

DTH 杭掘削機械による掘削時リアルタイム支持層評価システムの開発

一般財団法人 先端建設技術センター フェロー ○山本 拓治
 株式会社ケー・エフ・シー 正会員 渡邊 直人
 株式会社ケー・エフ・シー 阿波 宏司
 石川工業高等専門学校 正会員 新保 泰輝

1. はじめに

杭先端が支持層に未到達の場合、設計支持力が得られず構造物の安定が確保できない。支持層に過到達の場合、施工ロスが大きくなり工程に影響する。鋼管杭等を地盤に設置するためのボーリング技術は、いまだに経験に依存する所が大きい。載荷試験では試験に時間を要するため、杭全数を打止め管理することは困難である。鋼管杭先端が基盤に到達したかどうかを削孔中に、リアルタイムに評価する定量的評価技術はほとんど存在しないのが現状である。そのため、精度よく迅速に、支持杭の支持層管理（打止め管理）を行うことができる技術が求められている。特にダウンザホールハンマー（以下、DTH）を用いた空気圧駆動の打撃系掘削装置は、油圧駆動掘削装置と異なり、ダイレクトに掘削と連動したパラメータとなる油圧が測定できないので、掘削の主体をなす打撃エネルギーが測定できない。そのため、現在でも、掘削時に排出される掘削ブリの目視確認等の定性的な手法や、一律とは言えないオペレーターの運転操作による掘進速度等、定量的地盤状況の把握につながらないデータに頼る他はなく、基盤到達を定量的に評価できていない。以上の状況を踏まえ、筆者らは既存のDHC杭掘削機械に各種センサを搭載し、機械データを分析することで、支持層をリアルタイムに評価できる装置や評価手法を開発し、施工試験を行ったので以下にその成果を述べる。

2. システムの概要

過酷な現場環境下や高振動の機械でも、安定的にデータを取得でき、かつ、安価で汎用的なシステムを構築する必要がある。図-1に掘削機とセンサの取付け状況を示す。掘削機の回転圧力、フィード圧力を測定する油圧センサ、エアコンプレッサの圧力を測定するセンサをつけるとともに、掘削速度や掘削深度を測定するワイヤーエンコーダー（深度センサ）、回転数を測定するセンサ、機械振動を取得するための加速度センサを取り付けた。また、記録装置としてのデータロガーとリアルタイムの監視が可能な無線データ送受信機、さらに、別の場所でセンサ制御可能なゲートウェイ、データ蓄積のためのクラウドサーバーを備えている。加速度計は、米国で開発された高振動にも強い 3 成分の小型無線式加速度センサである。

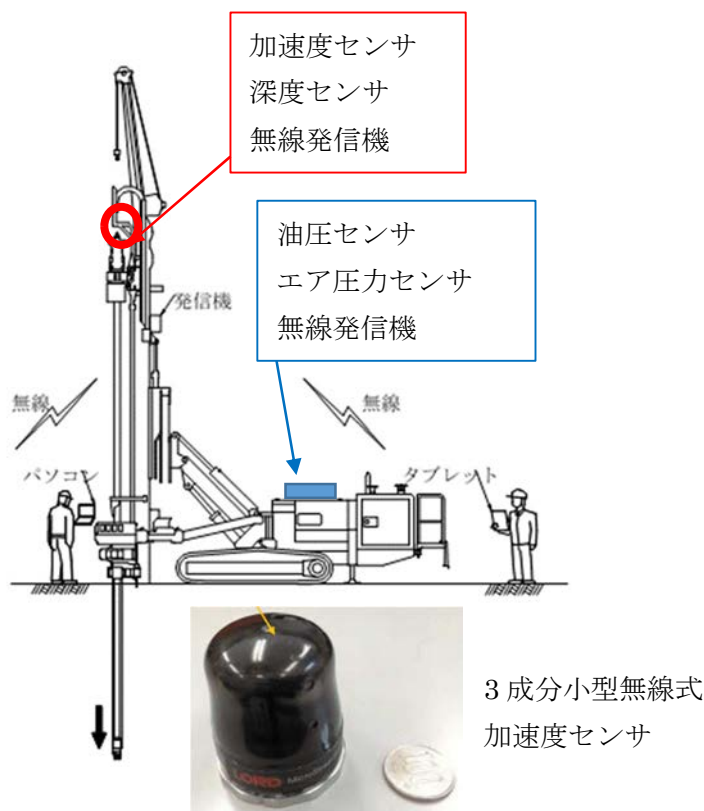


図-1 システムの概要

キーワード 杭基礎、支持層確認、DTH、マイクロパイル

連絡先 〒461-0048 愛知県名古屋市中区矢田南 5-1-11 (株) ケー・エフ・シー TEL 052-711-8022

3. 現場適用結果

本手法の妥当性を示すために、事前に実施された調査ボーリング結果とその近傍での削孔結果を比較した。図-2 は、削孔深度ごとの土質柱状、換算 N 値、掘削体積比エネルギー、掘進速度、エアコンプレッサー圧力のデータである。掘削体積比エネルギーは、以下の式で評価した。

$$S_E = \frac{E_i \times bpm}{A_H \times P_R} \quad S_E : \text{掘削体積比エネルギー (J/cm}^3\text{)} \quad E_i : \text{ピストン打撃によって掘削機で発生した打撃エネルギー (J)}$$

bpm : 打撃数 (blow/min) P_R : 掘進速度 (cm/min) A_H : 孔断面積 (cm²)

この図を見ると、深度 3m 付近より下方で、玉石などの礫当たりを計測しつつもトレンドは N 値と同様な変化が認められる。支持層である深度 11m 以深で安定的に打撃掘削体積比エネルギーも大きくなるとともに、掘進速度も低下している。このことから、DTH 杭掘削機械によるリアルタイム支持層評価システムの有効性がある程度確認できた。なお、エアコンプレッサー圧力によって、打撃エネルギーの補正を行っている。

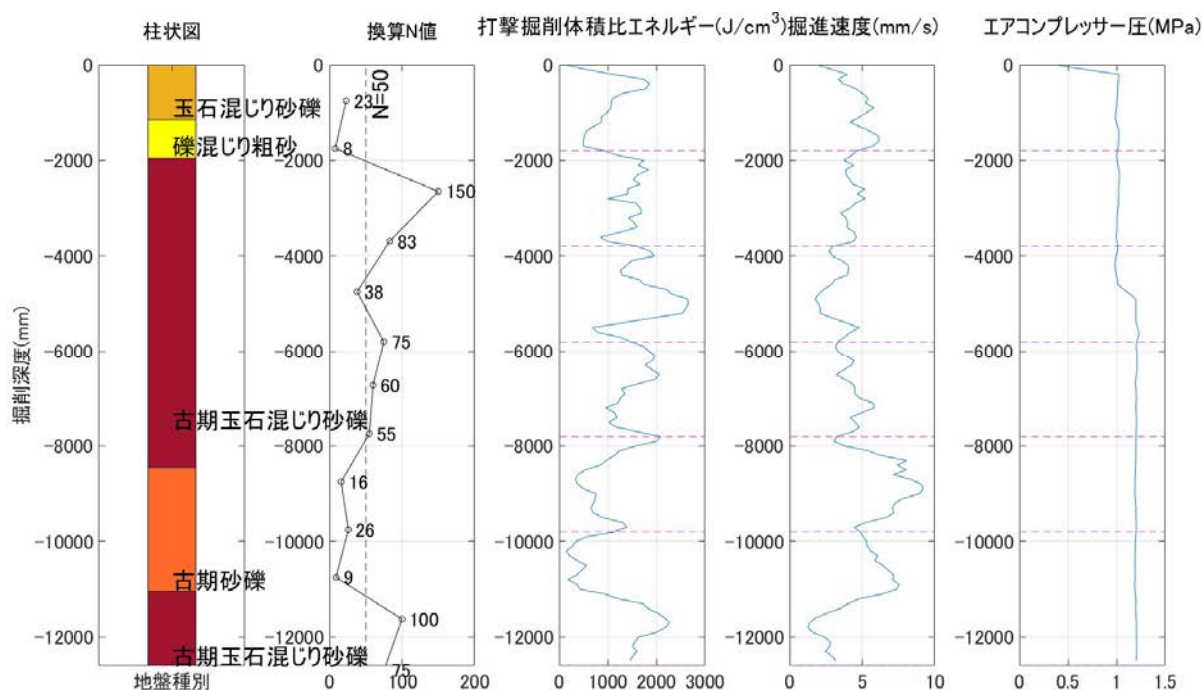


図-2 測定結果例

4. おわりに

DTH 杭掘削機械によるリアルタイム支持層評価システムの開発のための第一歩として、各種センサを選定し、施工試験を行った。その結果、DTH 杭掘削機械によるリアルタイム支持層評価システムの有効性が確認できた。今後は、掘削時の加速度データを収集し、その応答加速度で、地盤の剛性を評価する手法の開発²⁾を進めるとともに、掘削速度等機械データ、掘削ズリを基に、深度毎に AI を活用して N 値や変形係数等の地盤定数をリアルタイムに求めることが可能な方法についても検討していきたい。また、鋼管杭打設時の振動は各掘削深度位置から地盤内を伝播するため、地表面にも加速度センサを設置することによって、支持層確認だけでなく設計に必要な周辺地盤内地盤物性 (Vs) を推測する方法も検討していきたい。

参考文献

- 1) 松井 保 ら：トンネル技術者のための地盤調査と地山評価, 鹿島出版会
- 2) 坪内悠馬ら：DTH の応答加速度波形を利用した地盤の剛性評価手法の開発, 令和 4 年度土木学会年次学術講演会 III-392