

Ⅲ-435

組み合わせ荷重下の単杭の支持力特性に関する模型実験

建設技術研究所 正員○ 秀 和英
同上 正員 坂田隆博
同上 正員 松井謙二
九州共立大学 正員 前田良刀

1. まえがき

杭のような深い基礎の支持力特性は、鉛直荷重、水平荷重に関して独立で評価、検討されているが、基礎には、構造物の自重などの鉛直荷重と土圧、地震時慣性力などの水平荷重が作用する。浅い基礎ではこのような組み合わせ荷重の影響を考慮した支持力評価が行われているが、深い基礎に関しては、Meyerhofら¹⁾の研究がある程度である。

本文は、鉛直荷重と水平荷重の組み合わせ荷重下における杭の支持力特性を検討するため、室内での模型杭による支持力実験を行った結果について報告するものである。

2. 載荷実験装置と載荷方法の概要

実験には福岡県産の岡垣砂を用いた。岡垣砂は7号珪砂（1.0 mmフルイを通過）を水洗いにより細粒分を除去し、さらに約1000℃で焼成して、不純物を除去したものである。この砂の物理特性や力学特性は豊浦標準砂と比較し、均等係数でやや劣るものの強度特性は、豊浦標準砂とほぼ同等である²⁾。図-1は文献-3)の豊浦標準砂のデータに岡垣砂のデータを加筆したものである。

図-2は、杭および載荷装置の概要を示したものである。模型杭は、直径 $\phi = 50$ mm、厚さ $t = 6$ mmの中空アクリル管で、根入れ深さは $D_f = 440$ mm ($\beta_1 \approx 2$)、 200 mm ($\beta_1 \approx 1$)、および、地上部への突き出し量 $h = 95$ mmである。

実験土槽は、横幅 $B = 40$ cm、奥行き $L = 236$ cm、深さ $D = 70$ cmであり、この土槽に、3本の杭を等間隔で配置した。杭の設置方法は、平面位置と鉛直度に十分留意しながら、手動ジャッキにより杭を地盤中へ押し込んだ。

組み合わせ荷重の載荷方法は、まず、剛な載荷ロッドを組み込んだテーブルを横移動し、載荷ロッドを介して杭頭に水平荷重を載荷する。所定の水平荷重を多サイクル方式で載荷し、その後、水平荷重を所定の値に保持したまま、載荷ロッドによって鉛直荷重を多サイクル方式で最大まで載荷する方法をとった。したがって、荷重経路は、図-4に示すようになる。又、載荷時間は、短時間で完了するようにし、アクリルの温度差による特性変化の影響がでないよう配慮した。なお荷重の偏心も可能な装置であるが、今回はゼロとした。又、第1限界荷重（降伏荷重）は、土質工学会規準⁴⁾のLog P-Log S法により、第2限界荷重（極限荷重）は杭径の50%（25 mm）の変位量が生じたときの荷重とした。

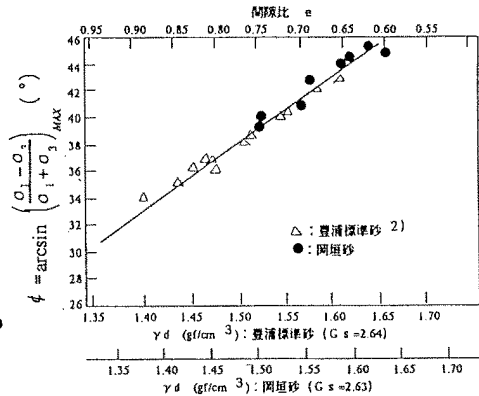


図-1 内部摩擦角と単位重量又は間隙比の関係

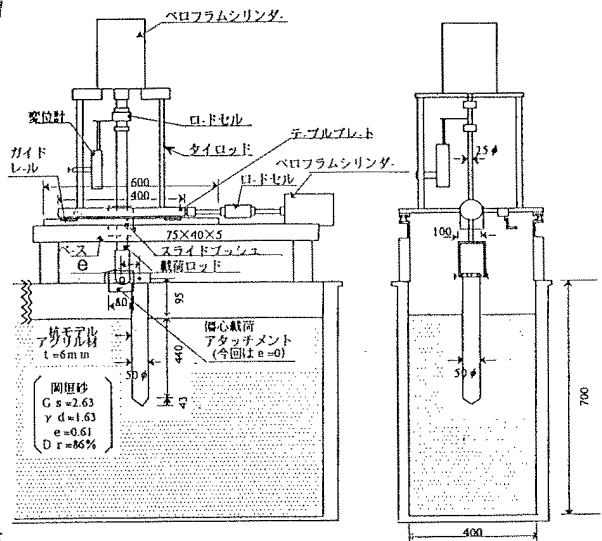


図-2 載荷装置の概要

なお、水平荷重のみの水平支持力については、現在、支持力の定義が定まっていないが、ここでは、第1限界荷重は、Log P-Log S 法により決定し、第2限界荷重は、水平荷重が保持出来なくなったときの荷重とした。

3. 実験結果とその考察

地盤の作成は、多重フルイ（3重）を用いた空中落下方式とした。新たに土槽を作成する度に荷重と変位の関係を調べた結果、ほぼ同様の関係が得られ、均一な地盤が作成されていることを確認した。

図-3は、水平荷重を所定の値で保持した後に、鉛直荷重により生じた荷重・変位関係である。長い杭は、水平荷重の増加につれて第1限界荷重付近では、変位量も増加するが、最終的な変位量は、 $H=60 \text{ kgf}$ を除いてそれまでと逆転し、初期水平荷重の小さい方が鉛直変位量が大きくなっている。

一方、短い杭では、 $H=4 \text{ kgf}$ を除いて、初期水平荷重による荷重変位関係に明瞭な差は見られない。

図-4は、組み合わせ荷重と杭の支持力関係を一種の降伏曲面および破壊曲面として整理したものである。鉛直方向の第1限界荷重は、水平荷重の増大に伴って減少しているが、2つの組み合わせ荷重による降伏曲線は右肩に膨らみのある曲線となっている。これはMeyerhof(1972)らが提案している簡単な楕円形と異なる。

一方、第2限界荷重は、長い杭では、組み合わせ荷重の影響をあまり受けないが、短い杭では減少する傾向が見られる。

4. まとめ

今回の模型実験の結果から、荷重の組み合わせにより、第1限界、第2限界荷重が変化する傾向が確認された。今回は、荷重傾斜角 $\tan \alpha = H/V$ が変化する場合を主としてあつかったが、 $\tan \alpha = \text{const}$ の場合どのようなになるか、また、浅い基礎から深い基礎までの連続性など今後研究していきたい。

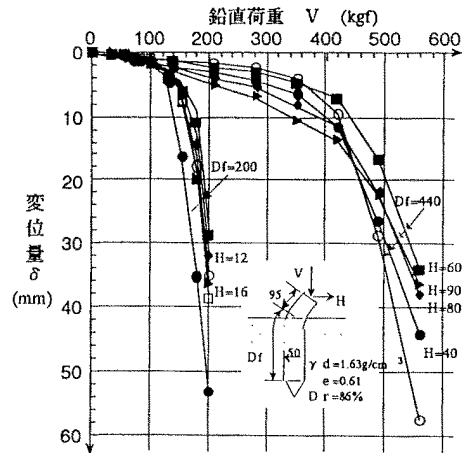


図-3 水平載荷後の鉛直荷重と変位量の関係

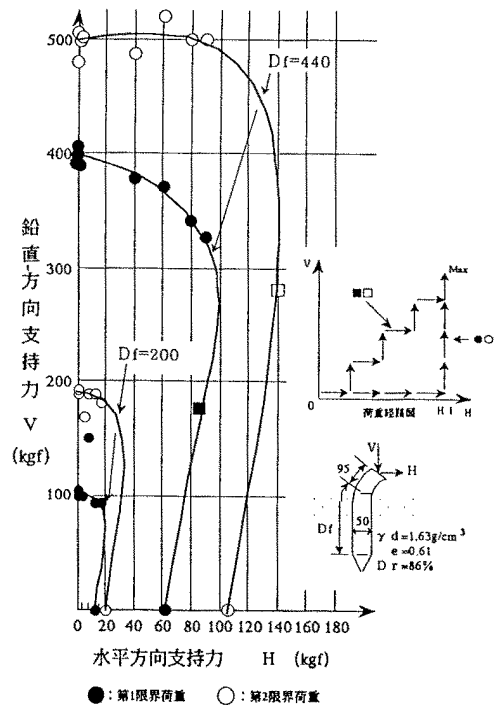


図-4 組合せ荷重と杭の支持力の関係

参考文献

- 1) 例えば、G.G.Meyerhof and Gopal Ranjan : The Bearing Capacity of Rigid Piles under Inclined Load in Sand I : Vertical Piles, Canadian Geotechnical Journal, vol9, pp430~439, 1972
- 2) 松井謙二、前田良刀、落合英俊、李向新：岡垣砂を用いた支持力実験用地盤の作成とその力学特性、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1995.3
- 3) 龍岡文夫：土の強さと地盤の破壊入門、第2章 土の要素のせん断強度、土質工学会1987