

# 載荷経路に着目した組合せ荷重下の杭基礎支持力

九州大学 工学部 正 ○安福規之 正 落合英俊 学 大倉章弘

九州共立大学 工学部 正会員 前田良刀

## 1. はじめに

杭基礎の支持力は、通常、鉛直支持力と水平支持力に分けてそれぞれ独立に検討されている。しかし、実際の問題としては、鉛直荷重と水平荷重が複合的に作用した組合せ荷重下での支持力問題も数多く認められる。本研究は、組合せ荷重条件下での杭基礎の合理的な支持力評価手法の確立を目指したものであり、ここでは、アルミ積層体を用いた模型実験により組合せ荷重の載荷経路と支持力特性の関係について考察する。

## 2. 実験概要

2.1 実験装置: 実験は長さ60cm、奥行き5cm、深さ40cmの容器の中で杭基礎を模擬して行なわれた。模型地盤として用いたアルミ棒は、直径1.6mmと3mmのものを質量比3:2で混合したものである。模型杭基礎としては、幅2cmのアルミ角材を用い、根入れを20cmとし、杭の頭出しを5cmとした。装置の概要は参考文献1)に詳しい。

2.2 載荷経路と載荷方法: 次の3タイプの荷重経路で実験を行なった。

荷重経路A: 鉛直荷重を一定に保持したまま、水平荷重を載荷するタイプ

荷重経路B: 水平荷重を一定に保持したまま鉛直に載荷するタイプ

荷重経路C: 水平荷重と鉛直荷重の比を一定に保ちながら載荷するタイプ

載荷装置は、剛な載荷ロッドを組み込んだテーブルプレートを横移動し、載荷ロッドを介して水平荷重と鉛直荷重を同時に載荷できるようになっている。また、杭頭には載荷ロッドが滑らないように円錐型の穴を設けている。

## 3. 載荷経路と支持力特性

3.1 変位・荷重パラメータの導入: 著者らは、砂及びアルミ棒による模型杭載荷試験を通して、組合せ荷重下の杭基礎の破壊モードとして、1) 鉛直荷重が支配的な破壊、2) 鉛直及び垂直荷重が同時に限界に達し得る破壊、3) 水平荷重が支配的な破壊の3つのモードを提示している<sup>1)・2)</sup>。破壊モードの異なる支持力・変位特性

を総合的に検討するためには、客観性を有するパラメータが必要となる。ここでは、以下に示すパラメータを新たに用いて、荷重経路の影響について考察した。

$$\frac{S_{vh}}{B} = \sqrt{\left(\frac{S_v}{B}\right)^2 + \left(\frac{S_h}{B}\right)^2}; Q_{vh} = \sqrt{\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{H}{H_0}\right)^2}$$

ここに、 $S_{vh}/B$ : 合成相対変位量、 $B$ : 杭径、 $S_v$ : 鉛直変位、 $S_h$ : 水平変位である。これにより合成変位が、杭径に対してどの程度すすんだかがわかる。また、 $Q_{vh}$ : 合成相対荷重、 $V$ : 鉛直荷重、 $V_0$ :  $H=0$ の時の鉛直荷重、 $H$ : 水平荷重、 $H_0$ :  $V=0$ の時の水平限界荷重。なお、 $V_0$ は荷重変位曲線により求め、 $H_0$ は水平変位が杭径の20%に達した時の水平支持力とした。

図1は、3つのタイプの載荷試験の結果を $S_{vh}/B$ と $Q_{vh}$ の関係でまとめたものである。(a) 図は荷重経路A

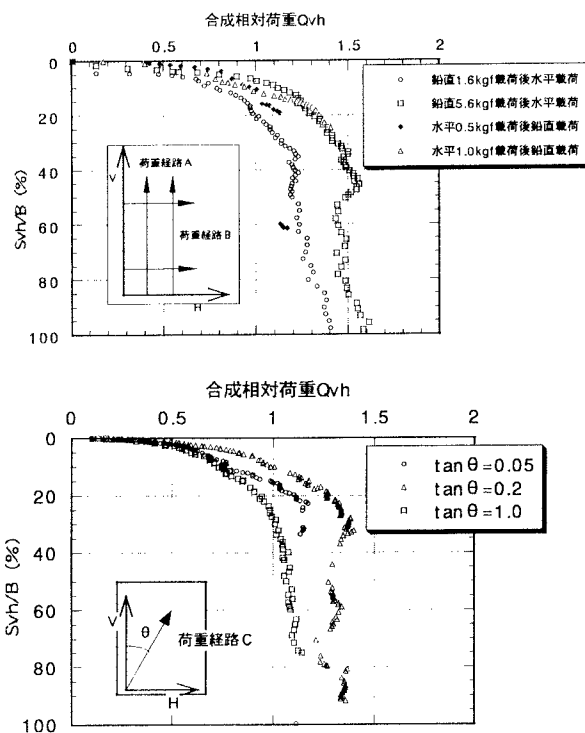


図1 代表的な  $S_{vh}/B$ - $Q_{vh}$  関係

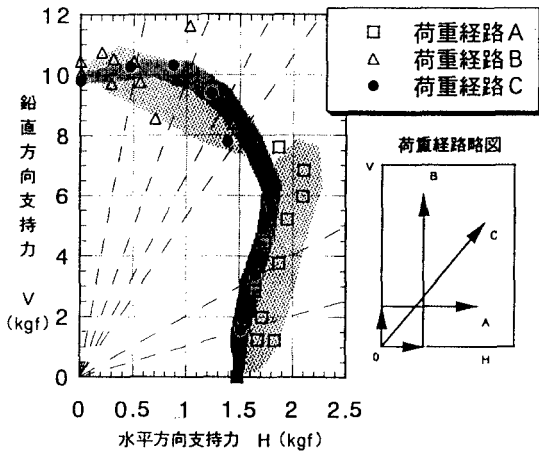


図2 限界状態における水平及び鉛直支持力

とBの代表的な結果を、(b)図は荷重経路Cの代表的な結果を示している。この2つのパラメータを利用して結果を整理することによって、発生するいずれの破壊モードに対しても、客観的に支持力特性が比較検討できるものとする。

3.2 荷重経路依存性：図2は、極限荷重を相対沈下量50%に対応する荷重として、その結果を鉛直荷重V、水平荷重Hの空間に示したものである。図中には3つの荷重経路で求めた極限荷重が示されている。この結果から、極限荷重に与える載荷経路の影響は有為なものではないと判断される。図3は、図2の結果を再整理し、経路依存性をさらに詳細に調べたものである。(a)図は荷重傾斜角と $V_0$ で正規化した極限の鉛直支持力の関係を、(b)図は荷重傾斜角と正規化された極限水平支持力の関係をそれぞれ示したものである。これら2つの図から、鉛直荷重、水平荷重共に載荷経路の影響は見られず、荷重傾斜角と鉛直及び水平荷重の関係はユニークに決まると判断できる。また、特に水平荷重の場合、傾斜角 $20^\circ$ 当たりで、水平荷重のみが作用した時の極限值よりも4割程度大きな極限值を示しており、顕著な組合せ荷重効果が確認される。同様の結果は、乾燥砂を対象とした実験からも確認されている<sup>2)</sup>。

3.3 組合せ荷重効果：Meyerhofは、組合せ荷重下の支持力特性を評価するために以下に示す楕円近似式を提案している<sup>3)</sup>。

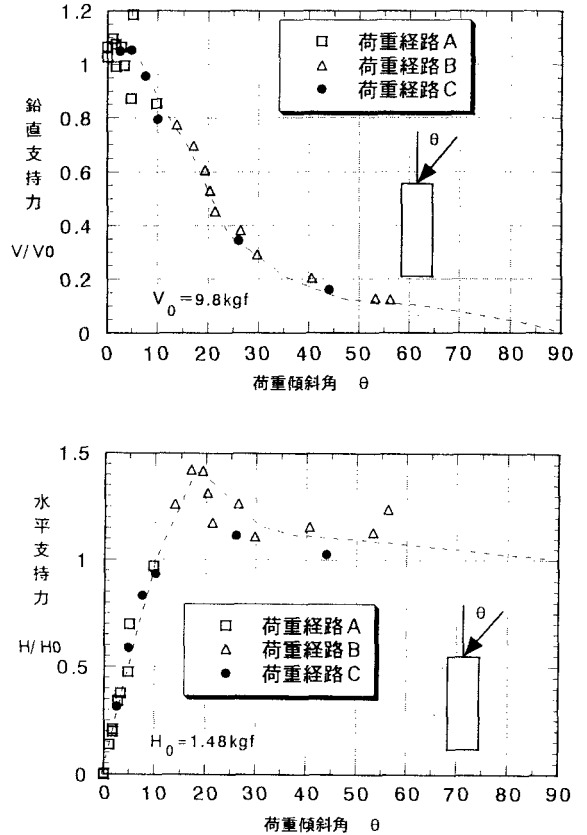


図3 水平及び鉛直支持力と荷重傾斜角

$$\left(\frac{V}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 = 1$$

しかし、これでは、図2、3で見られるような組合せ荷重効果を評価することは難しく、今後、この効果の合理的評価手法について検討を行なう必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、組合せ荷重下の支持力特性に及ぼす載荷経路の影響を模型実験を通して検討した。結果として、極限状態における組合せ荷重効果には、明瞭な載荷経路依存性は見られなかった。

参考文献：

- 1) 大倉ら：組合せ荷重を受けた杭基礎の破壊メカニズムの観察，西部支部研究発表会，1997（投稿中）
- 2) 禿ら：組合せ荷重下の単杭の支持力特性に関する模型実験，西部支部研究発表会，pp.530-531，1995
- 3) G.G.Meyerhof et al.: Ultimate Pile Capacity for Eccentric Inclined Load, ASCE, Vol.109, No.3, pp.408-423 1983