

## III-499

## 杭の摩擦抵抗について（材質の影響）

○宇都宮大学 正会員 横山 幸満

宇都宮大学 柳沼 健一

宇都宮大学 AMIRA MAHER

## 1. はじめに

杭の支持力機構には杭先端での抵抗と杭周面での摩擦抵抗があるが、摩擦抵抗には不確定な要素が多く安全率が高めに設定されているのが現状である。杭の鉛直支持力理論で与えられた極限周面摩擦力度は、 $f_u = K p_v \tan \delta$ （ $K$ ：土圧係数、 $p_v$ ：有効上載圧、 $\delta$ ：杭表面と砂との摩擦角）である。しかし  $f_u$  が発揮されるにはある程度の変位が必要であり、極限に至る前の摩擦抵抗は変位に依存する。AMIRAら<sup>1)</sup>はアクリル製の模型杭を用いて摩擦力と変位との関係を求めたが、アクリルは他の材質に比べて変形性が大きいことから、材質により摩擦力の発揮度が異なるのではないかという疑問が提起された。今回はアクリルに比べて剛性の大きなアルミニウム製の模型杭を用いて、変位と摩擦抵抗の関係が杭の材質の違い（変形性の違い）の影響をどの程度受けるかを調べた。

## 2. 実験概要

実験に使用した試料は稲城砂で、その物理的性質を表-1に示す。模型杭はアルミニウム、アクリルの2種類を用いた。表-2に示すようにアルミ杭の弾性係数  $E$  はアクリル杭の約20倍、断面剛性  $EA$  は約6倍である。模型杭を埋め込んだ砂地盤を空中落下式ポアリングにより相対密度が85%前後になるように作成し、地表面に上載圧を加えた状態で変位制御により杭頭に載荷を行い（図-1）、杭頭変位、杭頭荷重、深さ0,8,16,24,32,40[cm]での杭本体のひずみを測定した。載荷方法は押し込み、引き抜きの2通りとし、上載圧  $p$  は0.5,1.0,1.5[kgf/cm<sup>2</sup>]の3通りで行った。

## 3. 実験結果と考察

図-2は杭頭沈下量／杭径と杭の全摩擦力との関係を示したものである。なおアルミ杭での摩擦力には  $A_{AC}/A_{AI}$ （ $A_{AC}$ ,  $A_{AI}$ ：アクリル杭、アルミ杭の周面積）を乗じ、アクリル杭との周面積の違いによる補正を行っている。摩擦力は変位が増すに従って緩やかな曲線を描いて上昇し、ある変位を過ぎると増加しなくなる。ここでの値が極限摩擦力である。この極限状態に至るまでに杭径比の8%程度の変位があることが分かる。

図-3は杭体内部に伝達される軸力の分布を表している。軸力は深さが増すに従って減少し、杭先端部に伝達される軸力は杭頭の1/3～1/2の値となっている。これは摩擦抵抗によるものである。この軸力分布の勾配から杭の各深度に作用する摩擦力度が計算できる。

図-4は杭の深度  $x$  cmにおける変位  $v$  と摩擦力度  $f$  との関係である。枠内の点は、ある一時点での各深さでの値を表す。載荷によって杭頭に変位を与えたとき、杭体は弾性変形を生じるため杭の各深さで

表-1 試料の物性

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 土粒子密度 $\rho_s$         | 2.689(g/cm <sup>3</sup> )  |
| 均等係数 $U_c$             | 2.50                       |
| 最大乾燥重量 $\gamma_{dmax}$ | 1.739(gf/cm <sup>3</sup> ) |
| 最小乾燥重量 $\gamma_{dmin}$ | 1.412(gf/cm <sup>3</sup> ) |

表-2 模型杭の概要

|                                      | アルミ杭    | アクリル杭  |
|--------------------------------------|---------|--------|
| 杭長 (mm)                              | 45      | 45     |
| 外径 (mm)                              | 24      | 25     |
| 内径 (mm)                              | 23      | 21     |
| 肉厚 (mm)                              | 0.5     | 1.0    |
| 断面積 (mm <sup>2</sup> )               | 36.91   | 144.51 |
| 弾性係数 (kgf/mm <sup>2</sup> )<br>(実測値) | 3554.19 | 150.85 |
| ポアソン比 (実測値)                          | 0.29    | 0.38   |

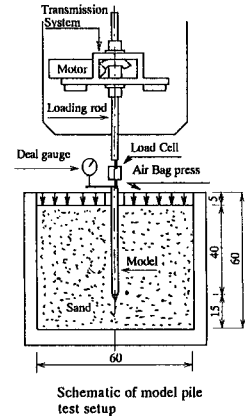


図-1 実験装置

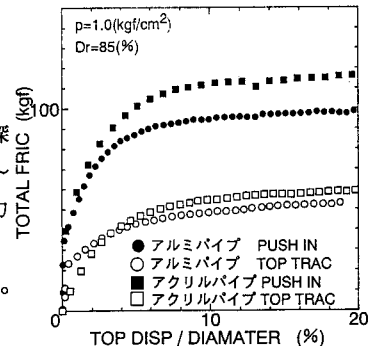


図-2 杭頭沈下量／杭径比～全摩擦力

の変位は深くなるに従って小さくなる。図-4よりこの傾向はアクリル杭の場合は大きくアルミ杭では小さいことが分かる。これが変形性の違いによって生じる現象である。変位が約0.2cmまでは指数曲線  $f = k v^n$  ( $n$ :べき乗数、 $k$  [kgf/cm<sup>2+n</sup>]:地盤反力常数) の形状をしている。曲線の初期の勾配はアルミ杭の方がアクリル杭よりもやや大きい。この曲線を  $f = k v^n$  に近似させた際のパラメーター  $k$ ,  $n$  に関してアルミ杭のものとアクリル杭のものの比によって表したのが図-5,6である。

べき乗数  $n$  は  $n_{Al}/n_{Ac}$  比が0.8~1.2の間におさまりアルミ杭とアクリル杭とで違いはないといえる。地盤常数  $k$  については比が0.8~1.8の間にあり、 $k_{Al}$  のほうが幾分大きくなる傾向がみられる。但し2倍3倍といった開きではない。従ってアルミ杭とアクリル杭の  $f_x-v_x$  関係は同じ形状をした曲線に近似できることが言える。なお、 $k$  の値が大きく異なっているのは杭表面の粗滑の状態によるもので、変形性の違いによる影響ではないものとする。

#### 4. 結論

① 摩擦抵抗  $f$  と変位  $v$  は非線形の関係にあり、極限にいたる前は  $f = k v^n$  に近似できる。②  $f = k v^n$  の非線形パラメーター  $k$ ,  $n$  は杭の材質（変形性）の違いによらずにほぼ同じ値をとり変位量～摩擦関係は同じ様な曲線を描く。

#### 【参考文献】

- 1) AMIRA, M, ARAI, H, YOKOYAMA, Y, (1993): RESPONSE OF TWO DIMENTIONAL ELASTIC MODEL PILE, 第28回土質工学研究発表会, Vol12, pp1631~1632
- 2) 横山幸満 (1993): 実作用荷重下の杭の非線形沈下挙動 土木学会論文集, 第462号/VI-18, pp.93~100

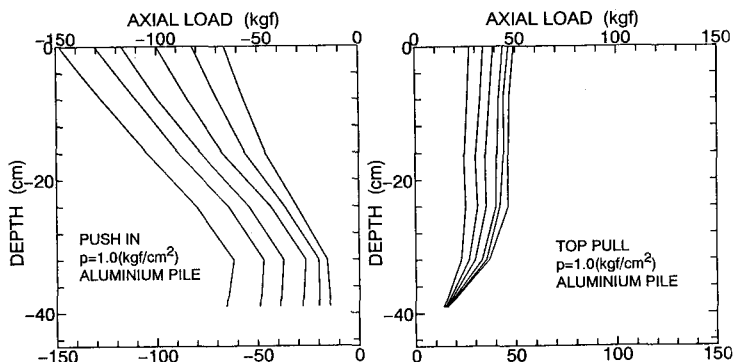


図-3 軸力分布図

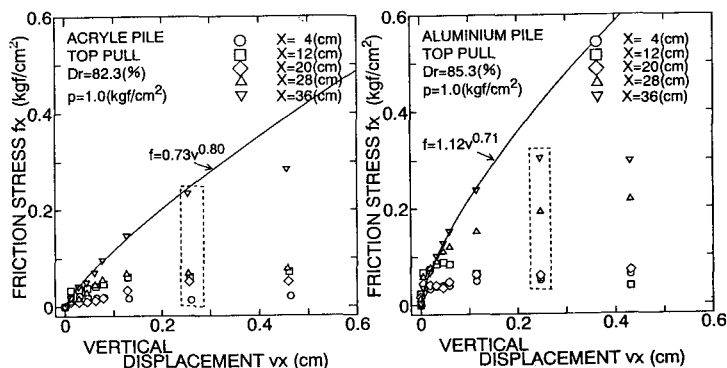


図-4 各深さでの変位量～摩擦力度

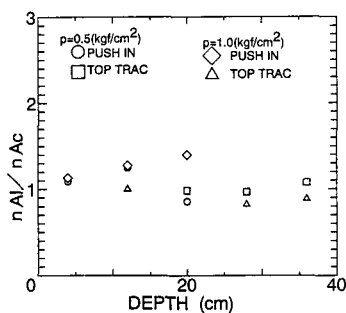


図-5 アルミ杭とアクリル杭の  
べき乗数  $n$  の比

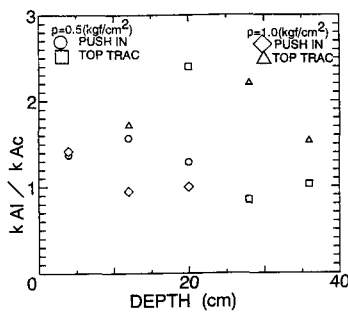


図-6 アルミ杭とアクリル杭の  
地盤常数  $k$  の比