

地盤改良併用型杭の組み合わせ荷重載荷模型実験

武蔵工業大学 学生会員 ○高橋辰弥 野口晴央
武蔵工業大学 正会員 末政直晃 片田敏行

1.はじめに

近年 地盤改良体に芯材として鋼管やH鋼を挿入した地盤改良併用型杭が開発され、広く実用されている。この杭は地盤改良することにより、杭周辺地盤の強度・剛性が増加するため、改良体を有しない杭に比べ、その鉛直支持力・水平支持力が大幅に改善される。しかしながら、組み合わせ荷重が作用した時の地盤改良併用型杭の強度特性は、十分には明らかにされていないのが現状である。

そこで本研究では、性能設計法を見越して杭の終局状態まで着目し、地震荷重によって生じる軸力、曲げモーメントの組み合わせ荷重が作用する時の杭の挙動を定量的に評価することを目的とする。本論では、地盤改良併用型杭の模型杭に軸力を作用させて水平載荷実験を行い、曲げモーメントと軸力の関連性について調べた。また、地盤改良併用型杭の部材特性を把握できるファイバーモデルを用いて解析を行い、実験値と比較・検討した。

2.実験概要

軸力水平載荷実験概略図を図-1に示す。実験に使用した載荷装置は、5kN計のロードセルを装備した変位制御型の鉛直載荷試験機である。この装置は模型杭を鉛直方向にネジで固定し、ペロフラムシリンダーにより軸力を作用させることができるものである。載荷方法は、所定の軸力が作用していることを確認した後、0.02mm/sの定速度による変位制御により、模型杭の先端部分に1点載荷で実験を行った。

実験条件は、軸力を0N、500N、1000N、1500N、2000N、2500Nと変化させた、全6ケースとした。模型杭にはアルミナセメント・関東ローム・水を所定の配合条件(W/C=80%、C： m_s =8:1)で作成した模型地盤改良体(直径22mm、杭長250mm、固定部分50mm)に、芯材として珪砂7号をまぶした中空アルミ角棒(外径10mm、肉厚1mm)を挿入したものをを用いた。また、改良体は一軸圧縮試験結果より、変形係数 $E=598\text{MPa}$ 、一軸圧縮強度 $q_u=7.15\text{MPa}$ であった。測定項目は、ロードセルによる荷重(水平荷重と軸力)と変位計による変位、ひずみゲージによるひずみ(改良体と芯材の圧縮側と引張側の土台近傍に1ヶ所ずつ)とした。これらの値を変位が3cmに達するまで計測した。

3.解析概要

ファイバーモデルとは、材料非線形特性に着目した曲げ変形解析であり、異なる部材から成る複合体を別々に考慮する離散化手法である。計算方法¹⁾は、断面を層状に分割して中立軸位置を仮定し、ひずみは直線的に分布する(平面保持の法則)として、各部材の構成則より応力・合力を求める。そして、合力のつり合い式が成り立つように繰り返し計算によって中立軸位置を決定する。そして、合力と合力作用位置が

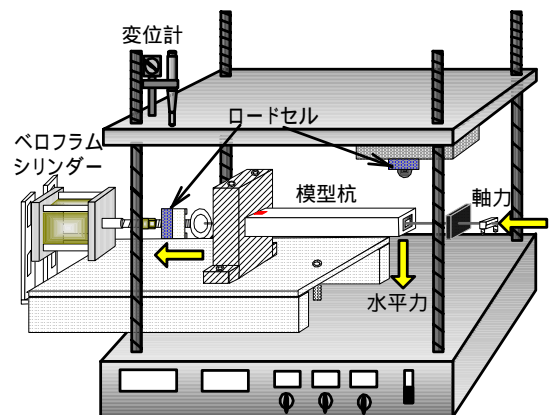


図-1 軸力水平載荷実験概略図

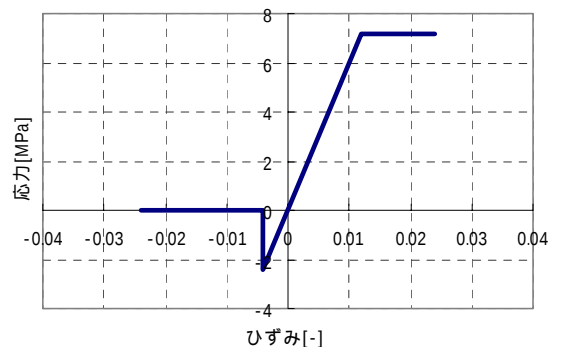


図-2 改良体の応力-ひずみ関係

キーワード：杭基礎、模型実験、載荷試験、ファイバーモデル

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL&FAX03-5707-2202

ら曲げモーメントを、圧縮縁ひずみと中立軸位置から曲率を算出する。本実験で使用した模型杭は矩形断面であるため、断面面積の計算を簡便にできるというメリットがある。また、本解析では断面を 440 分割して実施した。

図-2 に改良体、図-3 にアルミの応力-ひずみ関係をそれぞれ示す。改良体の構成則には、一軸圧縮試験結果から得られた応力-ひずみ関係を簡略化したものを用いた。降伏後の挙動は、圧縮側は圧縮強度のまま一定、引張側は 0 まで低下するとした。アルミの構成則には、アルミニウムハンドブック²⁾の値を簡略化した関係を用いた。降伏後の挙動は圧縮側、引張側ともに変形係数の 1/100 となるように設定した。

4.実験結果と解析結果の比較

図-4 に実験結果および解析結果を示す。図には、0N と 2500N の 2 ケースを示す。図より、軸力の大きさにかわらず初期は同じ傾きで推移したが、曲率が増加するにつれて軸力の大きいケースの方が同一曲率における曲げモーメントは小さい値を示した。この理由として、軸力による圧縮応力が生じているため、模型杭の圧縮強度に至るまでの圧縮応力増分が減少したことが挙げられる。次に、実験値と解析値を比較すると、0N と 2500N の両方のケースでほぼ一致していることが確認できる。このことから、ファイバーモデルを用いることで、模型杭に軸力が作用した時の降伏後の曲げモーメント-曲率関係について評価できたと考えられる。

図-5 に降伏時の曲げモーメント-軸力関係を示す。ここで降伏の定義を、実験では曲げモーメント-曲率関係において非線形的な挙動を示し始めた時とし、解析では改良体の圧縮縁ひずみが降伏ひずみに達した時とした。図より、初期の段階では軸力によって降伏曲げモーメントが向上しているが、軸力が大きくなるにつれて降伏曲げモーメントが減少しているのがわかる。また、実験値と解析値を見ると、解析値の方が同一曲率における降伏曲げモーメントは大きな値を示した。これは、解析では載荷時に発生するせん断力を考慮していないため、実験値と比較して、降伏曲げモーメントの値が大きくなると考えられる。

6.まとめ

本研究では、地盤改良併用型杭の模型杭に組み合わせ荷重が作用した時の強度特性に着目して実験・解析を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 軸力水平載荷実験より、模型杭に軸力が作用すると降伏曲げモーメントが減少した。
- 2) ファイバーモデルによって、模型杭に軸力が作用した時の曲げモーメント-曲率関係を評価できた。
- 3) 降伏時の曲げモーメント-軸力関係より、実験値の降伏曲げモーメントは軸力の大小により変化の仕方が変わることがわかった。また、解析値は実験値に比べ降伏曲げモーメントが大きくなることがわかった。

<参考文献> 1)池谷ら：鉄筋コンクリート柱の破壊形式の判定と靱性評価，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20 No.3 Page259-264，1998 2)日本アルミニウム協会：アルミニウムハンドブック

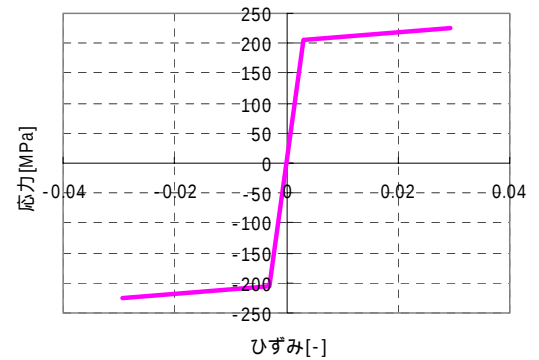


図-3 アルミの応力-ひずみ関係

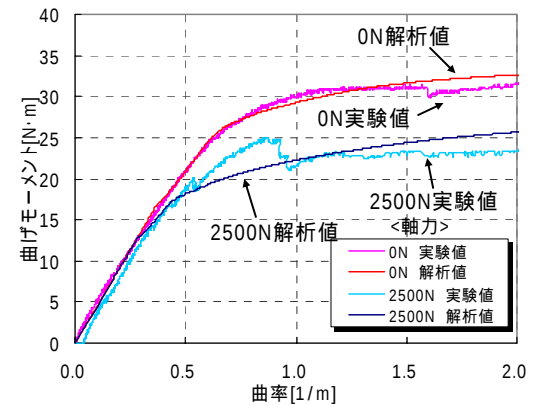


図-4 曲げモーメント-曲率関係

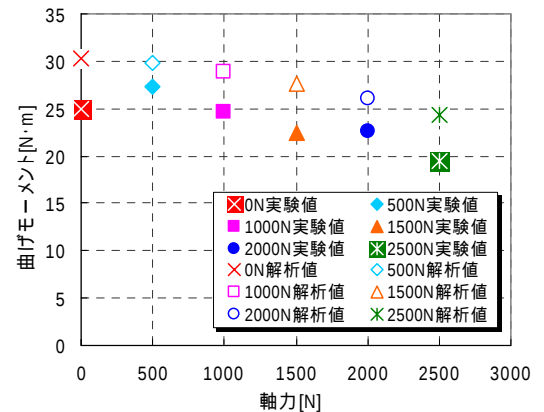


図-5 降伏曲げモーメント-軸力関係