

組み合わせ荷重の影響を受ける地盤改良併用型杭の弾塑性挙動に関する研究

武蔵工業大学大学院 学 〇野口晴央 学 福島裕二
 武蔵工業大学 正 末政直晃 正 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、広く実用に供されている。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、その鉛直支持力・水平支持力が大幅に改善される等の利点がある。しかし、比較的新しい工法であるため、杭の塑性後の挙動は曲げモーメント、軸力、せん断力の組み合わせ荷重の影響を十分に考慮していない。

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、塑性後の挙動および組み合わせ荷重の影響を検討することを目的とする。本論では、組み合わせ荷重の影響を受ける地盤改良併用型杭の弾塑性挙動について、材料の非線形性を考慮できるファイバーモデルを用いて検討した。また、降伏曲面関数として、楕円の公式を仮定して弾塑性挙動のモデル化を試みた。

2.解析概要

解析で用いた地盤改良併用型杭の模型杭は、石膏・関東ローム・水を配合した直径 $d=56\text{mm}$ の模型地盤改良体に、芯材として外径 16mm 、肉厚 1mm の中空アルミ棒を挿入したものをを用いた。また、改良体は変形係数: $E_{50}=305\text{MPa}$ 、一軸圧縮強度: $q_u=1.91\text{MPa}$ であった。

図-1 にファイバーモデルの概念図を示す。計算方法¹⁾としては、断面を層状に分割して中立軸位置を仮定し、ひずみ分布を算出する。ここで、各部材の構成則を用いて応力および合力を求め、外力がつり合うことを条件とし、収束計算により中立軸位置を決定する。そして、合力と合力作用位置から M (曲げモーメント) を、圧縮縁ひずみと中立軸位置から ϕ (曲率) を算出する。

解析は改良体の圧縮縁ひずみが 0.06 となるまで逐次繰返し計算を行った。また、解析ケースは、軸力のみで模型杭が降伏する領域を除いて、 -6000N から 12000N まで変化させた全 18 ケースとした。解析パラメータとして、改良体の構成則を図-2、アルミの構成則を図-3 に示す。改良体の構成則は、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を用いた。また、引張応力を圧縮側の $1/3$ とし、引張応力を受け持たせることでより実現象に近いモデルとした。アルミの構成則は、アルミニウムハンドブック²⁾の値に基づき仮定した。また、圧縮と引張は原点に対称となるようにした。降伏の定義としては、改良体の圧縮縁ひずみが降伏ひずみに達した

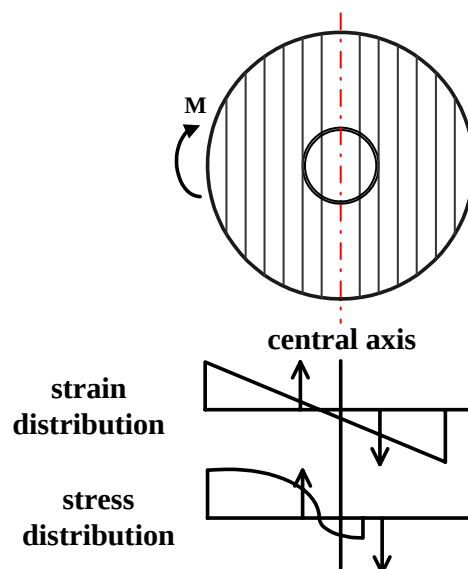


図-1 ファイバーモデルの概念図

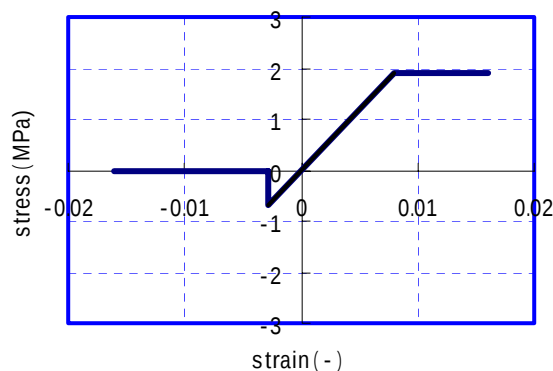


図-2 改良体の構成則

キーワード 杭基礎、組み合わせ荷重、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 & FAX 03-5707-2202

時点，終局の定義としては，曲げモーメントが増加せず
に収束した時点とした．また，降伏曲面の関数として仮
定した楕円の公式を式(1)に示す．ここで，曲げモー
メント M および軸力 N は式(2)，(3)より正規化している．

$$f = \left(\frac{m}{m_0} \right)^2 + \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 - 1 = 0 \quad (1)$$

$$m = \frac{M}{\sigma_c A_c \cdot d} \quad (2)$$

$$n = \frac{N}{\sigma_c A_c} \quad (3)$$

ここで， σ_c は改良体の圧縮強度， A_c は改良体の面積，
 d は改良体の直径， m_0 は純曲げ時の正規化降伏曲げモー
メント， n_0 は軸力のみで圧縮破壊したときの正規化軸力
である．

3. 解析結果

図-4 に M - N 降伏曲面を示す．図より，正規化軸力が
大きくなるにつれて降伏時の曲げモーメントが減少して
いることがわかる．また，それぞれの軸力作用時の降伏
曲げモーメントは，ファイバーモデルと降伏曲面関数と
でほぼ一致していることがわかる．これより，曲げモー
メントと軸力の組み合わせ荷重の影響を，楕円の降伏曲
面関数で表現できることが確かめられた．

図-5 は正規化した軸力に対する塑性ひずみベクトルの
角度を示したものである．法線ベクトルとは，先に示し
た楕円の降伏曲面に直行する方向を示す．また，塑性ひ
ずみ増分の角度とは，塑性後の曲率の増加量と平均ひず
みの増加量の比より求まる角度である．図より，法線ベ
クトルと塑性ひずみ増分の角度がほぼ一致していること
がわかる．これより，地盤改良併用型杭では関連流れ則
が適用でき，降伏曲面と塑性ポテンシャルの関数を同一としてモデル化できることが示されている．

4. 結論

本研究では，地盤改良併用型杭の塑性後の挙動と組み合わせ荷重の影響について検討するため，数
値解析を実施した．その結果について以下にまとめて示す．

1) 軸力の影響を考慮したファイバーモデル結果より，曲げモーメントと軸力の組み合わせ荷重の影響
を確認する事ができた．また，曲げモーメントと軸力の M - N 降伏曲面は楕円の降伏曲面関数で再現で
きる事がわかった．

2) 正規化した軸力に対する塑性ひずみベクトルの角度と法線ベクトルより，地盤改良併用型杭では関
連流れ則が適用できる事がわかった．

<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 Page.259-264，1998 2) 日本アルミニウム協会：アルミニウムハンドブック，2001.10

<謝辞> 本研究は(社)日本鉄鋼連盟学生研究助成を受けて行ったもので，ここに記し謝意を表します．

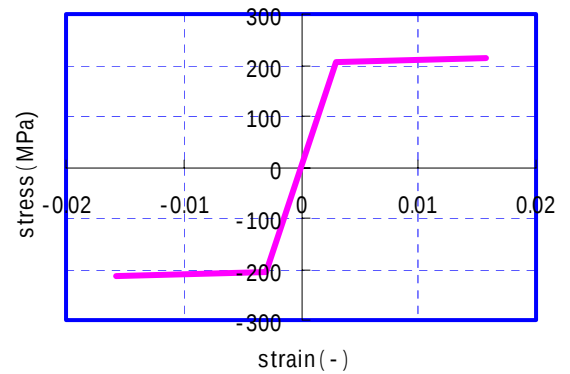


図-3 アルミの構成則

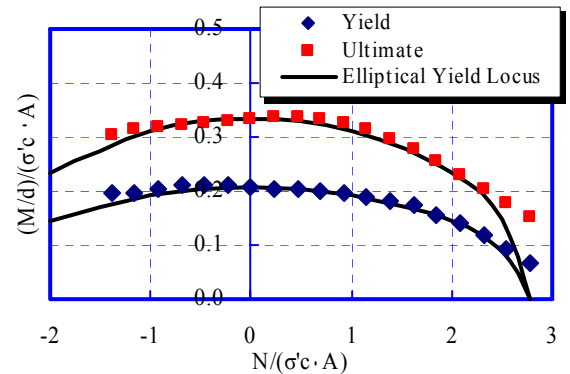


図-4 M - N 降伏曲面

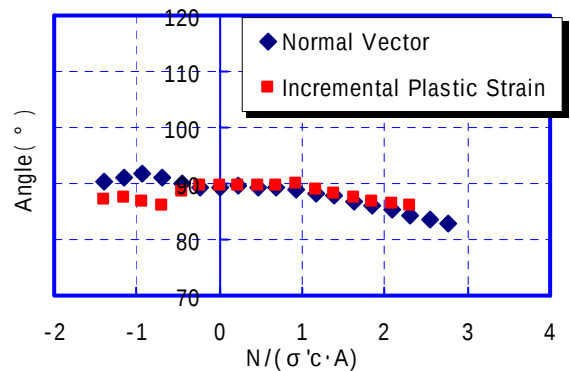


図-5 角度 - 正規化軸力関係