

グラウト注入型回転貫入杭の支持力特性について

(株) ケー・エフ・シー 正会員 ○渡邊 直人, 奥野 稔
 秋田県立大学大学院 正会員 ハザリカ ヘマンタ
 (有) エム・システム 黒澤 仁悦

1. はじめに

環境問題に対応する目的で、低騒音、低振動、無排土で施工可能な回転貫入杭が普及しつつある。この工法は、予め先端に羽根設けた鋼管を回転させることにより地盤中に貫入させ、杭先端の羽根を介して支持層へ荷重を伝達するものである。新開発のグラウト注入型回転貫入工法は、回転貫入後、鋼管に等間隔で設置した逆止弁より、加圧されたグラウトを噴出させ、従来、考慮されなかった中間層の周面摩擦力をも支持力効果に取り入れるべく改良を行ったものである。筆者らは、渡邊ら¹⁾において載荷試験を行い、グラウト注入型回転貫入杭は、従来型と比較して、1.5～3.2 倍程度の押し込み極限支持力が得られることを示した。また、同様に、グラウト注入型回転貫入杭は、従来型と比較して、2.9～3.6 倍程度の引抜き極限支持力が得られることを示した。

ここでは、従来型回転貫入杭の支持力提案式を元に、グラウト注入型回転貫入杭の支持力特性の検討結果を報告する。

2. 支持力推定式

従来型回転貫入杭の押し込み支持力推定式は式(1)のように示されている²⁾。

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

ここに、 R_u :地盤から決まる杭の極限支持力(kN)、 q_d :杭先端における単位面積当たりの極限支持力度、 N :杭先端のN値($N \leq 50$)、 D_w :羽根外径、 D_{wi} :羽根内径、 A_w :羽根投影面積(図-1)、 U :杭の周長、 D_p :杭径、 L_i :周面摩擦力を考慮する層の層厚、 f_i :周面摩擦力を考慮する最大周面摩擦応力度、である。

また、図-2の引抜き抵抗メカニズムおよび、引抜き抵抗力推定式を式(2)のように示している²⁾。

$$P_u = \pi \cdot D_w \cdot (\sum \gamma_i \cdot L_i + \gamma \cdot H/2) \cdot H \cdot \beta \cdot \tan \phi + U \cdot \sum (L_i \cdot f_i) \cdots (2)$$

ここに、 P_u :地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力(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、 L_i :支持層より上で地表面から i 番目の層の層厚、 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、 γ :支持層の土の有効単位体積重量、 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ものとする。 H :羽根上方の局所せん断破壊域の広がる高さで支持層への根入れ長であり、表-1に式(2)における ϕ 、 β の関係を示す。

表-1 ϕ と β の関係

内部摩擦角 ϕ	引抜き係数 β
35°	2.1
40°	3.3
45°	5.3

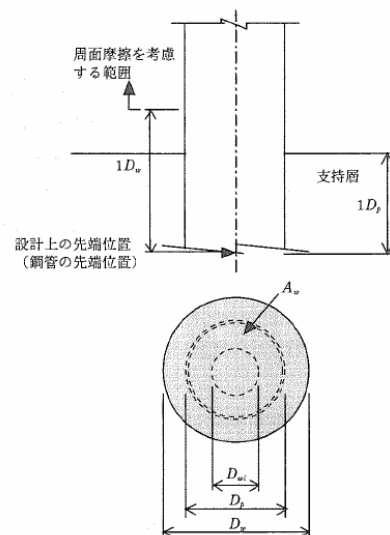


図-1 回転杭の先端投影面積

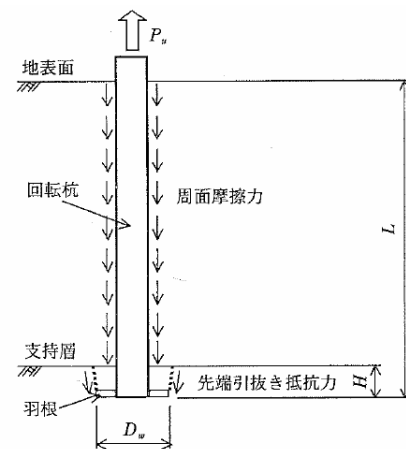


図-2 引抜き抵抗メカニズム

キーワード 回転貫入杭、載荷試験、支持力、グラウト注入

連絡先 〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番地タイム24ビル (株)ケー・エフ・シー TEL 03-3570-5182

3. 試験概要

グラウト注入型回転貫入杭の支持力を評価するために、押込み力の比較に従来型回転貫入杭、引抜き力の比較に、従来型回転貫入杭と鋼管杭素管を使用した。試験の詳細は、渡邊ら¹⁾に示している。試験杭仕様を表-2に示す。

4. 支持力特性

当該試験における従来型回転貫入杭の諸元および(1)式による R_u (押込み極限支持力) を表-3 に、(2)式による P_u (引抜き極限支持力) を表-4 に示す。図-3 に従来型回転貫入杭の掘り出し後の状況を掲げる。

表-3 当該試験における押込み極限支持力 (従来型回転貫入杭)

杭番号	掘削深度(m)	計算値 R_u (kN)	試験値 R_u (kN)	備考
従-1	4.95	102.4	169.6	N=30の支持層に0.45m貫入
従-2	4.50	98.1	107.0	N=30の支持層に貫入無し。

表-4 当該試験における引抜き極限支持力 (従来型回転貫入杭)

杭番号	掘削深度(m)	計算値 P_u (kN)	試験値 P_u (kN)	備考
従-3	4.95	60.3	70.0	N=30の支持層に0.45m貫入
従-4	4.90	54.8	87.7	N=30の支持層に0.40m貫入

表-2 試験杭仕様

試験杭	杭種類	載荷
改-1	グラウト注入型回転貫入杭	押込み
改-2	グラウト注入型回転貫入杭	押込み
従-1	従来型回転貫入杭	押込み
従-2	従来型回転貫入杭	押込み
改-3	グラウト注入型回転貫入杭	引抜き
改-4	グラウト注入型回転貫入杭	引抜き
従-3	従来型回転貫入杭	引抜き
従-4	従来型回転貫入杭	引抜き
素-1	鋼管杭素管(羽根無し)	引抜き
素-2	鋼管杭素管(羽根無し)	引抜き



図-3 従-1 掘り出し後の状況

押込み支持力の場合、計算式に対する試験値の割合は、1.09～1.65 倍、引き抜き支持力の場合、計算式に対する試験値の割合は、1.16～1.60 倍となる。杭形成後、掘り出し、観察したところから以下の点が判明した。

- (1) 開端杭であり、杭先端から土砂が侵入するため(支持層厚～支持層厚の倍程度)、杭先端部にはグラウト改良体は形成されない。改良体の形成区間は、概ね、下部(先端部)の1mを除く、上部羽根以深の2.5m区間であった。すなわち、支持層部に関しては従来型と同じである。
- (2) 回転貫入時に形成される圧密された土柱中にグラウトが注入されるため、改良体は土柱(土粒子)と混合されない。また、改良体径は先端が細く、上部羽根設置位置にかけて太くなる傾向となった。
- (3) 引抜き試験を実施した改-3 杭は、孔ロリークにより規定注入量の60%程度の注入量であった。改良体は、上部羽根部まで形成されず、改良体造成区間は、杭先端から0.75～2.25m間の1.5m区間であった。

当該試験におけるグラウト注入型回転貫入杭の諸元および(1),(2)式に中間層の周面摩擦力を付加した R_u (押込み極限支持力)、 P_u (引抜き極限支持力) を表-5、表-6に示す。

表-5 当該試験における押込み極限支持力度 (グラウト注入型回転貫入杭)

杭番号	掘削深度(m)	計算値 R_u (kN)	試験値 R_u (kN)	備考
改-1	5.00	242.3	338.4	N=30の支持層に0.5m貫入
改-2	4.90	236.5	255.6	N=30の支持層に0.4m貫入

表-6 当該試験における引抜き極限支持力度 (グラウト注入型回転貫入杭)

杭番号	掘削深度(m)	計算値 P_u (kN)	試験値 P_u (kN)	備考
改-3	5.00	74.7	96.4	N=30の支持層に0.5m貫入
改-4	5.00	186.5	250.6	N=30の支持層に0.5m貫入



図-4 改-2 掘り出し後の状況

改-3 杭に関しては、鋼管(先端羽根無し)かつ無加圧注入における周面摩擦試験値を使用した。改-1,2,4 杭に関しては、上部羽根部まで改良体が形成されている点(図-4)から、周面摩擦力は、無加圧時の1.5倍とした結果である。それぞれ試験値/計算値=1.08～1.40 となった。周面摩擦力の増大は、グラウトの加圧による周面地盤の圧密に影響するものと考えられる。

5. おわりに

本論文において、グラウト注入型回転貫入杭の支持力は、従来型回転貫入杭の支持力算定式に中間層の周面摩擦力を加えた算定の可能性を示した。今後は、パッカーを使用したグラウトの限定加圧注入等を考慮することにより、安定的な支持力を確保すること、加圧注入による地盤の周面摩擦力の適切な評価法を検討したい。

参考文献 1)渡邊ら：グラウト注入型回転貫入杭の載荷試験，土木学会第63回年次学術講演会，2008(投稿中)

2) (社)日本道路協会：杭基礎設計便覧(平成18年度改訂版)，平成19年1月