

回転杭

Screwed Pile

平 田 尚 (ひらた ひさし)

新日本製鐵(株) 建材開発技術部 マネジャー

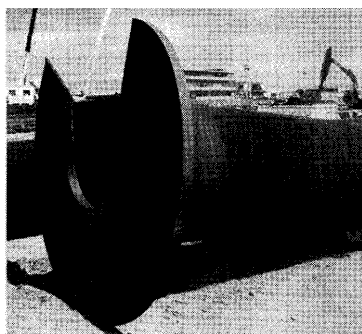
1. 回転杭とは

回転杭は、回転貫入杭や回転圧入杭といった名称で呼ばれる杭の総称となるが、基本的には写真—1のような杭先端部近傍に杭径よりも大きな径を持つ羽根を装着し、杭体に回転力を付与することにより地盤に杭を貫入させる工法のことである。現在、我が国で実用化されている回転杭を概観¹⁾すると、材質としては鋼管杭が圧倒的に多く、杭径100 mm程度の小径から1600 mm程度の大径まで広範囲で適用が図れている。これらの工法の違いには以下の特徴がある。①羽根形状がらせん形状か平板形状か、②羽根の杭本体への取付け位置が杭先端部か杭周面部か、③杭の先端が開端か閉端かであり、各工法はこれらの因子の組み合わせによるものとなっている。

回転杭の歴史は古く、文献²⁾によると、先端に鋳鉄等の今よりも大きな羽根のスクリューを取り付け、先端にペンシル形状の尖った金具を装着した杭は、19世紀中頃からヨーロッパでは施工が始まっており、明治初期に我が国にも導入され、日本橋や横浜港旧大棧橋や大阪港、神戸港等で使用された。また、昭和50年代後半には市街地での工事を行う際の騒音や振動、残土や汚泥の発生と処理が問題になり回転杭が注目されたが、このときは回転貫入させる施工機械等の設備が汎用品ではないこと等の理由により適用が限定されたため、普及には至らなかった。平成の時代に入り、主に小径の回転杭が開発されて住宅や倉庫などで適用されるようになると、その後、後述する施工機械が順次整ったことにより、現在の大径に至るまでの様々な回転杭が開発されるようになった。

2. 回転杭の貫入メカニズムと特徴

回転杭の貫入メカニズムは、杭体に与えられた回転力



写真—1 回転杭の先端羽根形状の例

により羽根上面に生じる推進力が杭軸部の先端抵抗力と杭周面の摩擦力を合せた抵抗に対して上回ることによって杭体が地盤中に引き込まれることによる。この推進力は、回転力により羽根の刃先で削り取られた土が羽根上面に移動することにより、回転方向に対して傾斜している羽根上面に生み出される。回転杭の特長を以下に示す。

- ① 低騒音・低振動での施工が可能である。
- ② 地盤を掘削することなく杭を貫入させるので、施工時に建設発生土が生じない。
- ③ セメントやベントナイトを一切用いない。
- ④ 施工工期が短い。
- ⑤ 杭先端の羽根により支持層に荷重を伝達するので、大きな押込み支持力、引抜き抵抗力を有する。
- ⑥ 杭体を逆回転させることにより、杭を引き抜き撤去することが可能である。

したがって、回転杭は従来の場所打ち杭や打込み杭や埋込み杭に比べて環境に優しく都市内施工に適した工法であり、しかも同じ径の他工法に比して大きな支持力性能を発揮する。また、使用する施工設備は、機械構成はシンプルであり、占有面積も小さいことから、狭小地での施工にも適した工法である。

3. 回転杭の設計

回転杭の設計の考え方は、基本的に通常の杭の設計と同様であるが、回転杭の支持力について、以下に概要を示す。構造細目等の詳細については、各工法の技術審査証明書や評定資料を確認する必要がある。

3.1 押込み支持力

回転杭の一般的な押込み支持力推定式を式(1)に示す。

$$Ru = q_d A_w' + U \sum (L_i f_i) \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここに

Ru : 地盤から決まる杭の極限支持力 (kN)

q_d : 杭先端の極限支持力度 (kN/m²)

A_w' : 杭先端羽根部の有効断面積 (m²)

U : 杭の周長 (m)

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

ここで注意が必要なのは、杭の極限支持力度及び杭先端の羽根部の有効断面積、周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度が土木・建築分野で異なることである。

特に、①杭の極限支持力度については、極限支持力度は同じ載荷試験結果等により判定されるが、極限支持力を決定する際に着目する変位の位置や基準変位の大きさが異なるために数値が変わる。また、②杭先端の羽根部の有効断面積についても道路・鉄道等の土木分野では羽根の投影面積とされているが、建築分野においては、軸部の先端面積と羽根部の面積を一定の比率で足した値となっており、各工法でも異なっている。

なお、回転杭の支持層への根入れ長さは、杭径程度以上を確保するのが標準とされている。

3.2 引抜き支持力

回転杭の先端羽根部での引抜き抵抗力のメカニズムは、杭先端の羽根によるアンカー効果に基づく先端羽根部の上方地盤のせん断抵抗によるものとするのが一般的であり、引抜き抵抗力推定式を式(2)に示す。

$$Pu = \pi D_w \left(\sum \gamma_i L_i + \gamma \cdot \frac{H}{2} \right) \cdot H \cdot \beta \tan \phi + U \sum (L_i f_i) \quad (2)$$

ここに

Pu : 地盤から決まる極限引抜き抵抗力 (kN)

γ_i : 支持層より上で地表面から i 番目の層の土の有効単位体積重量 (kN/m³)

L_i : 支持層より上で地表面から i 番目の層の層厚 (m)

f_i : 支持層より上で地表面から i 番目の層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)

γ : 支持層の土の有効単位体積重量 (kN/m³)

β : 引抜き係数、せん断破壊面の抵抗係数を表し支持層の内部摩擦角に応じた値を適用する。

ϕ : 地盤調査結果または N 値から推定された支持層の内部摩擦角 (度)

H : 羽根上方の局所せん断破壊領域の広がる高さで支持層への根入れ長 (m)

ただし、 $H \leq 2.5 D_w$ とする。

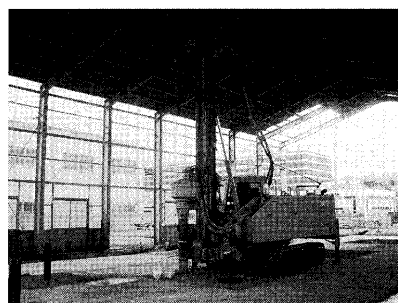
4. 回転杭の用途と施工

回転杭の施工方法³⁾には、以下の2種類がある。

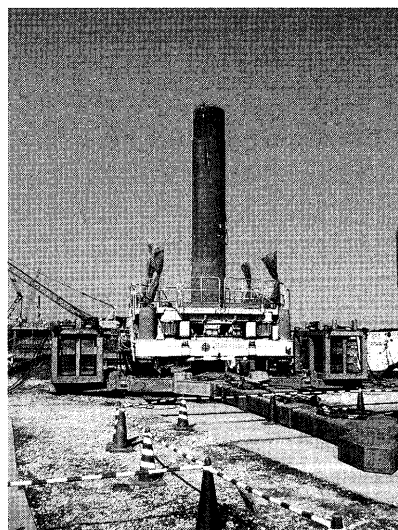
① 杭頭回転方式

小径杭 (φ400 mm 未満) や中径杭 (φ400～600 mm 程度) で用いられている方式であり、杭頭部に回転力を作用させて施工する方法である。小径杭の用途は、主に低層の住宅や商業施設、小規模鉄塔、学校建築物、工場内の機械、擁壁などの基礎であり、小規模、狭隘地、住宅隣接地、空頭制限といった施工条件が多い。そのため、機動性が求められ、写真—2 ようにクローラ走行の小型杭打ち機が主である。中径杭の用途は、集合住宅、学校、工場などの中低層建築物と擁壁や橋脚などの土木構造物の基礎が主であり、小径杭よりも大きな回転力を必要とするため、低騒音型の電動オーガモータを3点支持式杭打ち機に装備した施工機が使用される。

② 胴体回転方式



写真—2 杭頭回転方式（小径杭用）



写真—3 胴体回転方式（大径杭用）

基本的には、大径杭 (φ600～1 600 mm) で用いられている方式であり、杭の胴体部を把持し、杭体を回転させて施工する方法である。大径杭の用途は、集合住宅、物流倉庫などの中高層建築物や鉄道、道路の高架橋基礎であり、先端の羽根径では最大2 400 mm の回転杭もあるため、小・中径杭に比べて非常に大きな回転力が必要である。そのため、写真—3 のような全周回転型オールケーシング掘削機をベースに回転杭用に、①コンパクトで大きな回転力を発揮するための機械補強、②回転停止時の回転杭の弾性ねじりの戻りによるモータの過回転、騒音の防止装置等の仕様変更した機械が用いられている。

5. おわりに

近年の回転杭の開発は目覚ましいが、それゆえに多様な杭工法が存在しており、様々な分野に適用が図れているが、各工法毎の設計法や施工法及び施工管理の特徴をよく理解した上で活用していくことが重要である。

参 考 文 献

- 1) 土屋 勉：回転貫入杭施工法の動向と今後の課題，基礎工，Vol. 34, No. 11, pp. 2～6, 2006.
- 2) 土田 肇・小松 章：回転杭工法の歴史を訪ねて，土木施工，Vol. 47, No. 2, pp. 28～31, 2006.
- 3) 池田 真：回転杭の施工機械，基礎工，Vol. 34, No. 11, pp. 24～27, 2006.

(原稿受理 2012.4.20)