

傾斜荷重を受ける柱状基礎の支持力特性

—水平支持力の評価式と模型実験との比較—

(株)建設技術研究所 正○横田康行 正 坂田隆博

九州共立大学 正 前田良刀

九州大学 正 落合英俊 正 安福規之

1. はじめに

橋梁構造物のように、慣性力や土圧を受ける基礎には、鉛直荷重と水平荷重が同時に作用するため、荷重傾斜の影響を考慮した支持力評価が必要になる。著者らはこれまでに荷重傾斜下における模型杭の支持力特性に関する一連の実験を行ってきており、傾斜荷重下では水平・鉛直の単独荷重に比べて支持力が増大する結果を得ている¹⁾。また、それを踏まえて杭の沈下を考慮した水平方向塑性地盤反力の評価式を提案している²⁾。

本文は、提案している評価式を用いて解析を行い、模型実験との比較を行った結果について報告するものである。

2. 傾斜荷重下の杭の支持力法絡線とその特徴

図-1 は、著者らによるこれまでの模型実験結果をもとに、傾斜荷重下の P_V - P_H 平面における支持力法絡線の形状とその特徴を説明するための模式図である。図中の a, b 点は、それぞれ水平荷重のみ、鉛直荷重のみの場合の支持力を表す点であり、c および c', c'' は合成支持力が最大となる点である。ここで、従来のように水平支持力と鉛直支持力を独立に考える場合には、合成支持力が a, c, b で形成される矩形の範囲を超えることができない。

一方、著者らによる実験では、図-2~4 に示すように、a, b 点と c', c'' 点を囲む支持力包絡線が得られている。また、図-2~4 からわかるように、支持力法絡線の特徴として、鉛直荷重のみの支持力 $P_{V(\theta=0^\circ)}$ と水平荷重のみの支持力 $P_{H(\theta=90^\circ)}$ の比を極限支持力比 $\mu (= P_{V(\theta=0^\circ)} / P_{H(\theta=90^\circ)})$ と定義すると、 μ の大小により支持力包絡線の形状が変化し、 μ が大きいほど包絡線は矩形に近づく。これは、 μ が大きい場合、鉛直支持力に余裕があるため鉛直沈下をほとんど生じないまま水平破壊に至るためである。

3. 模型杭による実験結果との比較

提案している水平方向塑性地盤反力の評価式の妥当性を検証するために、模型杭による実験結果と比較した。計算は、提案している可容速度場における等価荷重面の傾き ψ をいくつか仮定した上で水平荷重 P_H を算出している。ここで、等価荷重面の角度 ψ の求め方であるが、ここでは等価荷重面と荷重傾斜角 θ が直交する場合を基準として、次式にて仮定する。

$$\psi = \eta \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \quad (1)$$

ここに、 η は補正係数であり、この値を変化させて実験結果と比較している。

図-2~4 に実験結果と計算結果を比較して示す。図中、●が実験結果を、曲線が計算結果を示している。また、杭と地盤との間の壁面摩擦角 δ を考慮する場合としない場合とをそれぞれ実線と破線で示している。

図-2 は、アクリル短杭(杭長 $D_f=200\text{mm}$, $\mu=7$)の結果を示している。解析結果の細線は $\eta=1$ 、太線は $\eta=1/4$ と仮

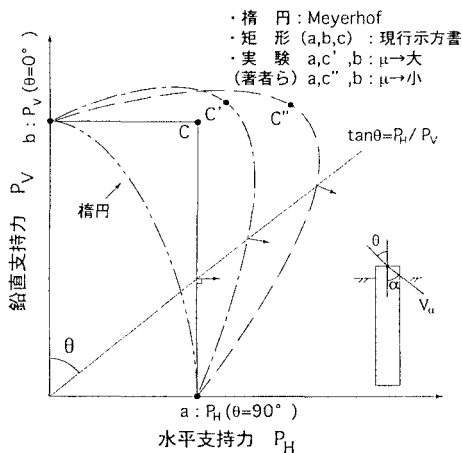


図-1 傾斜荷重下での杭の支持力法絡線の模式図

定した場合の結果である。これより、 $\eta=1/4$ と仮定した場合に実験結果に一致することがわかる。

図-3 は、アクリル長杭(杭長 $D_f=440\text{mm}$, $\mu=5$)の結果を示している。解析結果の細線は $\eta=1$ 、太線は $\eta=1/3$ と仮定した場合の結果である。これより、 $\eta=1/3$ と仮定した場合に実験結果に一致することがわかる。

図-4 は、アルミ杭(杭長 $D_f=600\text{mm}$, $\mu=3$)の結果を示している。解析結果の細線は $\eta=1$ 、太線は $\eta=1/2$ と仮定した場合の結果である。これより、 $\eta=1/2$ と仮定した場合に実験結果に一致することがわかる。

また、周面摩擦の影響については、図-2~4 からわかるようにあまり差は見られない。

図-5 は、計算結果と実験結果が一致する等価荷重面の角度 ψ の補正係数 η と極限支持力比 μ の関係を示している。この図を見ると、 μ が大きくなるに従い、 η は小さくなっていることがわかる。これは、図-2 のように μ が大きい場合には水平変位が卓越し、傾斜荷重が有効に地盤内に伝達されず、等価荷重面の角度 ψ が小さくなり、合成支持力の増大はあまりないが、図-4 のように μ が小さくなると変位は荷重の傾斜方向に生じやすくなり、 ψ も大きくなることから、合成支持力の増大が顕著になると考えられる。

4. まとめ

本文で得られた結果を以下に要約する。

- ①提案している水平方向塑性地盤反力の評価式による模型杭の水平支持力計算値は、実験値とよく一致し、傾斜荷重下の杭の支持力特性を説明できる。
- ②仮定した等価荷重面の傾き ψ は、極限支持力比 μ に依存し、鉛直支持力大きい(μ が大)と沈下を生じにくく、等価荷重面の角度 ψ は小さくなり、逆に鉛直支持力が相対的に小さい(μ が小)ほど沈下を生じやすいことから、等価荷重面の角度 ψ は大きくなり、合成支持力の増大が顕著になる。

参考文献

- 1) 坂田, 前田, 徐, 落合, 安福: 傾斜荷重を受ける杭の支持力特性に関する研究, 土木学会構造工学論文集 (投稿中)。
- 2) 坂田, 前田, 落合, 安福, 横田: 傾斜荷重を受ける柱状基礎の水平方向塑性地盤反力に関する研究, 土木学会論文集 (投稿中)。

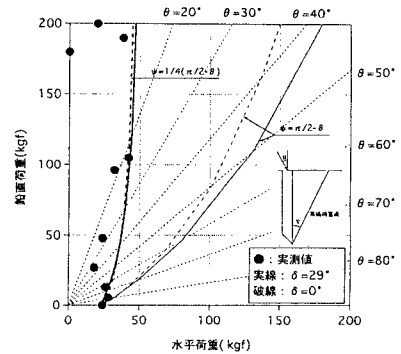


図-2 実験結果と計算結果の比較
(アクリル杭, $D_f=200\text{mm}$, $\mu=7$)

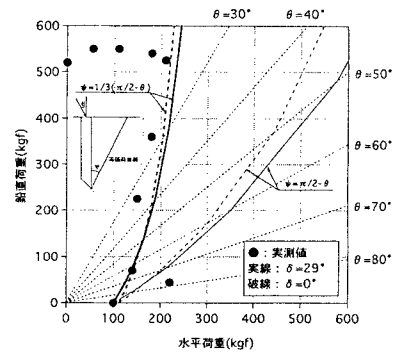


図-3 実験結果と計算結果の比較
(アクリル杭, $D_f=440\text{mm}$, $\mu=5$)

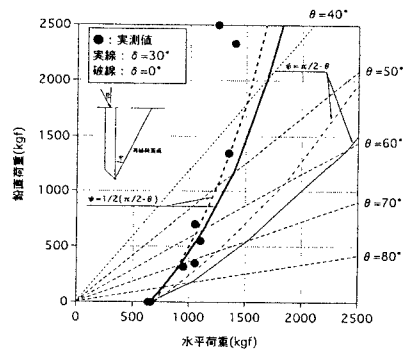


図-4 実験結果と計算結果の比較
(アルミ杭, $D_f=600\text{mm}$, $\mu=3$)

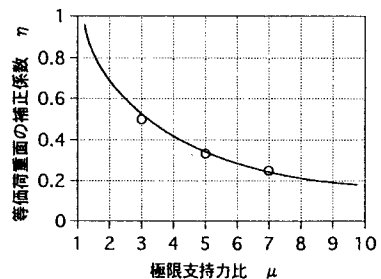


図-5 等価荷重面の角度の係数 η と極限支持力比 μ の関係