

リバース工法における掘削データに関する一考察

鉄建建設(株) 正会員 ○竹田 茂嗣
正会員 岩瀬 隆

1. はじめに

供用中の建物の杭の支持層に関する懸念が表面化して以降、基礎杭の信頼性向上（支持層確認）に関する施工管理方法等の改正が図られてきた。埋め込み杭に関しては積分電流値を用いた各種施工管理装置の運用が確実に行われるようになっている。一方で、場所打ち杭における支持層確認は掘削土砂の目視確認を基本としているが、見分けがつかないことも多く、直近のボーリングデータや削孔トルク、機械の振動などの情報を総合的に判断することが求められている。また、それでも判断が難しい場合は、杭孔ごとに追加ボーリングを実施することも珍しくない。

本稿では、狭隘箇所でも最大杭径3mの削孔が可能な超低空頭場所打ち杭工法¹⁾（リバースサーキュレーションドリル工法に分類される、図-1）に標準搭載している掘削管理システムのデータを分析、標準貫入試験との連動性を検討し、支持層確認においてその可能性を検討した。

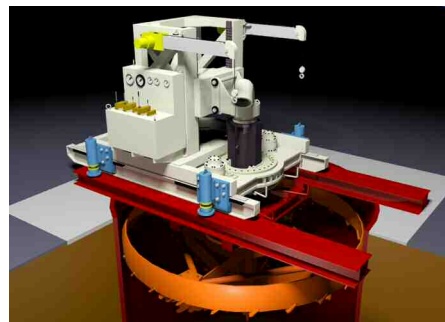


図-1 超低空頭場所打ち杭工法

表-1 掘削管理システムの計測項目

計測項目	記録周期
掘削トルク	1(sec)
回転数	
フィードストローク	
フィード力	
排泥流量	

2. 掘削管理システムの概要

掘削管理システムは、超低空頭場所打ち杭工法の鉄道営業線近接工事等の施工を想定し、孔内水位を安定させ、施工時の孔壁崩壊に対する安全性向上を目的とした孔内水位安定化システム²⁾³⁾とともに、施工データを自動記録することを目的に開発を行った。

表-1 に掘削管理システムの計測項目、表-2 に孔内水位安定化システムの仕様を示す。

図-2 は、東京都内某所でφ2800の場所打ち杭を施工した際の掘削管理システムによる計測結果を示している。

表-2 孔内水位安定化システムの仕様

項目	仕様
水位計	レーザー式レベルセンサ・ガイドボリス式レベルセンサ併用
制御対象	送水ポンプ・送水管バルブ 排泥用サクシオンポンプ（複数台数可能）
異常水位時	回転灯表示・警報メール
停電時	発電機自動起動

図中の掘削エネルギーは、鉛直成分のビットを押し進めるエネルギーと、回転成分のビットを回転させるエネルギーの和を掘削体積で除して、掘削単位体積あたりの仕事として算出している。（式-4）ここに、貫入力： F [kN]，掘削速度： v [cm/min]，回転速度： n [min⁻¹]，トルク： T [kN・m]，掘削径： D [m] とすると、鉛直成分の1分間の仕事 W_s [J]

$$W_s = 1000F \cdot v / 100 \cdot 1 = 10Fv \text{ [J]} \text{ (式-1)}$$

回転成分の1分間の仕事 W_r [J]

$$W_r = 2000\pi T \cdot n \text{ [J]} \text{ (式-2)}$$

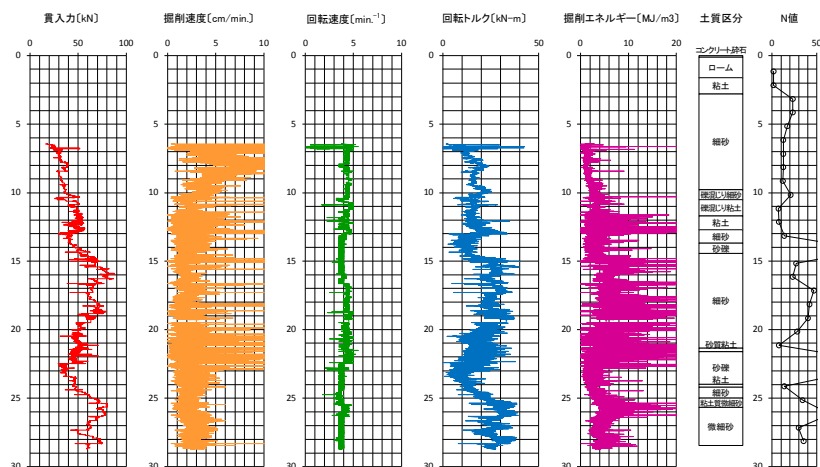


図-2 掘削管理システム計測結果

キーワード 場所打ち杭，リバースサーキュレーションドリル工法，掘削データ，標準貫入試験

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設(株)建設技術総合センター TEL0476-36-2359

$$1 \text{ 分間の仕事の総計 } W \text{ [J]} \quad W = W_s + W_r \quad (\text{式-3})$$

掘削単位体積あたりの仕事 W_V [J/m³]

$$W_V = W/V = 10F \cdot v + 2000\pi T \cdot n / \pi \cdot 4 \cdot D^2 \cdot v / 100$$

$$= (4 \times 10^3 F \cdot v + 8 \times 10^5 \pi T \cdot n) / (\pi D^2 \cdot v) \text{ [J/m}^3\text{]} \quad (\text{式-4})$$

3. データの分析

リバース工法は、ビット先端からサクションポンプで吸い上げプラントに設置した土砂分離機で残土回収する逆循環工法であり、その特徴は他の場所打ち杭工法より掘削に使用する機械サイズが小さいことにある。そのため、オペレーターは以下のような特徴の操作を行なうことが一般的である。

- ① リバースロッドの剛性は、削孔する杭径に比して非常に小さく、杭孔が曲がらないようビットの杭底への押し付け力は、掘削に必要な最小限の力になるよう操作する。
- ② 掘削が進み安定液比重が上がると、排泥流量が減り閉塞気味となる。そのため流量が回復するまでは、杭底からビットを浮かし、掘削せずに空回しを行なう。

これらを踏まえ、ロッド1本分(1m)の掘削データに新に地盤を新規に掘削している範囲のデータ(ビット貫入力, 回転回転速度, ビット回転トルク, 排泥流速等のデータが妥当と思われる部分)を有効とみなし、着色した。(図-3)

さらに、着色した有効なデータと見なせる部分を切り出し、グラフ化をしたものを図-4に示す。

4. 土質柱状図との比較

土質柱状図の土質区分が砂層や粘土層については、掘削エネルギーとN値との連動性については、完全にとはいえないが概ねあるものと読み取ることができる。その一方で、礫層に関しては、連動性はない状況にある。一般に礫がある場合、地盤強度に比して打撃回数が非常に大きくなることが知られており、地盤強度の判断方法について再考の必要があると考えている。

5. まとめ

リバース工法の掘削エネルギーとN値との連動性について検討を行なったが、比較対象の標準貫入試験(N値)は、同じ地盤であってもばらつきがあることが知られており、実用には時間がかかるものと考えている。今後、多くの土質で十分にデータを集積し分析整理をすることで、将来的にはリアルタイムに支持層確認を可能とし信頼性の高い場所打ち杭工法となるよう、研究を進める所存である。

参考文献

- 1) 超低空頭場所打ち杭の開発 第66回土木学会年次講演会 2011.9
- 2) 場所打ち杭の孔内水位管理システムの開発 第67回土木学会年次講演会 2012.9
- 3) 場所打ち杭の孔内水位安定化システムの改良 第72回土木学会年次講演会 2017.9

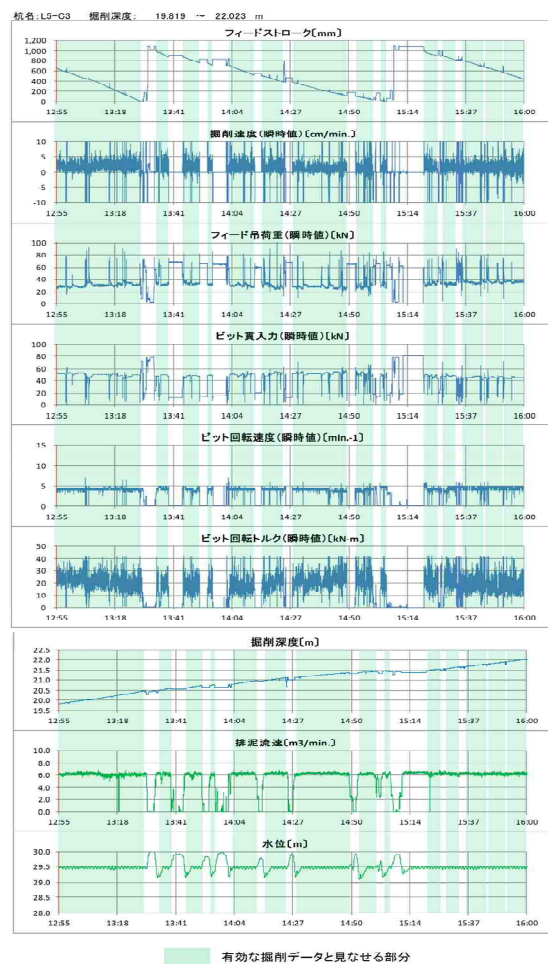


図-3 ロッド1本分のデータの抽出

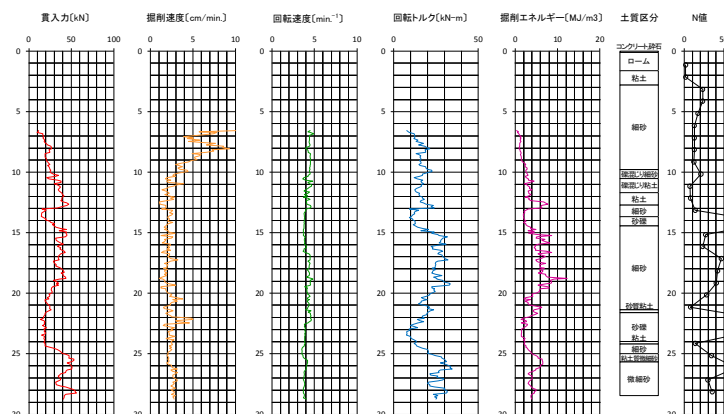


図-4 有効データのみ切り出した計測結果