

# 遠心载荷実験による単杭およびラフトの沈下特性の検討

金沢大学大学院 学 福山英樹  
 大成建設技術研究所 正 堀越研一  
 大成建設技術研究所 渡邊 徹  
 金沢大学 正 松本樹典

## 1. はじめに

著者らは、鉛直荷重ならびに水平荷重が作用した際のパイルド・ラフト基礎の挙動を把握するために一連の遠心载荷実験を計画し現在実施中である。本報告は、その第1段階として実施した、単杭及びラフトモデルの鉛直载荷実験の結果を報告するものである。これらの結果を勘案して、今後実施するパイルド・ラフトモデルの構築を行う。なお、実験で用いた遠心加速度は 50 g であり、以下に示す結果及びその考察はすべてモデルスケールで記載されている。

## 2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた模型杭の詳細を図-1に示す。模型杭は、アルミパイプ製で、軸力分布を計測する目的で歪みゲージを長さ方向に12枚配置した。実験では、異なる長さ(120mm及び200mm)の杭を载荷し、それぞれの支持力特性を比較した。模型ラフトは、硬質アルミニウム製で厚さ20mm、1辺の長さ80mm及び120mmの正方形のものを作製した。B700×L400×H700mmの土槽内(図-2参照)に、モデルを配置し、50gの遠心加速度を作用させた状態で载荷した。また、模型地盤は、相対密度60%の豊浦砂を空中落下法で作製した。その際、模型杭は、所定の深度に金具を介して設置し、砂を投入している。遠心载荷前の地盤の平均相対密度は60~69%であった。すべての実験に際し、作製地盤の強度分布を確認する目的でコーン貫入試験を実施し、その後、遠心载荷装置を止めて、ラフトや各種計器、装置の設置を行った。この間に模型地盤は、自重の影響により約2mm沈下した。その後、再度遠心加速度を与え、载荷試験を実施した。なお、杭、ラフト及び地盤の鉛直変位はレーザー変位計にて測定した。表-1は、実験ケースを示したものである。Case1では、土槽内に模型杭2本を配置し、それぞれに対して载荷試験を実施している。Case2で地盤厚さが他よりも小さいのは、载荷装置のストロークの関係で地盤厚さを変更せざるを得なかったためである。Case2では、地盤厚さは杭長(120mm)の約3.9倍であり杭の沈下性状に及ぼす影響は少ないと判断された。また、鉛直载荷は、変位制御方式で行い、杭に対しては1mm/sec、ラフトに対しては0.15mm/secの载荷速度を用いた。

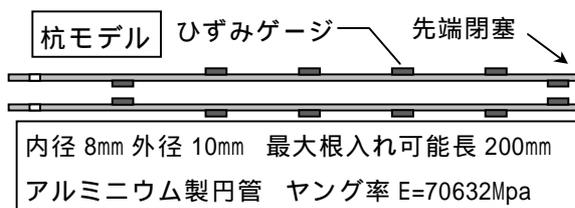


図-1 模型杭

図-3は、各地盤モデルで実施されたコーン貫入試験結果の

表 1 実験ケース一覧

	杭長(Lp)		ラフトサイズ
Case1-1	200mm	Case3	80×80mm
Case 1-2	200mm	Case4	120×120mm
Case2	120mm		

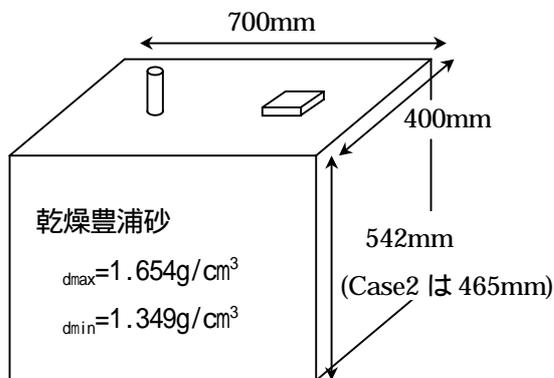


図2 地盤モデル

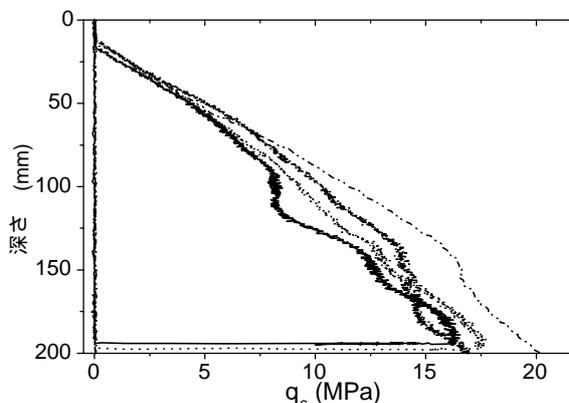


図3 CPT 結果

一部を示したものである。コーン貫入試験は、直径 10mm の模型コーンを毎秒 1 mm の速度で貫入し、先端抵抗( $q_c$ )を計測した。この図によれば、貫入抵抗は各地盤モデルで類似しており、地盤モデルの再現性は確保できるものと判断された。

### 3. 実験結果

実験で得られた模型杭の荷重～沈下曲線を図-4に示す。Case 1-1 と Case 1-2 は、同一地盤で行われた載荷実験であり、再現性が極めてよいことがわかる。Case 1-1 ( $L_p=200\text{mm}$ ) に関して、杭先端と杭周面とでそれぞれ荷重～沈下曲線を描いたのが図-5である。それぞれについて、周面と先端における荷重の分担性状を図-6に示した。Case 1-2 では沈下が小さいうちから杭先端の分担が大きく、最終的には約 7 割の荷重分担となる。Case 2 では、沈下が小さいうちは Case 1-2 よりも杭先端の荷重分担率は低く、沈下の増加に伴って増大する。

表-2は、各ケースに関して、Randolph and Wroth ら<sup>1)</sup>の方法により、初期の杭頭ばね定数から地盤の初期弾性係数  $E_s$  を逆算したものである。算定に際して、杭頭沈下量が 1 mm までの荷重～沈下曲線の勾配を用い地盤のポアソン比を 0.3 と仮定した。また、地盤の不均一性に関するパラメータ を 0.5 としている。

表 2 模型杭の載荷試験結果

	杭根入れ長	杭頭ばね定数 $k_p$	逆算 $E_s$
Case1-1	200 mm	433 kN/m	5.89 MPa
Case1-2	200 mm	431 kN/m	5.40 MPa
Case2	120 mm	284 kN/m	4.81 MPa

サイズの異なる 2 つのラフトの鉛直載荷実験結果 (Case 3, Case 4, 図7参照) から得られた沈下ばね定数  $k_r$  を表-3に示す。また、この値をもとに Poulos and Davis (1973) による式<sup>2)</sup>により逆算した地盤の初期変形係数も表中に示した。逆算  $E_s$  が杭から算定された値よりもかなり大きい理由としては、ラフトの載荷に伴う直下地盤の拘束圧の増加が考えられる。

表 3 模型ラフトの載荷試験結果

	ラフトサイズ	ばね定数 $k_r$	逆算 $E_s$
Case 3	80 mm	3110kN/m	33.5 MPa
Case 4	120 mm	4952kN/m	35.4 MPa

おわりに 長さの異なる模型杭、サイズの異なる模型ラフトの鉛直載荷試験を遠心加速度場で実施し、荷重～沈下性状を得ることができた。今後、これらの結果をもとにパイルド・ラフトモデルを設計し、引き続き一連の実験を進める方針である。

### 参考文献

- 1) Randolph, M.F. and Wroth, C.P. (1978) Analysis of Deformation of Vertically Loaded Piles, *J. geotech. Eng. Div., ASCE*, Vol. 104, No. GT12, pp1465-1488.
- 2) Poulos, H.G. & Davis, C.P. (1973) Elastic solutions for soil and rock mechanics pp168.

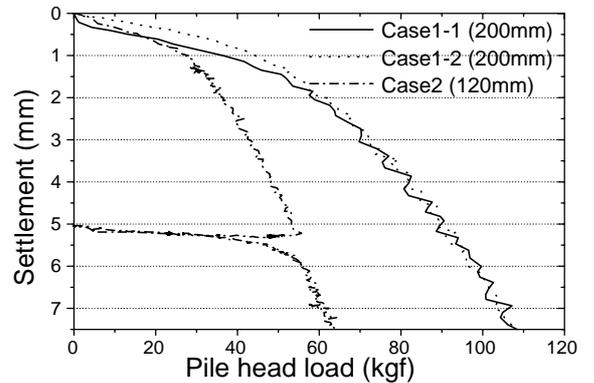


図4 各 Case の杭頭荷重～沈下関係

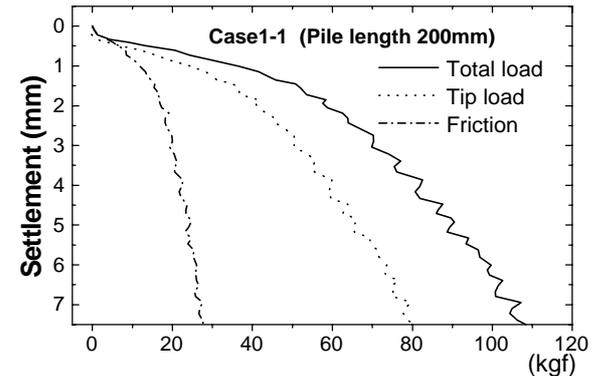


図5 Case1-1 (pile) の杭頭沈下～荷重関係

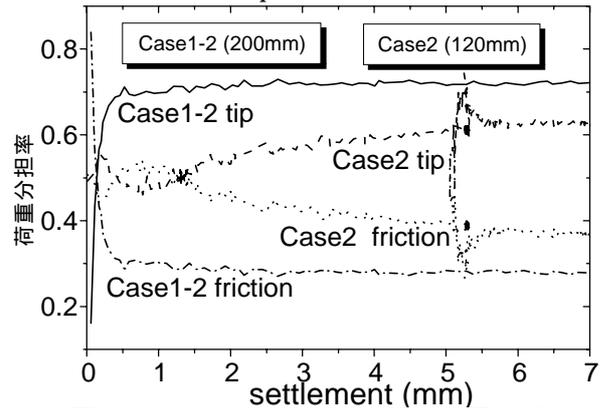


図6 Case 1-2 Case 2 の鉛直荷重分担率

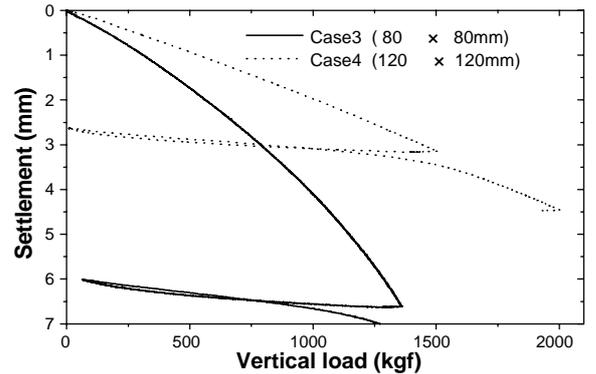


図7 Case3, 4 (raft) の沈下～荷重関係

参考文献 2) による式

$$w = \frac{P(1 - \frac{2}{s})}{\sqrt{BL} \times E_s}$$

$P$  : 荷重  $w$  : 沈下  $B, L$  : ラフト幅  
 正方形ラフトの場合  $\beta = 1.06$   $\sqrt{BL} = B$