

プレボーリング拡大根固め工法杭の引抜き方向の周面摩擦力とばね定数の検討  
(押し込み方向との比較)

正会員 小椋仁志\*

埋込み杭 引抜き抵抗 周面摩擦力  
ばね定数 引抜き試験 押し込み試験

1. はじめに

筆者は、文献1)でプレボーリング拡大根固め工法で施工された同一条件の既製杭に対する引抜き試験と押し込み試験の結果から、引抜き方向の周面摩擦力について検討した。今回、同様な試験結果が得られたので、そのデータを追加して検討を行った。本報では、その結果について述べる。

2. 引抜き・押し込み試験の概要

今回の検討に用いた杭は、2種類のプレボーリング拡大根固め工法で施工されている。部分的に拡大掘削を行い根固め部等に節杭を用いるA工法<sup>2)</sup>と、全長を拡大掘削シトレート杭を建て込むB工法<sup>3)</sup>である。文献1)で検討したのはA工法による8組の試験であり、今回追加したのはB工法による6組の試験データである。各々の組の引抜き試験と押し込み試験は、地盤・杭種・杭径・ひずみ計位置・掘削径・杭周充填液などは同じ条件の杭に対して行われている。杭径はφ1200が5組、φ300mmが4組で他はφ450~900mmとなっている。杭長は4mと8mが2組ずつ、10mが7組、14m、16m、29mが1組ずつとなっている。A工法の杭周充填液には標準型と膨脹型がある。試験場所は山形県から兵庫県まで6カ所である。詳細は文献2)、3)を参照されたい。なお、引抜き試験に用いる杭は、ひび割れが生じないように原則としてSC杭(節杭はSC杭に鋼製の節部を溶接)を用いている。また、押し込み試験の一部は、特殊な治具の取り付けや根固め部を築造しないことによって先端抵抗の低減が図られている。

3. 引抜き・押し込み試験の結果

図1は、同じ条件で行った押し込み試験と引抜き試験によって得られた杭頭荷重 $P_0$ 、周面摩擦抵抗 $R_f$ ~杭頭変位量 $S_0$ 関係を比較したものの一例である。 $R_f$ は、 $P_0$ から杭先端抵抗(杭先端に最も近いひずみゲージ位置の軸力)を差し引いて求めている。この図のように、押し込み試験の $P_0 \sim S_0$ 関係は $S_0 = 0.1D$ ( $D$ : 杭径・節部径)まで単調に増加するが、

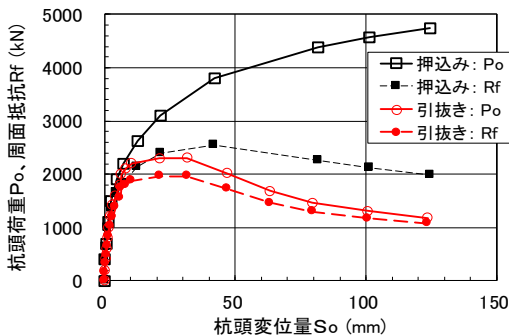


図1 試験結果の一例(A工法、φ1200、ω=1、膨脹型)

引抜き試験の $P_0 \sim S_0$ 関係や両試験の $R_f \sim S_0$ 関係は、 $P_0$ や $R_f$ が最大値に達したあと減少するものが多い。

図2は、 $S_0$ が0.1Dまで載荷された引抜き試験12件で得られた $R_f$ の最大値 $R_{fmax}$ と残留値 $R_{fr}$ ( $S_0 = 0.1D$ 時の $R_f$ )の相関図である。 $R_{fr}/R_{fmax}$ の最小値は0.55、平均値は0.87であり、残留値は最大値の0.9倍程度に減少していることが分かる。なお、この図には押し込み試験と比較していないB工法杭の引抜き試験1件の結果も加えている。

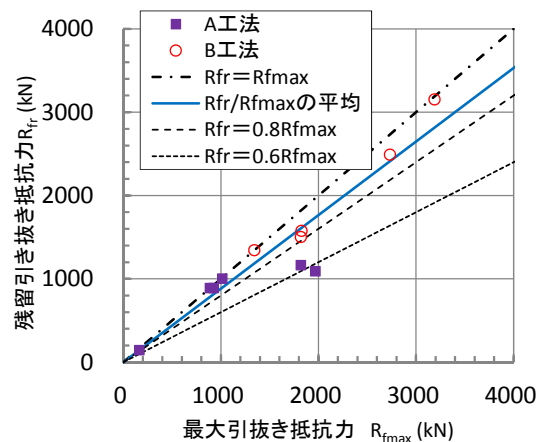


図2 引抜き抵抗の最大値と残留値

4. 引抜き・押し込み方向の周面摩擦抵抗

引抜き方向の周面摩擦力は押し込み方向より一般に小さくなる。これは、引抜き力が作用することによって上載圧が減少するため(上載圧効果)と、杭が細くなるため(ポアソン比効果)のためである<sup>2)</sup>。図3に引抜き方向の $R_f$ の最大値 $R_{ft}$ と押し込み方向の $R_{fv}$ の相関図を示す。平均で見ると引抜き方向は0.9倍程度になることが分かる。

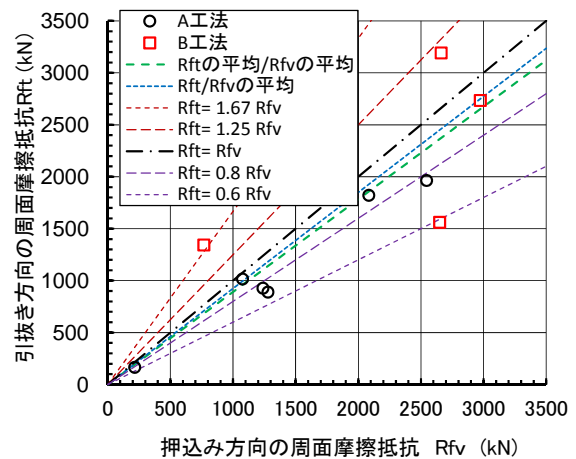


図3 引抜き・押し込み方向の周面摩擦抵抗の比較

## 5. 引抜き・押し込み方向の区間周面摩擦応力度

$R_f=R_{fmax}$  時での周面摩擦応力度  $f_i$  について検討する。

**砂質土** 図5に、周辺地盤が砂質土の53組の  $f_i$  のについて、引抜き方向  $f_t$  と押し込み方向  $f_v$  の相関図を示す。 $(f_t$  の平均値) $(f_v$  の平均値)は0.881となる。したがって、平均では  $f_t$  は押し込み方向の0.85~0.9倍程度は期待できる。砂質土の引抜き抵抗を、基礎指針(2001)では押し込み方向の2/3倍、告示1113号では0.8倍としている。今回のデータでは、告示はほぼ妥当、基礎指針は過小評価といえよう。

**粘性土** 周辺地盤が粘性土の28組の  $f_i$  について比べたのが図6である。 $(f_t$  の平均値) $(f_v$  の平均値)は、砂質土よりも大きい0.945となる。 $f_i$  が粘着力から決まる粘土の場合は、載荷方向による違いによる影響が小さいことが確認される。基礎指針は引抜き方向と押し込み方向を同じ、告示では0.8倍としているが、今回のデータからは、基礎指針は過大評価、告示は少し安全側過ぎるといえよう。

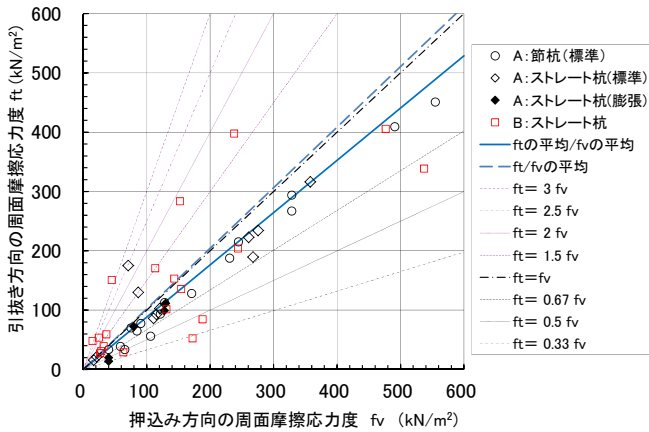


図5 引抜き・押し込み方向の  $f_i$  の比較(砂質土)

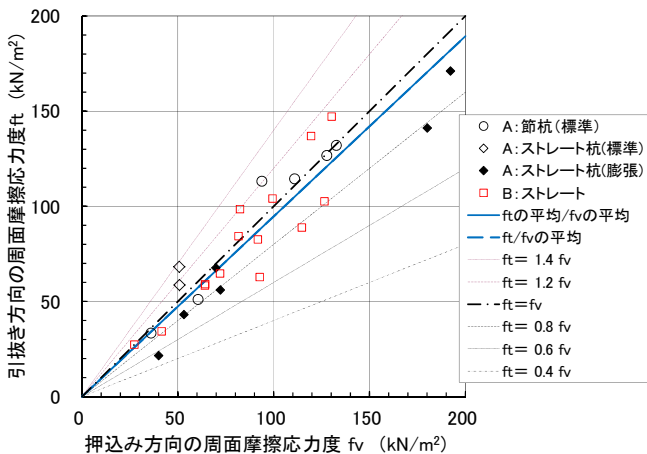


図6 引抜き・押し込み方向の  $f_i$  の比較(粘性土)

## 6. 引抜き・押し込み方向のばね定数

$R_f \sim S_0$  関係の初期勾配を検討するために、 $S_0$  が杭径の1%と2%のときの割線勾配を求め、引抜き・押し込み方向周面ばね定数  $K_t$ 、 $K_v$  とした。図7は  $K_t$  と  $K_v$  の相関図である。両者のばらつきは小さく、平均的にみてもほぼ同じ値になっている。したがって、引抜き方向の周面ばね定数

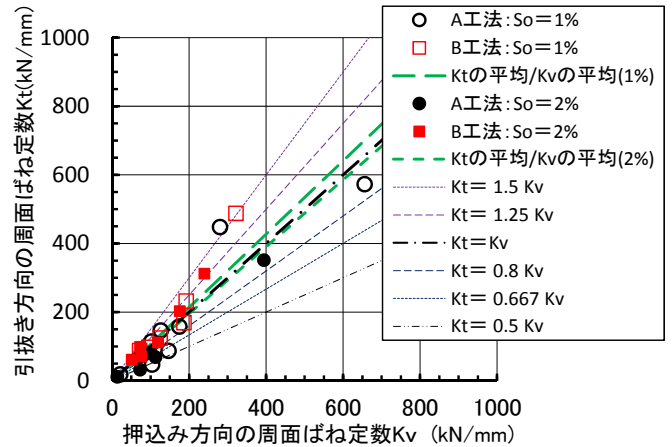


図7 引抜き・押し込み方向の周面ばね定数の比較

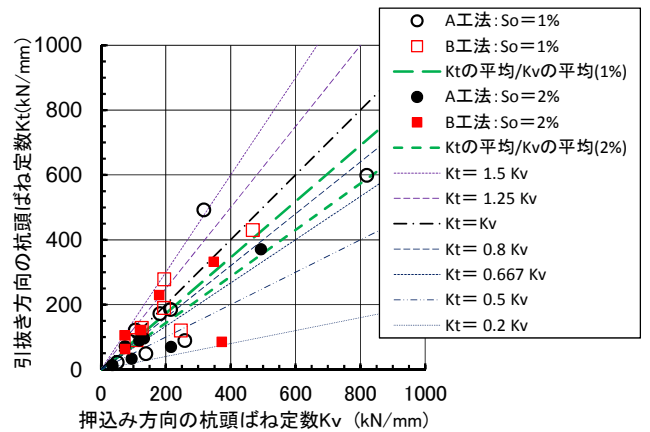


図8 引抜き・押し込み方向の杭頭ばね定数の比較

は押し込み方向と同程度とみることができる。

次に、 $P_0 \sim S_0$  関係から求めた杭頭ばね定数  $K_t$ 、 $K_v$  の相関図を図8に示す。 $K_t$  は  $K_v$  よりも小さく、平均的にみると0.7倍程度となっている。これは、先端抵抗  $R_p$  も加わる押し込み試験の  $P_0$  では  $K_v$  が大きくなるためである。なお、図8で  $K_t > K_v$  となっている数例は、押し込み試験時に  $R_p$  を低減する処理を施したことによるものと考えられる。

## 7. おわりに

本報では、14組の引抜き試験と押し込み試験の結果から、引抜き方向の周面摩擦力やばね定数について検討した。押し込み方向の支持力に比べて、引抜き抵抗力に関する研究は少なく、引抜き試験データの蓄積も少ない。今後も同様なデータを集めて、引抜き抵抗力に関して検討していきたい。

## 【参考文献】

- 小椋仁志・尾古健太郎・真鍋雅夫：プレボーリング拡大根固め工法で施工された既製杭の引抜き抵抗(その1:押し込み方向の周面摩擦力との比較)、(その2:引抜き抵抗の算定式)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) B-1, pp.429-432, 2009.8
- 小椋仁志・本間裕介・尾古健太郎・真鍋雅夫・大島章：プレボーリング拡大根固め工法による既製杭の引抜き抵抗、G B R C、Vol.34, No.2, pp.7-16、(財)日本建築総合試験所、2009.4
- 小椋仁志・菅一雅・小松吾郎・今広人・小田原正明・佐藤啓・船田一彦・黒井貴博：MAGNUM-BASIC工法(プレボーリング拡大根固め工法)による杭の鉛直支持力と引抜き抵抗力、G B R C、Vol.42, No.1, pp.11-22、(財)日本建築総合試験所、2017.1