

閉端鋼管杭回転圧入時の杭頭荷重とトルクから先端抵抗を推定する方法

(株)技研製作所 正会員 ○石原 行博
 (株)技研製作所 正会員 西川 舞
 (株)技研製作所 非会員 岡田 浩一

1. はじめに

圧入工法は杭の施工技術の一つで、油圧力により杭を静的に貫入させる。低振動低騒音、仮設不要等の利点から、主に都市部で利用されている。このうち、鋼管杭を回転させながら圧入する「回転圧入」という技術(図1)は硬質地盤にも適用可能で、近年その市場が拡大しつつある。

圧入施工中の杭頭荷重やトルクの情報から、地盤情報の取得や杭の支持力性能の保証ができれば、現場の施工管理などが効率化されることが考えられる。通常の圧入では、杭頭荷重の情報から先端抵抗を推定し、先端抵抗から地盤情報を推定する方法が開発されている¹⁾。本稿では、回転圧入の場合の杭頭荷重とトルクの情報から先端抵抗を推定する方法について提案し、実測値との比較によりその精度を確認する。



図1 回転圧入の施工の様子

2. 先端抵抗の推定方法

杭頭荷重 Q とトルク T は、先端成分(下付き b で表す)と周面成分(下付き s で表す)から成ると考えられる。杭先端が深度 $z_{(i)}$ にある場合の各抵抗を $Q_{b(i)}$ 等と表記し、杭先端が $z_{(i)}$ から $z_{(i+1)}$ へ移行する間の各抵抗の増分を $\Delta Q_{b(i,i+1)}$ 等と表記すると、杭頭荷重とトルクの増分は(1)(2)式のように表される。

$$\Delta Q_{(i,i+1)} = \Delta Q_{b(i,i+1)} + \Delta Q_{s(i,i+1)} \quad (1)$$

$$\Delta T_{(i,i+1)} = \Delta T_{b(i,i+1)} + \Delta T_{s(i,i+1)} \quad (2)$$

ところで、 $Q_{b(i)}$ と $T_{b(i)}$ は、先端抵抗力度 $q_{b(i)}$ と壁面摩擦角 $\delta_{(i)}$ を用いて(3)(4)式のように表わされる²⁾ので、両者の関係は(5)式となる。

$$Q_{b(i)} = q_{b(i)} \cdot (\pi D^2 / 4) \quad (3)$$

$$T_{b(i)} = \int_0^{\frac{D}{2}} \{ q_{b(i)} \cdot \tan \delta_{(i)} \cdot 2\pi r dr \} \cdot r \quad (4)$$

$$\frac{T_{b(i)}}{Q_{b(i)}} = \frac{\tan \delta_{(i)}}{3} D \equiv \alpha_{(i)} \quad (5)$$

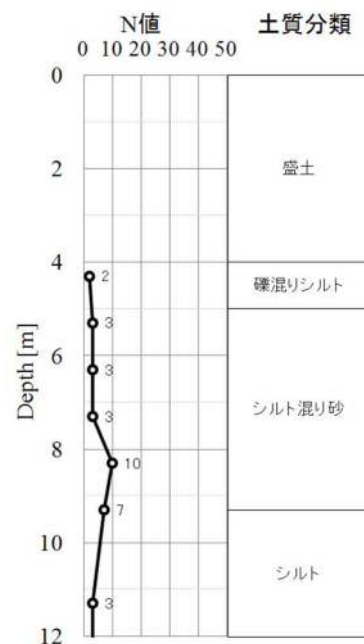


図2 試験場の地盤条件

キーワード 回転圧入, 杭頭荷重, トルク, 先端抵抗

連絡先 〒781-5195 高知市布師田 3948 番地 1 (株)技研製作所 TEL088-803-1256

いま、深度方向の地盤条件（壁面摩擦角）の変化を無視できるとし、 $\alpha(i) = \alpha(i+1) = \alpha$ とすると、(6)式が得られる。

$$\Delta T_{b(i,i+1)} = \alpha \cdot \Delta Q_{b(i,i+1)} \quad (6)$$

他方、 $\Delta Q_{s(i,i+1)}$ と $\Delta T_{s(i,i+1)}$ は、周面抵抗力度 $q_{s(i,i+1)}$ とピッチ（圧入速度に対する回転速度の比） p を用いて(7)(8)式のように表わされるので、両者の関係は(9)式となる。

$$\Delta Q_{s(i,i+1)} = \left(\frac{1}{\sqrt{1+p^2}} \right) \cdot q_{s(i,i+1)} \cdot \pi D (z_{(i+1)} - z_{(i)}) \quad (7)$$

$$\Delta T_{s(i,i+1)} = \int_{z_{(i)}}^{z_{(i+1)}} \left(\frac{p}{\sqrt{1+p^2}} \cdot q_{s(i,i+1)} \cdot \pi D dz \cdot \frac{D}{2} \right) \quad (8)$$

$$\frac{\Delta T_{s(i,i+1)}}{\Delta Q_{s(i,i+1)}} = \frac{p}{2} D \equiv \beta \quad (9)$$

(1)(2)(6)(9)式から、(10)式が得られる。

$$\Delta Q_{b(i,i+1)} = \frac{\Delta T_{(i,i+1)} - \beta \cdot \Delta Q_{(i,i+1)}}{\alpha - \beta} \quad (10)$$

したがって、次式により先端抵抗を得る。

$$Q_{b(i)} = \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\Delta T_{(j,j+1)} - \beta \cdot \Delta Q_{(j,j+1)}}{\alpha - \beta}$$

表 1 試験条件

試験名	C11-10	C11-13
圧入方法	回転圧入	打抜+回転圧入
圧入速度	23mm/s	23mm/s
引抜速度	-	28mm/s
回転速度	15mm/s	110mm/s
打抜ストローク	800-0	800-400

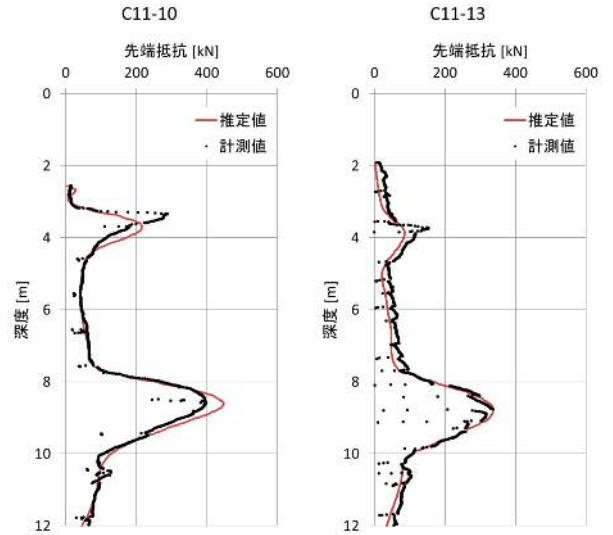


図 3 推定結果と計測結果の比較

3. 実験の概要

先端抵抗の推定方法を確認するために実証試験を行った。図2に試験場の地盤条件を示す。試験杭はφ318.5の閉端構造とし、先端部にロードセルを設置して先端抵抗を計測した。杭頭荷重とトルクは回転圧入機の油圧の計測値に杭重量などを加味して求めた。貫入長はドラム式ストロークセンサーを用いて計測した。

表1に示す2種類の試験を行った。C11-13では、回転圧入動作に打抜動作（杭を上下に動かす）を加えた。たとえば打抜ストローク 800-400 とは下方向変位 800mm と上方向変位 400mm を繰り返すことを意味する。

4. 推定結果と計測結果の比較

杭頭荷重とトルクを用いて推定した先端抵抗と、杭先端のロードセルで計測された先端抵抗との比較を図3に示す。いずれの試験ケースでも、先端抵抗の推定値は計測値とよく一致することが確認された。

5. まとめ

閉端鋼管杭の回転圧入時の杭頭荷重とトルクの情報から先端抵抗を精度よく推定できることが確認された。今後は、開端鋼管杭や硬質な地盤へのこの手法の適用可能性を探る。

参考文献

- 1) Ishihara et al., Technique to estimate N value and soil type from PPT data in standard press-in and press-in with augering, 2013. (投稿中)
- 2) Ishihara et al., Estimating PPT data via CPT-Based Design Method, 2011.