

回転杭の特殊施工事例について



(社)日本鉄鋼連盟

鋼管杭協会

山下 久男

1 はじめに

回転杭とは、先端に羽根を取り付けた鋼管を回転させて地盤中に貫入させる杭のことである。この回転杭の特徴は、低騒音・低振動の施工法である。建設発生土を生じないなど環境にも配慮された杭である。さらに、杭先端の羽根を介して支持層へ荷重を伝達することから、大きな押込み支持力・引抜き抵抗力を有する杭である。

本報告では、まず、回転杭の概要、設計法及び施工法を紹介する。さらに、特殊施工事例として、斜杭の施工、狭隘地施工及び仮設的に構造物基礎として利用した後に現状復帰のため杭を引き抜いた事例を紹介する。

2 回転杭の概要

回転杭の先端部羽根構造の例を写真 - 1 に示す。羽根の形状は工法毎に異なり、また各先端についても開端のものと閉端のものがある。回転杭に使用する鋼管は J I S A 5 5 2 5 の規格に適合するものであり、また羽根部については工法毎に定められた材料が使用される。また、一般的な適用寸法は、杭径（鋼管径）400～1,200mm、羽根外径 600～2,400mm であり、羽根外径は杭径の 1.5 倍と 2.0 倍が標準である。



写真 - 1 先端部羽根構造の例

3 回転杭の設計¹⁾

回転杭の支持力特性は、現場での載荷試験により確認されている。以下にその内容について示す。なお、式中の係数については、参考文献 1 を参照されたい。

3.1 押し込み支持力

回転杭の押し込み支持力の推定式を、式(1)に示す。

$$R_u = q_d A_w + U (L_i \cdot f_i) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、 A_w :羽根投影面積(m^2) $A_w = 1/4 \times \pi \times D_w^2$ (D_w :羽根外径(m))

回転杭の押し込み支持力メカニズムは、図-1のように示され、先端支持力としては、羽根全体の面積に対して考慮する。表-1および表-2に先端支持力度 q_d および周面摩擦力度 f_i の係数を示す。

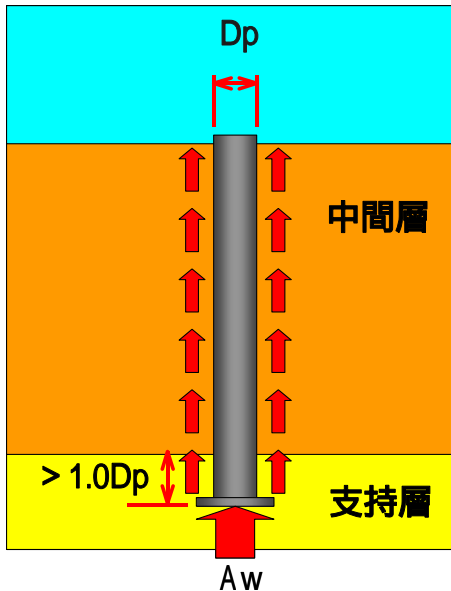


表-1 回転杭の先端支持力度 q_d

地盤種別	羽根外径/杭径	杭先端の極限支持力度 q_d (kN/m^2)
砂層	1.5倍径	135N(6,750)
	2.0倍径	100N(5,000)
砂礫層	1.5倍径	150N(7,500)
	2.0倍径	150N(7,500)

N は杭先端における標準貫入試験の N 値
上記の値は閉塞タイプ及び $D_{wi} / D_w = 1/3$ の開口タイプに適用する。
(D_w :羽根外径(m), D_{wi} :羽根内径(m))

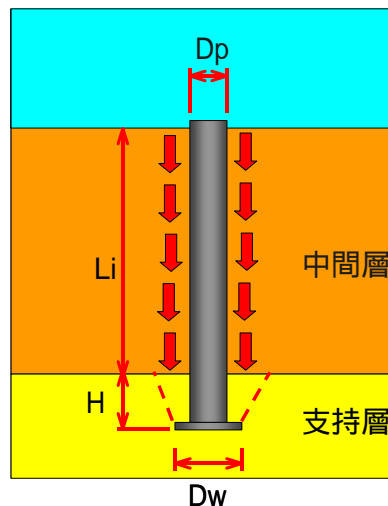
表-2 回転杭の周面摩擦力度 f_i

地盤種別	f_i (kN/m^2)
砂室土	2N(100)
粘性土	Cまたは10N(80)

図-1 押し込み支持力のメカニズム

3.2 引抜き抵抗力

回転杭では、杭体に作用する引抜き力に対し、杭体の周面摩擦による抵抗のほかに、杭先端に設けた羽根のアンカー効果による大きな抵抗力が見込める。図-2に引き抜き抵抗のメカニズムの模式図を示す。



内部摩擦角	引抜き係数
35°	2.16
36°	2.40
37°	2.65
38°	2.89
39°	3.14
40°	3.38
41°	3.77
42°	4.16
43°	4.55
44°	4.93
45°以上	5.30

これまでに実施された図-2 引抜き抵抗のメカニズム 表-3 との関係した引抜き試験結果より、

羽根径/杭径比(D_w / D_p)が1.5以上、かつ支持層への根入れ長が D_p 以上である回転杭の引抜き抵抗力の推定式を、式(2)に示す。

$$P_u = D_w (\alpha_i L_i + \beta \cdot H / 2) \cdot H \cdot \tan \phi + U (L_i \cdot f_i) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、式(2)の1項が杭先端に設けた羽根のアンカー効果による項であ

る。なお、最大周面摩擦力度 f_i は、押込み支持力算出時と同じ式を用いる。

4 回転杭の施工法

回転杭の施工に使用する主要な施工機械は、回転貫入機とクレーンである。施工する杭径、深度、地盤種別、硬さ、あるいは作業ヤードの広さ、その他の制約条件（空頭制限等）を考慮して、適切な機種を選定して施工する。施工方法は大きく分けて2種類あり、オーガーマータを3点式杭打ち機に装備して杭頭部に回転力を付与する杭頭回転方式（杭径 600mm 以下対応）と、全周回転型オールケーシング掘削機で杭胴体部に回転力を付与する胴体回転方式（杭径 600mm 以上対応）である。実際の施工例を写真 2 に示す。



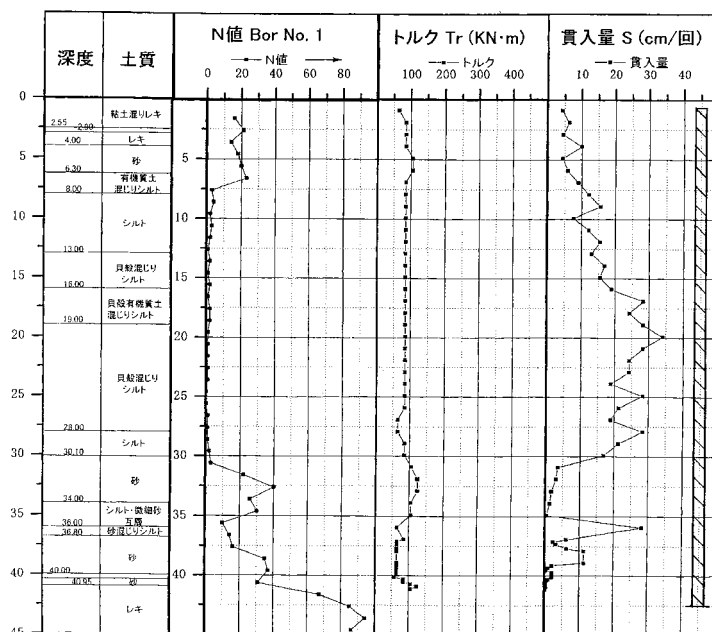
杭頭回転方式



胴体回転方式

写真 - 2 回転杭の施工例

回転杭の施工管理は、図 3 に示すような「回転トルク」、「1 回転当たり貫入量」等を用いて管理されるが、その詳細は各工法により異なる。



杭仕様
 508.0-1016.0 × t12/9
 × L41,000(SKK490)
 406.4-812.8 × t10/9
 × L41,000(SKK490)

図 - 3 回転杭の一般的な施工管理事例

5 . 回転杭の特殊施工事例

回転杭の施工の特徴としては、斜杭の施工が可能、狭隘地施工が可能、

撤去が可能等が挙げられる。

斜杭は、杭軸が傾斜しているため、杭軸方向支持力の水平成分によって地震力に抵抗する。よって、少ない杭本数で水平変位を抑えることができ、合理的な設計が可能である。写真 - 3 に斜杭の施工状況を示す。

また、回転杭は、施工時にセメントミルクや泥水等を使用しないので、プラント設備や残土保管場所などを必要としない。そのため、狭隘地での施工が可能となる。写真 - 4 に狭隘地での施工状況を示す。

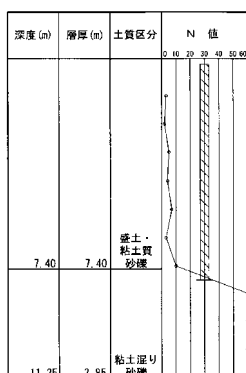


写真 - 3 斜杭の施工状況



写真 - 4 狭隘地における施工状況

さらに、回転杭は、逆回転させれば地盤中から撤去可能である。某現場では、図 4 に示す地盤に回転杭を施工後（写真 5）、2 年以上供用し、供用期間終了後に杭を撤去し、現状復帰を行っている。



杭仕様
 267.4-535 ~
 609.6-914 x
 L5,000 ~ 15,000
 (STK490)

図 - 4 土質柱状図



写真 - 5 回転杭現場状況

6 . まとめ

回転杭は、都市部での建設事業で問題になっている建設残土の処理、騒音・振動などの環境的・社会的な問題を解決する施工法である。また、斜杭施工や狭隘地施工が可能、さらにリサイクル性に優れている等、多くの長所を有している。

今後は、近接施工、杭頭制限付きでの施工等、各種特殊条件下での施工性向上を図るとともに、今までよりも更にコスト縮減に資する工法にしていくことが必要である。

[参考文献]

- 1) 回転杭技術研究会：回転杭の設計，基礎工，pp.78～82，2005.4