

鋼管杭回転切削圧入における施工管理データからのN値推定に関する研究

技研製作所 正会員 ○鈴木 直樹
正会員 木村 育正

1. はじめに

鋼管杭施工方法のひとつである鋼管杭回転切削圧入工法（以降、ジャイロプレス工法¹⁾）は、既に圧入した杭の頭部を自走しながら、先端ビット付鋼管杭を順次回転切削圧入する静的な貫入方法であり、施工時の貫入力、回転トルク、ストローク長等を連続計測している（図1）。Ishihara et al.²⁾は杭頭での貫入力と回転トルク、および管内土長等の関係から、杭先端での地盤反力を推定する物理型モデルを提案している。

一方、杭の施工中に得られるデータには、引抜中の抵抗力や貫入量に対する圧入力の増加量など多岐にわたるため、このデータから推定に必要な管内土長すなわち IFR（もしくはそれを代替する PLR）の準用ができる可能性がある。そこで本稿では、管内土長を除いた圧入中の施工データから、多変量回帰分析による N 値推定することにより、地盤 N 値と相関性の高いパラメータを探索することを試みたので、その報告をする。

2. 施工管理データ

ジャイロプレス工法では、油圧から杭の軸力および回転力を、シリンダーの移動量から杭深度を、機械に搭載している傾斜計から杭の傾きを、それぞれ計測している。なお、計測データには杭材重量および機械損失が含まれている。

ジャイロプレス工法では、圧入・引拔の繰り返し動作である「打抜き」により施工されている。1 サイクルに着目した計測データのイメージを図2に示す。ここでは、引拔から圧入に転じ、再度引拔に転じるまでを1 サイクルとし、図中記号は表3の通りとした。

3. 実績への適用

3.1 対象

本稿で使用するデータは次のように限定した。

- ・ 杭径：1000mm（ジャイロプレス工法で最も実績の多いため）
- ・ 貫入深度：3m 以深（杭の鉛直性が保たれやすいため）
- ・ 土質分類：岩盤およびコンクリート等の硬質地盤以外
- ・ N 値：0 から 50 の範囲

最終的に施工現場数(site) 7、杭本数 1400 程度のデータを分析に使用した(表1)。

3.2 学習方法

本稿では、1 サイクルのデータから基準深度の N 値を推定した。学習の入力データは、図2のような各サイ

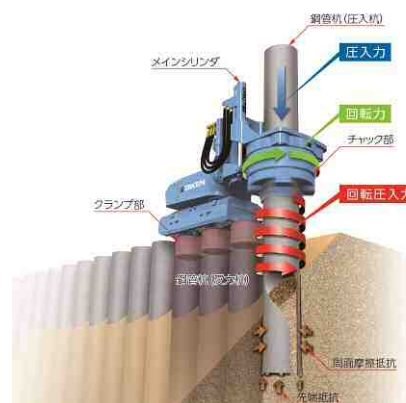


図1 ジャイロプレス工法のメカニズム

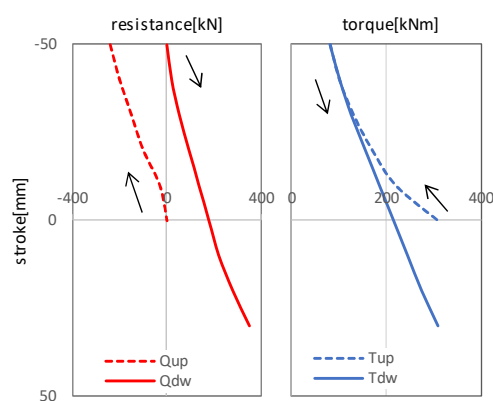


図2 打抜きによる計測データイメージ

表1 分析に使用したデータ数

	site	size	
train	6	5357	36%
validation		3572	24%
test	1	5849	40%
total	7	14778	100%

表2 回帰分析に用いた諸設定値³⁾

Regression	RandomForest
n_estimators	30
max_features	8
criterion	mean squared error

キーワード 圧入, 回転切削圧入, 鋼管杭, 地盤情報推定, 多変量回帰分析

連絡先 〒135-0063 東京都江東区有明1丁目3番28号 (株) 技研製作所 TEL 03-3528-1633

クルから求められる図4に示した特徴量12個である。回帰分析方法は非線形に対応できるように、ランダムフォレスト³⁾とし、各種設定は表2の通りとした。出力データは、杭施工位置の直近の標準貫入試験から得られたN値とした。

本事例のように同一の杭・施工現場のデータが多数存在する場合、類似の施工データが得られがちであるため、学習データに使用した場所と同じ現場では推定しやすいことが懸念された。そこでここでは、test用のデータにN値が3-36と比較的広い範囲となる施工現場を別に用意し、残りからtrain, validation用にデータを分割して交差検証を行った(表1)。

3. 3 結果

図3にvalidationおよびtestデータのN値の推定値と実測値の関係を示した。train, validation, testの各 R^2 スコアは0.97, 0.81, 0.69となった。train, validation間で差が大きいことはランダムフォレストが比較的過剰適合しやすいこと、validation, test間で差が大きいことは当初予想した通り、同じ施工現場では、似た結果をとるためと考えられる。また、N値3程度において、大きく推定がばらついている箇所があるが、これは今回の推定方法が1サイクルからの推定であり、データのばらつきによる誤差を受けやすいためと考えられる。

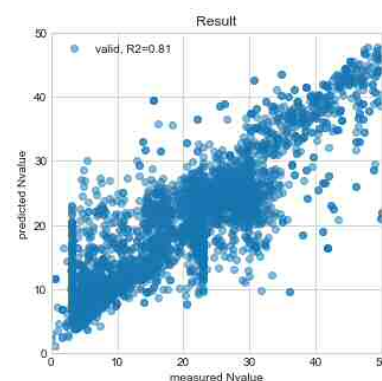
上記で求めた推定モデルの特徴量の重要度は図4のようになった。なお、図中の各特徴量の意味は、表3の通りであり、ランダムフォレストにおける特徴量の重要度は個々の決定木で使用した値の平均値を表す。重要となる特徴量はT0, dT, lupであった。筆者らが別途行った非回転条件の模型実験では、内周面抵抗と引抜量(lup)に相関があることが見られたことから⁴⁾、回転条件では上記が追加される可能性がある。

4. おわりに

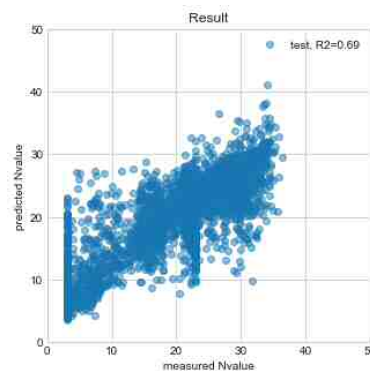
ランダムフォレストを用いて、管内土長以外の鋼管杭回転切削施工管理データからN値推定を行うことにより、地盤N値と相関性の高いパラメータを探索することを試みた。その結果、T0以外のdT, lupも重要な特徴量となる可能性が高いことがわかった。前述した物理型モデル²⁾に、本研究のような施工での知見を付加することにより、いっそう地盤内での現象の解明につながるものと期待する。

参考文献

- 1) ジャイロプレス工法, <http://www.atsunyu.gr.jp/>
- 2) Y.Ishihara et.al: Estimating base resistance and N value in rotary press-in, Soils & Foundations, 55(4): pp.788-797, 2015
- 3) scikit-learn, <http://scikit-learn.org/>
- 4) 鈴木, 梶野: 開端鋼管杭圧入施工時の打抜の閉塞に与える影響, 地盤工学研究発表会, 2018 (投稿中)



(a) validation



(b) test

図3 推定値と実測値の関係

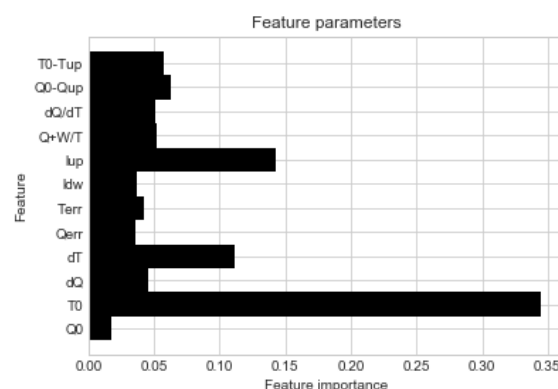


図4 推定モデルの諸設定値

表3 各記号の意味

main	
Q	圧入力[kN]
T	回転トルク[kNm]
z0	1サイクルが始まる際の杭先端の深さ(=基準深度)[m]
l	距離[mm]
stroke	基準深度からの杭先端の深さ[mm]
添字	
up	引抜中の値
dw	圧入中の値
0	引抜から圧入に転じた際に、基準深度に達した際の値
d	基準深度以下の各値増加分/stroke
err	基準深度以下の線形近似した際の絶対誤差/stroke