定し、地盤の相対密度が75%程度になるように空中落下法で砂を投入した。所定の位置まで砂を投入した後に斜面高さに応じて余分な砂を真空装置により表面を成形した。

今回の実験では、斜面高さに着目して表-2に示す7種類の条件を行った。なお図中の()内は、1/50の模型寸法である。

3. 実験結果

実験により得られた杭頭の荷重-変位関係を斜面勾配が 1:1.5

と1:2の場合に分けて図-2(a),(b)にそれぞれ示す。なお荷重並びに水平変位等は相似則により実物に換算して示す。

同図から以下のような全体的な特徴を指摘する事ができる。すなわち、斜面勾配の急緩に関わらず杭に隣接する斜面の高さ h が大きくなるほど、水平抵抗は徐々に低下するのが認められる。

表-1 豊浦砂の物性

土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.654
最大粒径 $D_{\max} (\text{mm})$	0.425
平均粒径 $D_{50} (\text{mm})$	0.175
均等係数 U_c	1.273
最大乾燥密度 $\rho_{\text{dmax}} (\text{g/cm}^3)$	1.652
最小乾燥密度 $\rho_{\text{dmin}} (\text{g/cm}^3)$	1.334

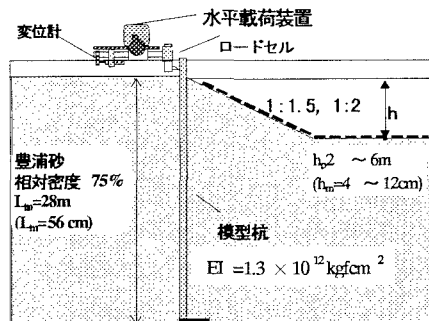


表-2 実験条件一覽

斜面勾配	1:1.5	1:2
斜面高さ (モデル)	水平地盤	
	2m(4cm)	2m(4cm)
	4m(8cm)	4m(8cm)
	6m(12cm)	6m(12cm)

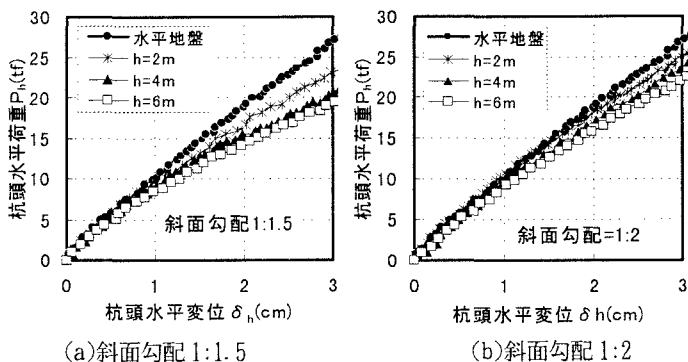


図-2 杭頭の荷重-変位関係

キーワード 杭 水平地盤反力 遠心模型実験

連絡先 川崎市幸区南加瀬4-11-1 TEL044-599-1151 FAX044-599-9444

また、同じ斜面高さの時の水平抵抗を斜面勾配の違いで比較すると、当然のことながら斜面が急な場合の方が僅かではあるが水平抵抗が低いことも判る。しかしながら、杭頭変位 $\delta_h \leq 1\text{cm}$ では、両者の杭頭荷重-変位関係には殆ど差が無いことを示している。

杭の設計では、上述したような外力に対する抵抗特性を把握する他、杭体に生じる応力状態にも着目する必要がある。

そこで杭頭に水平力を加えた場合の杭体中の曲げモーメント分布を求めた。

ここでは、荷重条件をあわせるために杭頭に 10tf の水平荷重を与えた時の曲げモーメントの深度分布を図-3(a)、(b)に示す。

同図より水平地盤中の杭と各条件の杭の曲げモーメント分布を比べると、最大曲げモーメントを示す深さに若干の違いはあるが、概ね分布性状は類似している。同時に斜面勾配が急な場合、すなわち杭前面の拘束圧力開放の程度が大きいほど杭体に大きな曲げモーメントが発生している。例えば斜面勾配が $1:1.5$ と $1:2$ で斜面高さがともに 6m の場合に水平地盤とを比較すると、前者では約 40% 、後者で約 23% も大きな値となる。

一般に杭の設計では、杭径の 1% を許容変位量としてとる。そこで $\delta_h = 1\text{cm}$ に着目し、その時の水平地盤反力係数増加率(n_h)で評価する。ここで言う n_h は、深さ方向に水平地盤反力係数が増加する比例係数である⁴⁾。この結果を図-4に示す。なお n_h の算出は、 $\delta_h = 1\text{cm}$ の時の曲げモーメント分布が一致するよに試行計算して求めた。

同図によると n_h は、斜面勾配が急峻なほど水平地盤反力係数が低下することが明らかである。また斜面高さについては、斜面高さが 2m の時には既に斜面勾配が $1:1.5$ の時で水平地盤反力係数が水平地盤のそれと比べると約 40% に低下しておりさらに 6m では水平地盤の約 25% にまで低下する。しかし斜面勾配が $1:2$ の場合には、 $h=2\text{m}$ で水平地盤の約 65% にまで低下するがそれ以上高くなっても低下する割合は鈍化し、おおよそ n_h が 0.4kgf/cm^3 に収束する傾向にある。

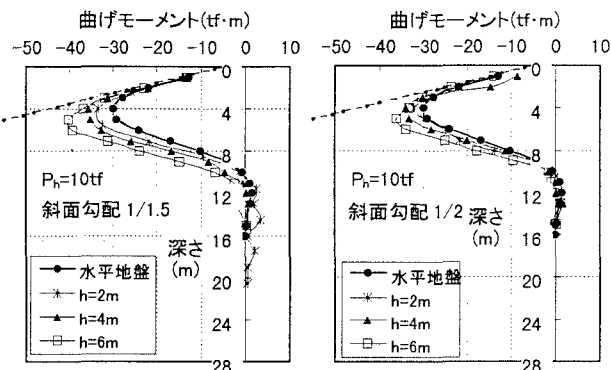
4. まとめ

杭の水平抵抗について、斜面高さと斜面勾配に着目した検討を行い、以下のような結果を得た。

- 1) 杭頭の荷重-変位関係曲げモーメント分布から、斜面高さ、勾配により杭の水平挙動に大きな影響を与える。
- 2) 水平地盤の n_h を基準にして斜斜面勾配 $1:1.5$ 、 $1:2$ の特性値を比較すると前者では $18\sim 43\%$ 、後者で $54\sim 65\%$ となった

参考文献

- 1) 佐藤他：「近接根掘りによる杭基礎の水平抵抗に関する模型実験」第51回土木学会全国大会梗概集、1996年
- 2) 茶谷他：「崖近傍に設置された杭の水平抵抗の評価」、日本建築学会構造系論文集、第488号、pp67～75、1996年
- 3) 寺師他：「斜面近傍の杭頭自由の長杭の横抵抗」港湾技術研究所報告、第30巻第2号、pp327～348、1991年
- 4) Reese, L.C. and Matlock, H.: Non-dimensional Solutions for Laterally Loaded Piles with Soil Modulus Assumed Proportional to Depth, Proc. 8th Texas Conf. SMFE, The Univ. of Texas, Austin, Paper No. 7, 1956



(a) 斜面勾配 1:1.5 (b) 斜面勾配 1:2
図-3 曲げモーメント分布

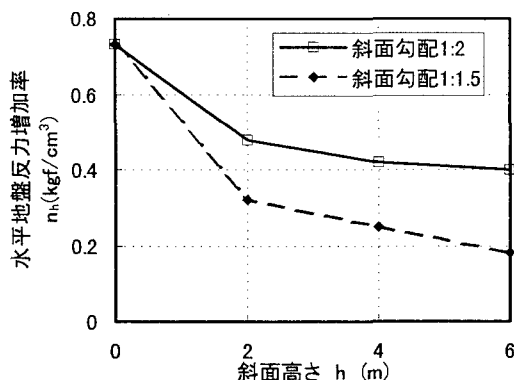


図-4 水平地盤反力係数増加率と斜面高さの関係