

拡底場所打ちコンクリート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

正会員○深田卓宏*1 正会員 徐挺*2
正会員 山本春行*3 正会員 富永晃司*4
正会員 小椋仁志*5

§ 1. はじめに

基礎構造に対する要求支持力が增大している今日において、経済的な面から、拡底場所打ちコンクリート杭が用いられる例が多く見られる。しかし、この杭の先端支持力機構に関しては不明な点が多い中で、設計は、直底面を持つ杭で得られた経験に基づいて行われているのが現状である。この現況に対し、山崎ら¹⁾は解析的検討から、地盤の極限支持力が発揮されるまでに杭先端部に破壊が生じる危険性があることを指摘している。

本論文では、山崎らの示した現象を確認し、拡底杭の支持機構の解明を試みるために行った、小型模型実験の一実験結果について報告する。また、本論文の実験条件とは若干異なるが、以前に同様の実験を行っている(文献²⁾)ので、本実験結果と比較検討した結果についても報告する。

§ 2. 実験概要

本実験で用いた載荷装置、模型杭、模型地盤、及び実験方法等は、文献²⁾とほぼ同じである。したがって、以下では概要を記すに留める。

2-1. 実験装置

図1に、実験装置の概略を示す。本装置は、杭への載荷機構と、模型地盤への載荷機構により構成されており、これらはそれぞれ、モーターによる変位制御、及び油圧による荷重制御の方法が用いられている。また、模型地盤を収納する土槽(加圧砂地盤タンク)は、杭の支持力の影響範囲が土槽側壁まで達しないよう、拡底径(φ54mm)の10倍以上の内径(φ584.2mm)を有している。さらに、土槽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の軽減を行っている。

2-2. 模型杭

実験パラメータとしては、図2に示す5種類の先端形状について実験を予定している。これらの先端形状のうち、本論文では、モルタル強度50kgf/cm²でフラット形の先端を有する拡底杭の載荷実験について報告する。実際に用いた模型杭は、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たものである。また、拡底部の側面勾配は文献^{1),3)}を参考にして、鉛直面に対して12°とした(図2参照)。

2-3. 模型地盤

実験に供した地盤材料は、気乾状態の豊浦標準砂である。その物性は、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ている。

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、地盤及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、杭を所定の位置にセットした後、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、通常の場合場所打ちコンクリート杭に類似した条件を作り出す。

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(P_v=1kgf/cm²)を加え、地盤内応力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で行っている。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。

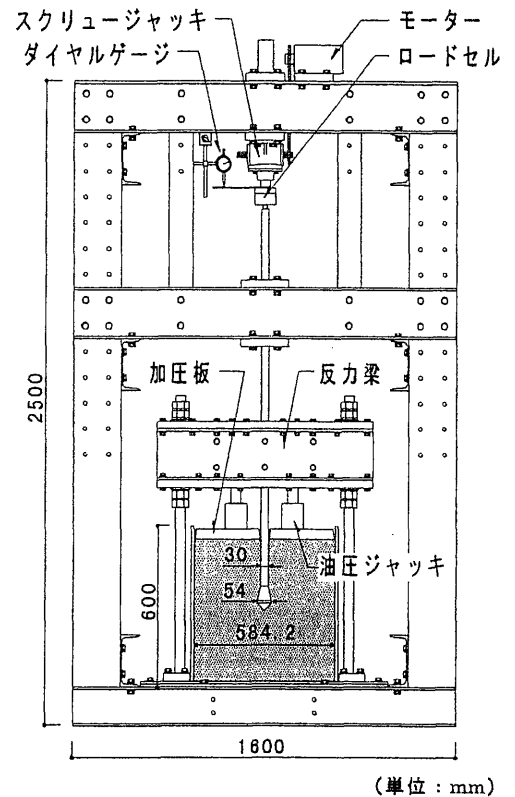


図1. 実験装置図

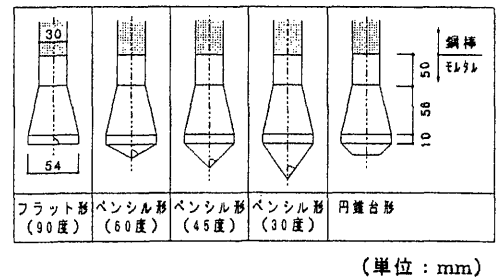


図2. 模型杭の先端形状

§ 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、図3及び図4に示す。

図3は、本実験結果と文献²⁾の実験結果を比較したものである。本実験と文献²⁾の相違は、モルタル強度や鋼棒とモルタル部の接合形状が異なっていることにある。したがって、終局状態付近の挙動や最大支持力の比較は困難であるが、杭体が健全であると考えられる初期状態での挙動は一致しており、このことから、実験(模型地盤)の再現性は十分であることが確認できたと考えている。

図4は、支持層が砂礫土槽である場合の場所打ちコンクリート杭の載荷試験結果³⁾との比較である。ただし、本実験におけるN値は、上載圧及び相対密度からN=12と推定し、文献³⁾の表現と合わせている。また、一般的に用いられている支持力算定式³⁾により得られた杭先端基準支持力も併せて表記している。同図より、本実験結果は、最大支持力を示すまでは実測上限値に近い挙動を示していることが確認できる。しかしながら、本実験ではS/d=6.5%程度で支持力の低下が起きている。場所打ちコンクリート杭の設計には、通常、極限支持力ではなく、S/d=10%(ここに、S=沈下量、d=杭径)時の支持力に相当する先端基準支持力が用いられており、このことを考慮すると、本実験での最大支持力が地盤の破壊ではなく、杭体の破壊に依存しているものと推測できる。

この根拠として、図5に、実験後の杭先端部破壊状況を示す。文献¹⁾では、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いるが、本実験及び文献²⁾でも、これに近いクラックの発生(図5 a)が確認されている。また、文献²⁾の実験で発生していた底面まで達する軸方向(鉛直方向)のクラックは、本実験では確認されていない(図5 b)。したがって、本実験で確認された底面クラックは、文献¹⁾に準ずるものではないかと考えている。ただし、本実験でもモルタル軸部における破壊が認められているため、底面のクラックを支持力低下の原因と断定するまでには至っていない。

§ 4. 結語

本実験では、拡底部底面のクラック発生を確認することが出来た。しかしながら、それが支持力の低下を引き起こすものであると確認付ける結果は得られていない。今後、

- 1) 鉄筋に相当するものを設置し、杭軸部での破壊を抑える
- 2) モルタルと地盤材料間の摩擦係数を実際の場所打ちコンクリート杭の摩擦係数に近づけるよう、モルタル表面の粗さを調節する

等の改善策を施した上で、引き続き、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。

【謝辞】

最後に、本実験の計画から実施に至るまで、広島大学工学部技官・原田誠一氏、および学部4年生景山和弘氏には多大な協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 山崎ら：拡底部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：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，第32回地盤工学研究発表会，1997.7
- 3) 日本建築学会編：建築基礎構造設計指針

*1 広島大学大学院国際協力研究科大学院生
 *2 広島大学大学院国際協力研究科助手・工博
 *3 広島大学大学院国際協力研究科助教授・工博
 *4 広島大学大学院国際協力研究科教授・工博
 *5 (株)ジオトップ・工博

Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima Univ.
 Res. Assoc., Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima Univ., Dr. Eng.
 Assoc. Prof., Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima Univ., Dr. Eng.
 Prof., Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima Univ., Dr. Eng.
 GEOTOP, Dr. Eng.

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	ρ_{max}	1.646 (g/cm ³)
最小密度	ρ_{min}	1.332 (g/cm ³)

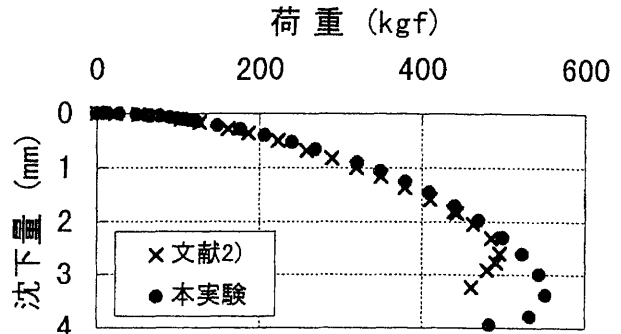


図3. 荷重-沈下量関係

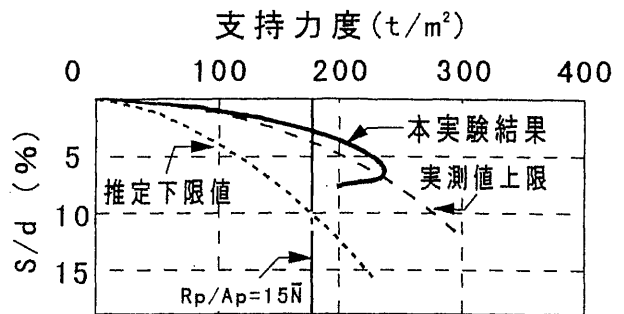
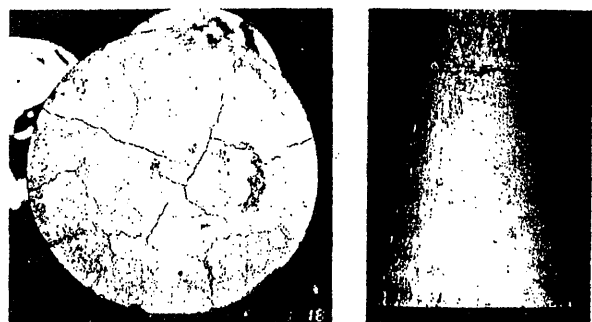


図4. 支持力度-沈下量杭径比関係



(a) 底面 (b) 側面

図5. モルタル部(拡底部)破壊状況