

## 733 拡底杭の鉛直支持力に及ぼす先端形状の影響に関する一実験

広島大学 学○深田卓宏 正 徐 挺  
正 山本春行 正 富永晃司  
ジオトップ 正 小椋仁志

### § 1. はじめに

近年、構造物の重量化に伴い、基礎構造に対する要求支持力が増大する傾向にある。一方、施工時の騒音や振動等の公害対策も、かなりの多様性を示すようになってきている。杭基礎における先端部を拡径した拡底場所打ちコンクリート杭等も、このような背景から考え出された工法の一つである。拡底杭は、その底面積に見合った先端支持力を設計上採用しているが、その支持機構について検討した研究は数少なく、文献<sup>1)</sup>の数値解析による研究が見られる程度である。

このような背景の下で、本研究は、拡底部の支持機構の解明を目的としており、一連の小型模型実験を計画・実施している。本報では、その一実験結果について報告する。

### § 2. 実験概要

#### 2-1. 実験装置

本実験装置、模型杭、模型地盤、および実験方法等は、文献<sup>2)</sup>で示した通りである。したがって、本報では、これらを簡単に紹介するに留める。

実験装置の概要は、図1に示すように、加圧砂地盤タンク、載荷装置、および計測部で構成されている。なお、加圧砂地盤タンクは、高さ600mm、直径584.2mm、厚さ12.7mmの鋼管で作製した。このタンクの内径は、杭の貫入に伴う地盤変形の影響を考慮し、拡底径の10倍以上とした。また、タンク内壁には、シリコングリスと2重のテフロンシートを貼付し、壁面と地盤材料間の摩擦軽減を行っている。模型地盤への加圧は、地盤表面に設置した厚さ30mmの鋼板に4台の5ton油圧ジャッキを用いて行い、最大700kN/m<sup>2</sup>まで加圧可能である。

#### 2-2. 模型杭

模型杭は、直径30mmの鋼棒からなる軸部と、拡底径54mmのモルタル製の拡底部を接着し、作製した。実験を予定している杭の先端形状は、図2に示す通りである。これらの模型杭は、文献<sup>1)</sup>で対象とされている杭(軸部φ1500mm、拡底部φ2700mm)の1/50模型である。

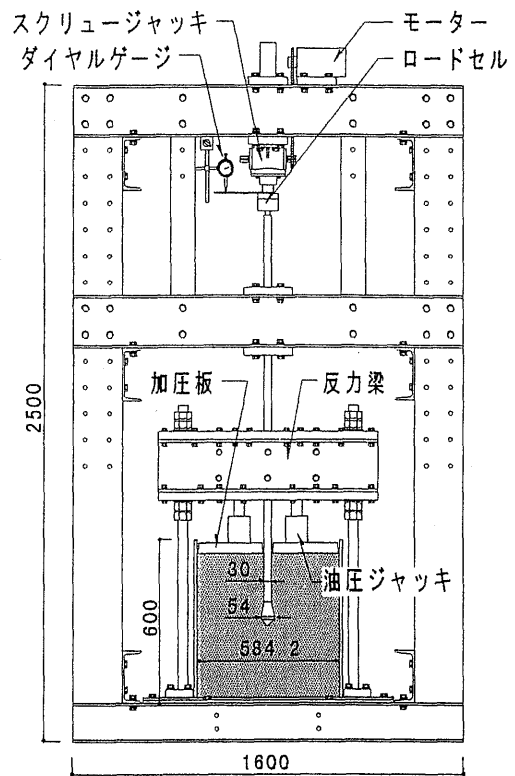
本報では、これらの先端形状のうち、フラット形の杭の載荷実験について報告する。

#### 2-3. 模型地盤

模型地盤材料には、気乾状態の豊浦標準砂を用いた。地盤材料については、JIS規格に基づいた試験から、表1に示す諸元が得られている。模型地盤の作製は、多重ふるい付きサンドレイナーを用いた空中落下法により行い、相対密度Dr=90%の密な地盤に調整した。なお、模型地盤表面の整形は、真空ポンプによる非接触吸引法により行った。

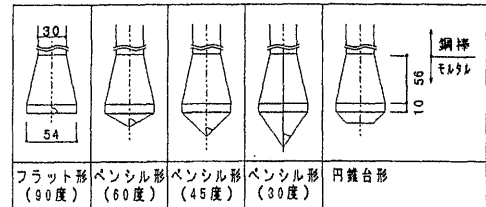
#### 2-4. 実験方法

模型実験において、場所打ちコンクリート杭の施工状態を再現することは困難である。そこで、本実験では、地盤および杭体に、応力履歴を与えないで杭を設置することを第一に考え実験手順を決定した。具体的には、まず杭先端位置まで地盤を作製し、杭をセットした後に、改めて杭先端から上部の地盤を作製した。この作業工程により、通常の場所打ちコンクリート杭に類似した条件を作り出している。



(単位: mm)

図1. 実験装置図



(単位: mm)

図2. 模型杭の先端形状

模型地盤作製後は、設定した地盤の応力状態を与えるため油圧ジャッキを用いて上載圧を加え、模型地盤の安定を待って実験を開始した。載荷は、変位制御により、載荷速度 0.5mm/min で行った。また、実験終了後は、杭先端部周辺地盤を注意深く掘削し、杭先端部の破壊状況を観察した。

### § 3. 拡底杭の載荷実験結果

本実験で得られた荷重-沈下量関係を正規化したものを図3に、載荷実験後の杭先端部破壊状況を図4に示す。なお、図3には、多数の場所打ちコンクリート杭の載荷試験結果から得られた荷重-沈下量関係<sup>3)</sup>の上・下限値も併せて表記している。ここでは、文献<sup>3)</sup>の表現と合わせるため、文献<sup>4)</sup>で示されている(1)式を用い、本実験におけるN値を12と推定した。また、岸田・高野の提案式<sup>5)</sup>による杭先端極限支持力度も、参考値として図中に示している。ただし、この式に適用した地盤変形係数等の各係数は、文献<sup>6)</sup>、<sup>7)</sup>によった。

$$N = \exp(2.21 \ln D_r + 0.754 \ln P_v - 7.38) \dots (1)$$

ここに、 $D_r$  : 相対密度、 $P_v$  : 上載圧

本実験結果は、極限状態を迎えるまでは文献<sup>3)</sup>の実測上限値に近い挙動を示していることが、図3より読み取れる。しかしながら、極限支持力は 2100kN/m<sup>2</sup> 程度と、岸田・高野の推定値 (3900kN/m<sup>2</sup>) をかなり下回る結果となった。また、場所打ちコンクリート杭では、通常、 $S/d=10\%$  (ここに、 $S$ =沈下量、 $d$ =杭径) 時の支持力を、杭の先端極限支持力と見なしているが、本実験では  $S/d=10\%$  のほぼ 1/2 にあたる、 $S/d=5\%$  の段階で極限支持力が得られている。これは、本実験での極限支持力が地盤の破壊ではなく、図4に示されているような杭体の破壊により発現しているためであると考えられる。文献<sup>1)</sup>でも、杭底面における円周方向のクラックと、そこから半径方向に伸びるクラックの発生により、支持力の低下が引き起こされると記述されており、本実験でも、このことを示唆する破壊形式が現れている(図4 b)。しかしながら、杭軸部(鋼棒)と拡底部(モルタル)の接合面直下において、鋼棒で圧縮され固結したコーン形状の領域が形成されており、その影響による軸方向(鉛直方向)のクラックも確認されている(図4 a)。このことより、現段階では、拡底部に生じたクラックが解析結果に準ずるものであるのか、コーン部分の貫入によるものであるのか結論付けることは難しい。

### § 4. 結語

本実験では、杭先端部のクラック発生を明らかにすることができなかった。鋼棒による圧縮コーン領域の発生により、破壊メカニズムが複雑になったためである。今後、この点について改善した実験を行い、先端形状が支持力に与える影響を調べてゆく予定である。

【参考文献】1) 山崎ら：拡底場所打ちコンクリート杭耐力に対する先端部施工形状の影響の解析，日本建築学会構造系論文集，第 470 号，1995. 4

2) 深田ら：杭の鉛直支持力に及ぼす先端形状の影響(載荷実験用加圧砂地盤タンクのキャリブレーション)，日本建築学会中国支部研究報告集，1999. 3 (投稿中)

3) 日本建築学会編：建築基礎構造設計指針

4) 下平ら：砂地盤における標準貫入試験の結果に関する考察，第 21 回土質工学研究発表会，昭和 61 年 6 月

表 1. 地盤材料の諸元

産地	山口県豊浦	
50%粒径	$D_{50}$	0.20 (mm)
均等係数	$U_c$	1.21
土粒子の比重	$G_s$	2.66
最大密度	$\rho_{max}$	1.646 (g/cm <sup>3</sup> )
最小密度	$\rho_{min}$	1.332 (g/cm <sup>3</sup> )

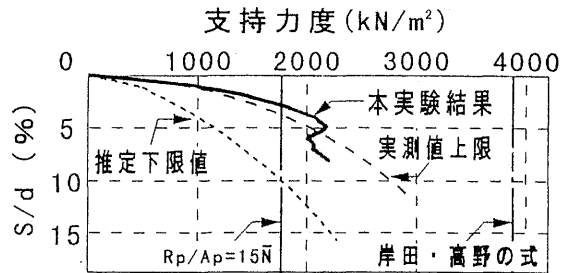
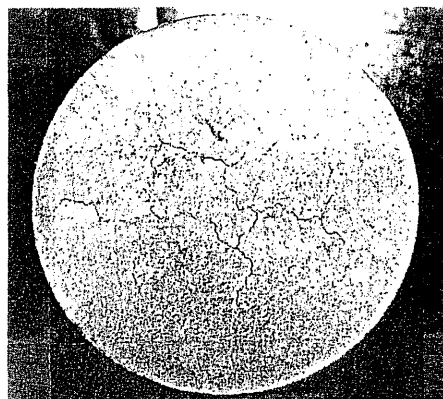


図 3. 荷重-沈下量関係



(a) 側面



(b) 底面

図 4. 杭先端部(拡底部)破壊状況

5) 土質工学会編：杭基礎の設計法とその解説

6) 竹内健治：傾斜地における杭基礎の水平抵抗機構に関する研究，平成 8 年度修士論文

7) 矢野克馬：浸透載荷装置を用いた杭の周面摩擦抵抗機構に関する実験的研究，平成元年度修士論文