

鋼管杭の圧入完了直後の荷重沈下関係から第二限界抵抗を推定する方法に関する一考察

技研製作所 正会員 ○鈴木 直樹
正会員 石原 行博

1. はじめに

筆者らは、圧入施工完了後に鋼管杭を圧入機により再度圧入を行い（以降、打ち下げ）、簡易的に第二限界抵抗を推定する方法を模索している。この方法には次の課題がある。①圧入施工直後の支持力は養生後の支持力よりも小さいことが多く、セットアップに必要な期間を把握すること、もしくはセットアップ効果を補正する方法が必要である。②精度の高い支持力推定にはある程度の圧入量が必要だが、一方で機械の能力制限から大きな荷重をかけることは難しく、打ち下げ時に必要な圧入量の範囲を把握する必要がある。③支持力の推定結果の検証が必要である。本稿では、回転切削圧入工法¹⁾で施工された鋼管杭の押込み試験と打ち下げ時の荷重沈下の関係を示し、上記②について考察をおこなった。

2. 試験概要と押込み試験・打ち下げ時の荷重沈下の関係

使用したデータは、打ち下げおよび、地盤工学会基準に従った押込み試験である。表1に施工された試験の諸元を示した（計3ケース）。紙面の関係で地盤条件・試験実施方法等を省略したが、詳細は参考文献¹⁾を参照されたい。試験は次の手順でおこなった。①設計深度まで回転切削圧入→②圧入機チャックによる打ち下げ1→③当該杭が反力杭として用いられた場合、圧入機クランプによる打ち下げ2→④養生(14日以上)→⑤押込み試験（なお、圧入機部位の名称を図1に示した）。また、分析に用いていない打ち下げデータは、表1内に網掛けで示した。

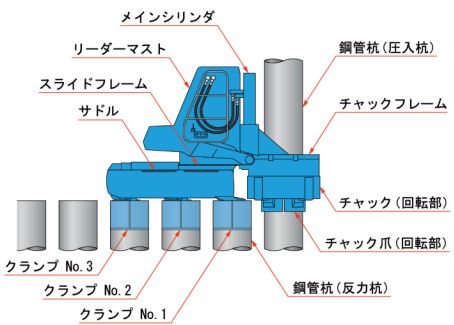


図1. 圧入機部位の名称¹⁾

図2に打ち下げと押込み試験の荷重沈下関係を示した。なお押込み試験は杭径の10%以上の押込みを行っているが、打ち下げ時との比較のため図からは省略した。また杭頭変位量は各試験開始時をゼロとした。打ち下げ時の杭

表1. 押込み試験・打ち下げの概要

case	諸元			押込み試験			打ち下げ1			打ち下げ2		
	杭径 <i>D</i> [mm]	杭長 <i>L</i> [m]	先端 地盤種別 (<i>N</i> 値)	第二限界 抵抗 <i>P</i> ₁₀ [kN]	第一限界 抵抗 <i>P</i> _{<i>y</i>} [kN]	<i>P</i> ₁₀ 時の 先端伝 達率	最大 荷重 [kN]	最大 変位 [mm]	養生 期間 [hour]	最大 荷重 [kN]	最大 変位 [mm]	養生 期間 [hour]
I1	800	21.0	砂礫(64)	4168	1500	61%	1520	6.3	1.0	-	-	-
T1	800	16.0	砂礫(44)	4060	2250	58%	1380	16	4.0	1530	4.0	5.5
F1	1000	15.5	細砂(72)	6363	2250	56%	1497	5.3	0.5	1854	4.8	3.0

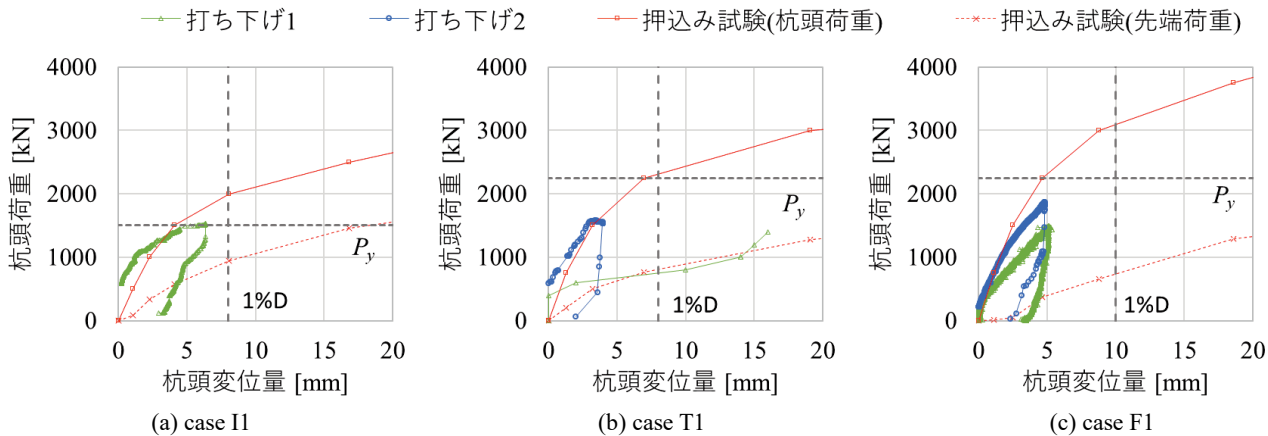


図2. 押込み試験時と打ち下げ時の荷重沈下曲線

キーワード 圧入, 杭, 支持力, 載荷試験, 現場観測
連絡先 〒108-0075 東京都港区港南2丁目4番12号 港南YKビル9階 (株) 技研製作所 TEL 03-5479-0226

頭荷重は、押し込み試験時先端荷重よりも大きく、杭頭荷重よりも小さかった。これは、セットアップによる支持力の増加、打ち下げ時には試験杭に隣接する反力杭による影響、除荷後の再載荷による初期勾配の違い、などが原因と考えられる。このことから打ち下げ時の荷重を用いて P_{10} を推定することは、安全側になると考えられる。

3. 打ち下げ時荷重沈下曲線を用いた第二限界抵抗の推定に関する考察

3. 1 推定方法

杭の鉛直載荷時の荷重沈下曲線の近似方法は宇都、脇田²⁾等により多く提案されているが、ここでは代表的なワイブル分布曲線、双曲線を参考に、式1、2による最小二乗法近似をおこなった (P_{ou} : 変位量で規定しない極限支持力, S_{os} : 杭頭変位の特性値, P_o : 杭頭荷重, S_o : 杭頭変位, S_l, m, d, e : 各パラメータ)。図3に推定方法の概念図を示した。本稿では、少ないデータへの適用性を検討するため、式1の S_{os} を鋼管杭工法の平均値 ($3.7\%D$)³⁾、式2の d を打ち下げ・除荷時の傾斜 K と仮定し、パラメータを減らした。最終的なパラメータは、式1は P_{ou}, m, S_l 、式2は P_{ou}, e, S_l の各3つである。押し込み試験・打ち下げ時について、極限支持力・傾斜 K が打ち下げ (すなわち最大変位量 S_{max}) に影響しないと仮定し、 S_{max} が第二限界抵抗の推定値 P_{pred} に与える影響を調べた。

$$\frac{P_o}{P_{ou}} = 1 - e^{-\left(\frac{S_o - S_l}{D}\right)^m} \quad (\text{式1})$$

$$\frac{S_o - S_l}{D} = \frac{P_o/P_{ou}}{d + e P_o/P_{ou}} \quad (\text{式2})$$

3. 2 結果とまとめ

図4に打ち下げ時・押し込み試験時の各試験における、杭径 D で無次元化した S_{max} と第二限界抵抗 P_{10} で正規化した P_{pred} の関係を示した。

押し込み試験に着目すると、式1よりも式2で S_{max} の変化による P_{pred} の変化が小さく、適合性が高いと言える。これは第一限界抵抗以下で適合性が高いとされる既往の知見と一致している²⁾。更に式1では概ね $P_{pred} < P_{10}$ となっており、安全側である。

打ち下げでは、T1で収束する傾向が見られない。これは変位量に対する荷重が概ね線形の関係が見られたためであり、打ち下げ時の載荷スピードなどが原因と考えられる。その他のI1, F1では、 S_{max} が増加するに従い、当然 P_{pred}/P_{10} は収束する傾向が見られ、その時の S_{max} は杭径の0.4%程度であった。

以上の結果と、地盤情報(N値)から推定した第二限界抵抗で除した実測値の変動係数が0.3~0.7程度であることを踏まえると³⁾、本稿の推定方法も、杭径の0.4%程度の圧入を確保し、一定値に収束したことを確認すると、実用に耐えうる推定が可能だと考えられる。また、押し込み試験で確認された先端伝達率は60%程度と比較的均一であり、提案方法がそれ以外の条件で適用できるかは課題である。

参考文献

- 1) 国際圧入学会：ジャイロプレス(回転切削圧入)工法による鋼管土留め擁壁設計・施工指針，2014
- 2) 脇田英治：杭の沈下推定式とそれを用いた基礎の設計，土木学会論文集，Vol.63，pp.499-504，1999
- 3) 中谷昌一，白戸真大，横幕清：杭の軸方向の変形特性に関する研究，土木研究所資料第4139号，2009

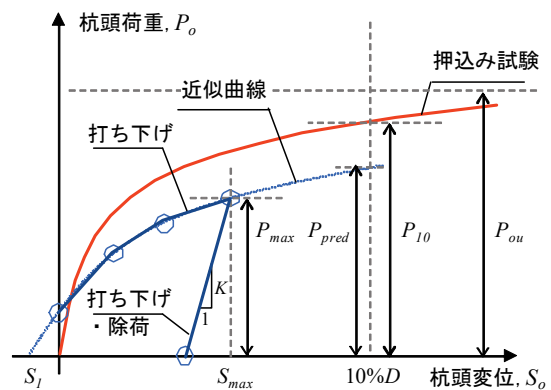
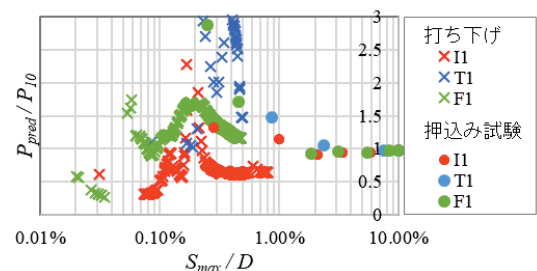
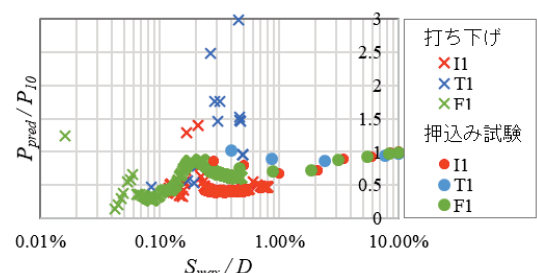


図3. 推定方法の概念図



(a) 式1による推定



(b) 式2による推定

図4. 極限支持力の推定値と S_{max} の関係