

羽根付き杭の軸部径と羽根部径の比が杭の水平抵抗特性に及ぼす影響

正会員 ○久世 直哉*1 正会員 末政 直晃*2
正会員 二木 幹夫*1

羽根付き杭 回転貫入工法 水平抵抗力特性

1. はじめに

筆者らは、原位置試験等により羽根付き杭の周辺地盤における密度増加、土構造の脆弱化、隙間の発生等の土性変化が生ずること、また、実大載荷試験を行って羽根付き杭の水平方向地盤反力係数（以下、 khw ）は、埋込み杭工法により施工されたストレート形状の杭（以下ストレート杭）の同係数（以下、 khs ）に比べて低下する場合があることを報告した¹⁾。その結果、羽根付き杭の khw に影響を及ぼす主たる要因として、羽根付き杭施工時における1回転あたりの貫入量（ s ）と羽根1巻き当たりの間隔（ p ）の比（ s/p ）、及び羽根付き杭の軸部径（以下、 D_p ）と羽根部径（以下、 D_w ）の比が挙げられることを確認している^{2),3)}。

本報では、 D_w/D_p が杭の水平抵抗特性に及ぼす影響を把握するため、新たに実大杭を用いた水平載荷試験を行った結果について報告する。

2. 杭の水平載荷試験方法

(1) 試験方法及び地盤条件

杭の水平載荷試験は、地盤工学会基準に従い実施した。載荷方法は、正負交番繰り返しとし、繰り返し回数は、各載荷ステップ毎に20回、載荷ステップは10kNとした。

また、試験場所は、茨城県つくば市であり、杭頭部付近の地盤の種類は、洪積粘性土である。詳細な地盤条件は文献¹⁾を参照されたい。

(2) 試験体の諸元

試験体は、鋼管の先端部にらせん状の羽根を有する羽根付き杭（ $D_p=165.2\text{mm}$ ）とした。施工方法は、回転貫入とし、 s/p は、1.0（管理許容値： ± 0.1 ）とした。また、比較対象のため埋込み杭工法（プレボーリング工法）により施工したストレート形状の杭についても同じ試験を行った。試験体の諸元を表1に示す。

表1 試験体の諸元

試験体 No.	D_p (mm)	D_w (mm)	D_w/D_p	杭形状	施工方法
1	165.2	—	—	ストレート	プレボーリング
2	165.2	250.0	1.5	羽根付き	回転貫入
3	165.2	350.0	2.1	羽根付き	回転貫入
4	165.2	420.0	2.5	羽根付き	回転貫入
5	165.2	512.0	3.1	羽根付き	回転貫入

(3) 計測項目

計測項目は、水平荷重、杭頭部水平変位、杭体ひずみ等とした。

3. 試験結果

(1) D_w/D_p の影響

水平荷重（ H ）と杭頭部水平変位（ y ）の関係を図1に示す。 D_w/D_p が大きくなるに従い、同一荷重時の y は大きくなった。これは、 D_w/D_p が大きくなると回転貫入による密度増大効果よりも、羽根の通過による粘性土の構造脆弱や隙間発生の影響が顕著になるという報告³⁾と対応している。一方、 D_w/D_p が最も小さい（1.5）場合には、ストレート杭よりも y が小さくなる。これは羽根形状と施工条件を適切に設定することで杭の水平剛性が高まる可能性があることを示唆していると考えられる。なお、図1に示すグラフは、各載荷ステップにおける繰り返し回数が1回目の測定値を用いて作成している。

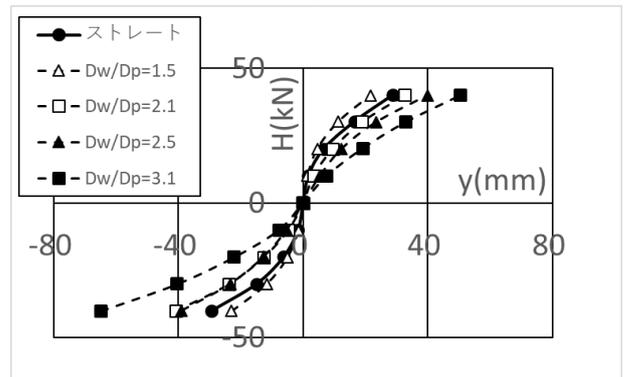


図1 水平荷重（ H ） - 杭頭水平変位（ y ）関係図

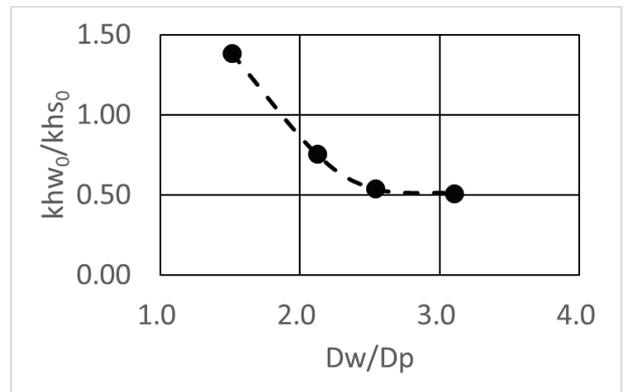


図2 $khw_0/khs_0 - D_w/D_p$ 関係図

The influence that the ratio of diameter of pile for diameter of wings gives to a lateral loading behavior of pile with wings

KUZE Naoya, SUEMASA Naoaki, and FUTAKI Mikio

また、基準変位 ($y=10\text{mm}$) 到達時におけるストレート杭に対する羽根付き杭の水平方向地盤反力係数 (kh) の比と、 D_w/D_p の関係を図 2 に示す。 $D_w/D_p=1.5$ の場合、 kh はストレート杭の 1.5 倍程度であったが、 D_w/D_p が 2.0 を超えると 1.0 倍を下回り、 D_w/D_p が最も大きい 3.0 の場合は 0.5 倍程度まで小さくなった。

ストレート杭に対する羽根付き杭の kh の比 (kh_w/k_h) と y の関係を図 3 に示す。 kh_w/k_h は、 y が小さい領域においては小さいが、 y の増加に伴い大きくなる傾向を示している。これは、 y の増加に伴い水平力に抵抗する地盤の範囲が杭周辺の羽根通過領域からその外周の原地盤にも移行するためであると考えられる。なお、図 2 及び図 3 中のプロット点は、同一変位時の kh を比較するため、各試験から得られた $kh-y$ の近似式から求めた kh を用いて算定した。また、 y は、杭が弾性域の範囲としている。

同一荷重時における杭体ひずみ分布の比較結果の一例を図 4 に示す。 D_w/D_p が大きくなるに従い、ひずみ最大値が大きくなる、もしくはひずみ最大発生深度が深くなる傾向を示している。また、 D_w/D_p が 2.0 以上の場合は、ストレート杭よりも杭体ひずみが大きくなっており、 kh が低下したことと対応している。

(2) 繰り返しの影響

kh と繰り返し回数 (n) の関係の一例を図 5 に示す。ストレート杭、羽根付き杭共に n の増加に伴い kh が低下し、やがて、収束する傾向であった。また、繰り返し回数が 1 回目と 20 回目における kh の比と D_w/D_p の関係を図 6 に示す。 H の増加に伴い kh_{n20}/kh_{n1} は低下した。また、各試験体における kh_{n20}/kh_{n1} は、概ね同等であった。なお、同図の $D_w/D_p=1.0$ の位置にストレート杭の値を示している。

4. まとめ

杭の水平載荷試験の結果、 D_w/D_p が大きくなるに従い、 kh は低下すること、杭体ひずみが増加もしくは最大ひずみ発生深度が深くなることが確認された。また、 D_w/D_p や s/p の条件によっては、 kh_w/k_h を 1.0 以上にできることが確認されており、羽根付き杭を用いた場合でも kh を低下させない条件を設定できる可能性が示唆された。

さらに、 y の増加に伴い kh_w/k_h は増加する傾向にあること、 n の増加に伴い kh は低下する傾向にあり、その低下割合は各試験体において同等であることが確認された。

参考文献

- 1)久世直哉,末政直晃,井上波彦,二木幹夫: 回転貫入により施工される羽根付き杭の周辺地盤の土性変化と水平抵抗特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 727 号, pp1455-1465, 2016. 9
- 2)久世直哉,末政直晃,二木幹夫: 回転貫入条件が羽根付き杭の水平方向地盤反力特性に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 717-718, 2016
- 3)久世直哉,末政直晃,二木幹夫: 羽根付き杭の軸部径と羽根部径の比が水平方向地盤反力特性に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 I, pp. 493-494, 2017

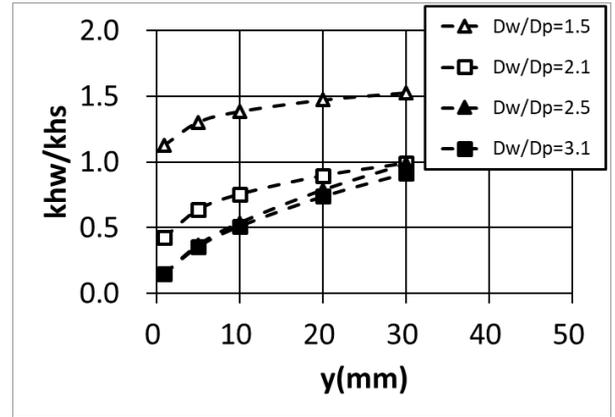


図 3 $kh_w/k_h - y$ 関係図 ($r=1$ の場合)

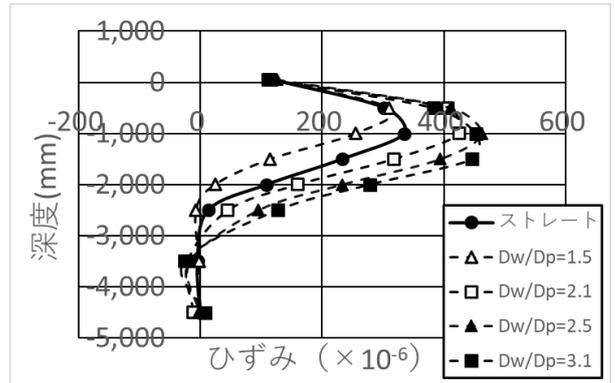


図 4 杭体ひずみ分布 ($H=20\text{kN}$, $r=1$ の場合)

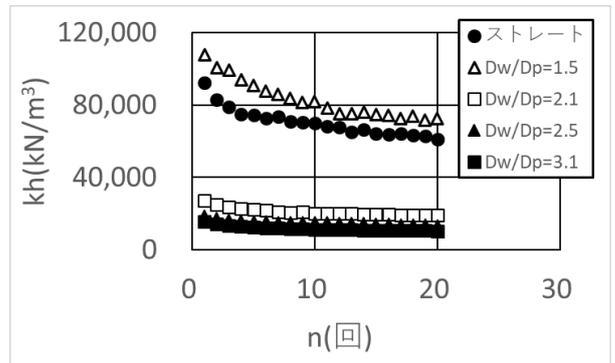


図 5 $kh-n$ 関係図 ($H=10\text{kN}$ の場合)

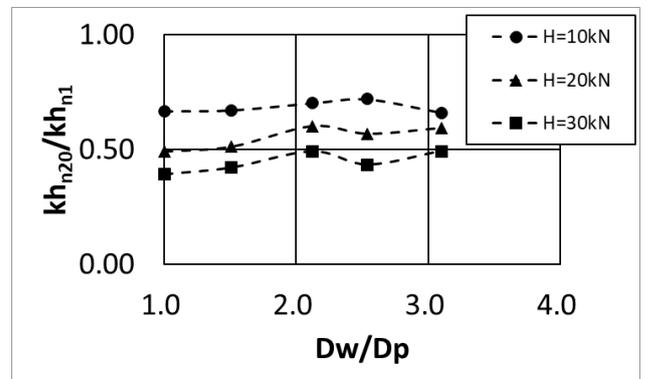


図 6 $kh_{n20}/kh_{n1}-D_w/D_p$ 関係図

*1 ベターリビングつくば建築試験研究センター

*1 Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living

*2 東京都市大学

*2 Tokyo City University