

テーパー状押し広げによる杭の支持力改善効果

九州大学大学院 学生会員 坂本俊彦  
 九州大学大学院 フェロー 落合英俊  
 九州大学大学院 正会員 安福規之

1. はじめに 現在、環境面に配慮した建設工事が求められる中、鋼管ソイルセメント杭工法は低振動・低騒音基礎工法として杭基礎の重要な工法となっている。これらの杭は地盤中に直接コンクリートを打設するため、コンクリート表面の凹凸と地盤との密着度が高く、地盤と杭との力学的な境界の摩擦力は地盤内のせん断抵抗によって発揮されることが知られている。本研究では、これらの杭に使用されているセメント等の注入による影響で杭が膨張することにより地盤内水平応力が増加し、周面摩擦力が改善されると考えた。この周面摩擦力改善効果について、杭の押し広げ形状を平行押し広げ・テーパー状押し広げと変化させた模型荷重実験により検討した。

2. 周面摩擦力改善効果の考え方

砂地盤における杭の周面摩擦力は一般に式(1)で表される。

$$f_s = \sigma_{h0} \tan \phi \quad (1)$$

ここに、 $f_s$ ：周面摩擦力、 $\sigma_h$ ：杭に作用する水平応力、 $\phi$ ：摩擦抵抗角  
 杭押し広げにより変化する水平応力に着目した周面摩擦力は式(2)で表される。

$$f_s = (\sigma_{h0} + \Delta\sigma_{h1}) \tan \phi \quad (2)$$

ここに、 $\sigma_{h0}$ ：初期水平応力、 $\Delta\sigma_{h1}$ ：押し広げによる水平応力変化  
 テーパー状押し広げを想定した場合、押し広げによる水平応力変化 $\Delta\sigma_{h1}$ に加え、テーパー杭貫入に伴う水平応力変化 $\Delta\sigma_{h2}$ が作用するため平行押し広げよりも高い周面摩擦力改善効果が期待できると考えられ、この時  $f_s$  は式(3)で表される。

$$f_s = (\sigma_{h0} + \Delta\sigma_{h1} + \Delta\sigma_{h2}) \tan \phi \quad (3)$$

ここに、 $\Delta\sigma_{h1}$ ：押し広げによる水平応力変化  
 $\Delta\sigma_{h2}$ ：杭貫入に伴う水平応力変化

そこで、本研究ではこの基本となる考えを踏まえ平行に押し広げたケースとテーパー状押し広げたケースに着目した支持力改善効果について実験的検討を行った。

3. 荷重試験装置の構成

図-1に今回の実験で使用した2次元模型実験装置の概略図を示す。装置内部の亚克力板表面には壁面との摩擦を避けるために、グリースを塗り、メンブレンを貼ることにより土槽の圧力状態を保っている。図-2、図-3は今回実験で使用した模型杭の概略図である。図-2に杭径を平行に変位させることのできる模型杭を示す。杭の内部の構造は、断面95mm×700mmのスチール製板にスチール製丸棒(20mm, 図-2)が固定されたもの(2枚)と図-2よりも大きな径のスチール製丸棒(30mm, 図-2)を取り付けた中心軸棒から成り立っている。これらがうまくかみ合った状態が図-2中央であり、この状態で土槽にセットする。図-2部分を回転させることにより中心軸の丸棒が上方方向に移動し、杭を平行に押し広げることが

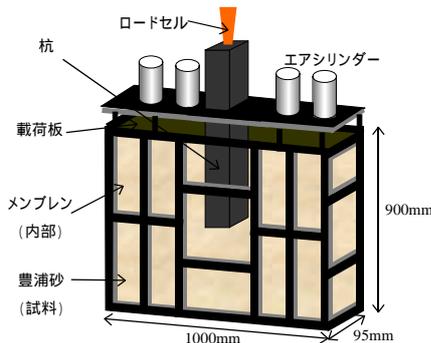


図-1 2次元模型荷重実験装置

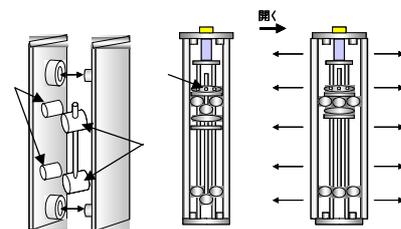


図-2 平行押し広げ用杭(杭P)

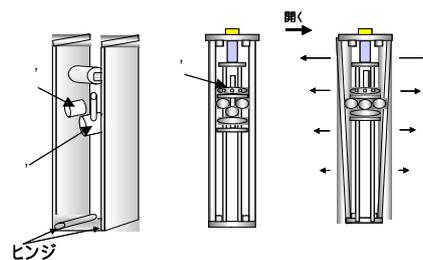


図-3 テーパー状押し広げ用杭(杭T)

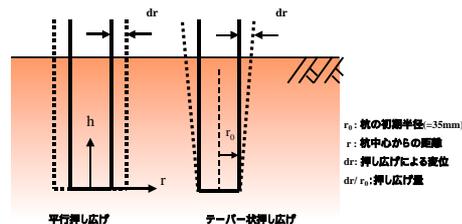


図-4 押し広げ量

キーワード テーパー杭、押し広げ、支持力改善

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院工学府地盤工学研究室 tel 092-642-3286

できる。図-3 は杭をテーパ状に変位させることのできる模型杭である。杭 P と異なる点は、杭底面でヒンジにて固定しており、図-3 '部分を回転させることにより杭上部だけが変位し、杭をテーパ状に押し広げることができる構造になっていることである。ここで杭 P(Parallel)は平行に杭を押し広げたケースを、杭 T(Taper)は杭をテーパ状に押し広げたケースを示している。どちらの杭についてもロードセルによって任意の変位で発揮される先端と周面を合わせた鉛直荷重を測定することができる。模型実験においては場所打ち杭もしくは複合杭を想定しており、杭の表面粗さを豊浦砂の粒径に近づけるため杭の側面にサンドペーパー（表面粗さ180 $\mu\text{m}$ ）を貼っている。

4. 実験手順 図-4 は本文中で用いられる主な記号の説明を記したものである。dr は杭の押し広げ量を表しており、r は杭の中心からの距離を表している。模型実験においては上載圧を一定( $\sigma_v=20\text{kPa}$ )に保った平面ひずみ条件の下で押し広げ試験および載荷試験を行った。r<sub>0</sub> は杭の初期半径を表しており r<sub>0</sub>=35mm である。杭の押し広げ量は dr/r<sub>0</sub>=0, 0.05, 0.11, 0.16 とし、杭の押し広げ後に 20mm 貫入させた。試料には豊浦砂を用い、すべての実験で相対密度を 75%とした。

5. 杭の押し広げによる周面摩擦力改善効果 図-5、図-6 は杭を地盤に対して 0, 7.4, 11.1mm(dr/r<sub>0</sub>=0, 0.11, 0.16)だけ押し広げたときの周面摩擦力と正規化沈下量の関係を示したものである。図-5 は平行に押し広げた場合、図-6 はテーパ状に押し広げた場合の実験結果である。どちらの場合においても杭の押し広げ量の増加に伴い周面摩擦力が改善されていることがわかる。

6. テーパー状押し広げによる周面摩擦力改善効果 図-7 は杭 T、杭 P の周面摩擦力改善効果を比較した図である。縦軸の  $f_s$  は杭を地盤に対し 11.1mm(dr/r<sub>0</sub>=0.16)押し広げて貫入させたときの周面摩擦力、 $f_{s0}$  は杭を押し広げないで(dr/r<sub>0</sub>=0)貫入させた時の周面摩擦力を示しており、図中では  $f_s$  を  $f_{s0}$  で正規化している。この図よりいずれの場合についても S/D=0.1~0.2 付近で周面摩擦力改善効果がピークになることがわかる。周面摩擦力改善効果はテーパ状押し広げの場合のほうが大きく、dr/r<sub>0</sub>=0.16 のときのピーク値で考えると平行押し広げよりも 10%程度増加している。またテーパ状押し広げの場合、周面摩擦力改善効果がピーク値を迎えたあともその減少量が小さく、大きな沈下にも耐え得る構造であると考えられる。図-8 は正規化周面摩擦力  $f_s/f_{s0}$  の値と押し広げによる杭の体積の増分 dV を、押し広げ前の杭の体積 V<sub>0</sub> で正規化したものとの関係である。図-8 よりテーパ状押し広げの場合の方がわずかな体積押し広げ量でより大きな周面摩擦力改善効果を期待できる。

7. 結論 本研究により得られた結果を以下に示す。

- 1) 今回の模型載荷実験より杭の押し広げによる周面摩擦力改善効果が確認できた。またそれは押し広げ量の増加に伴い大きくなる傾向にある。
- 2) テーパー状押し広げの方が平行押し広げよりもわずかな押し広げ量で周面摩擦力改善効果が期待できる。

【参考文献】1)金川ら：杭の押し広げによる地盤内応力変化と周面摩擦力改善効果、土木学会西部支部研究発表会講演概要集 ppA-420~A421,2001

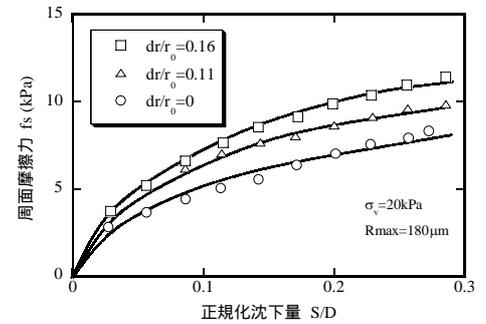


図-5 周面摩擦力-沈下量関係(杭 P)

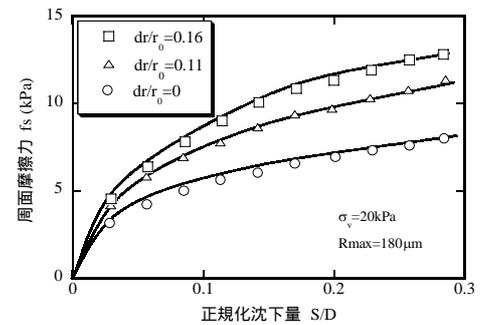


図-6 周面摩擦力-沈下量関係(杭 P)

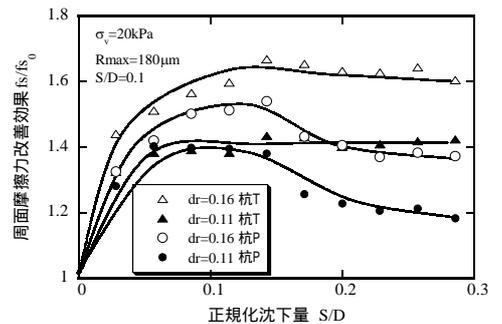


図-7  $f_s/f_{s0}$ -沈下量関係

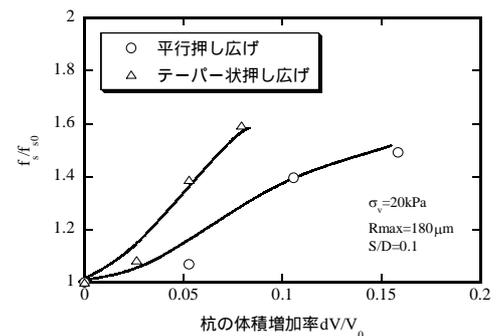


図-8  $f_s/f_{s0}$ -dV/V<sub>0</sub>関係