

パーカッション工法における職人技術の可視化のための小型加速度センサー付き手袋の開発

富山県立大学 非会員 ○宮崎晃我
富山県立大学 正会員 兵動太一
富山県立大学 非会員 寺迫太陽

1. 目的

豪雪地帯である北陸地方では積雪時に道路や歩道の雪を溶かすために消雪パイプが使われる。路面温度が比較的高い北陸地方では消雪パイプで地下水を使用することが多い。また、富山県は水質が良く全国的にも水の名産地であるため、飲料用として地下水の需用がある。これらの背景から富山県では井戸掘削が盛んに行われている。富山県の地質は砂礫や玉石層で構成されていることが多いことから井戸の掘削工法としてパーカッション工法を用いることが多い。パーカッション工法はワイヤーロープの先端に重いビットを吊りし、これを一定のストロークで自由落下させてその衝撃により、孔底の地層を突き崩しながら掘り進める工法であり、安価で省スペース、少人数でできるメリットがある。一方で施工中は孔底の様子や土質判別のために職人がワイヤーを握り続けている。掘削機械の動力であるモーターと1トンを超えるビットが地面にぶつかる振動を絶え間なく感じているため職人の多くが職業病である白蟻病に悩まされ、施工中にワイヤーに巻き込まれて怪我や死亡する事故も発生している。危険な作業と相まって、全国的な少子化から後継者不足も深刻である。また後継者が見つかって、井戸掘削の技術が職人の能力に依存する部分が多く、熟練の感覚が必要であるため、即戦力として期待することができない。

本研究は職人がワイヤーを握ることで感じている振動を測定するのに必要な加速度センサーの選定し、手袋の開発をすることを目的としている。

2. 研究方法

(1) 加速度センサーの選定と手袋の開発

職人は施工中にワイヤーを握り、振動により土質判別を行っているため、加速度センサーを手に設置することが適切であると考えた。そのため加速度センサーは小型、無線でデータ収集できるものを選定した。図-1 に選定した加速度センサー（モノワイヤレス社製 TWELITE2525A）を示す。本加速度センサーはコイン電池（CR2032）で動作するほど小型なため、職人の作業の邪魔にならない。

職人は施工中に手の保護のため厚手の革手袋を着用している。そこで下地の手袋に加速度センサーをマジックテープで設置出来るように加工した。



図-1 加速度センサー

(2) 測定方法

加速度センサーで職人が感じている振動を測定するためタブレット PC に受信機を設置しリアルタイムでデータ収集を行った。本研究においては職人の感覚が重要であるため随時ヒアリングを行い、データ分析に反映した。実際にパーカッション工法で手袋を導入する前に簡易動的コーン貫入試験（JGS1433）を行い模擬的な測定を行った。簡易動的コーン貫入試験は本来地盤の物性値を測定する際に使用される現場試験であるが、所定の高さからおもりを落として振動が生じることから、加速度センサーの動作確認を行うのに適当な試験であると考えた。

次に実現場においてパーカッション工法で井戸掘削を行う際に振動の測定を行った。前述の要領で職人に加速度センサー付き手袋を着用してもらい、実際の施工と変わらない条件で測定を行った。

3. 測定結果

加速度センサーの動作確認のため富山県立大学のグラウンド(富山県射水市)で簡易動的コーン貫入試験を

行った。簡易動的コーン貫入試験は地盤の固さを表す N_d 値を算出することが出来る¹⁾。本研究では任意の3地点で簡易動的コーン貫入試験を行った。任意の3地点を No.1, No.2, No.3 とした。

図-2の(a)に $N_d=4$ のとき(b)に $N_d=100$ の加速度をそれぞれ示す。本研究の加速度センサーは3軸の測定が可能であるため、X軸、Y軸、Z軸のデータをそれぞれ示した。図-2(a)(b)を比較すると地盤が固いほうが波数が多いことが確認できた。また異なる N_d 値で波の特徴が明確に異なることが分かった。

簡易動的コーン貫入試験において加速度センサーが正常に動作したことが確認できたため、パーカッション工法における加速度の測定を行った。パーカッション工法は富山県富山市上二杉で行った。また現場の都合上測定は一日に限定され、いずれも礫質層での掘削時に計測を行った。図-3にパーカッション工法で測定した加速度を平均化したものを示す。図-2の波形と同様波をはっきり計測することができた。今回計測を行った地質は礫質層1種類だったため、今後は異なる地層で掘削を行っている際の計測が必要となる。

4. 今後の課題

本研究は最終的にパーカッション工法を機械化し職人技術の可視化をすることが目的である。複雑な地盤条件を人工知能に深層学習させるため良質かつ膨大な教師データを必要としている²⁾。加速度の特徴を明確にするため逆フーリエ解析等を用いて土質判別に必要でないノイズの除去を試みたが改良の余地が残った。来年度以降、引き続き測定データの蓄積を行うとともに、分析データの質の向上が求められると考えられる。

5. まとめ

今回得られた波形はばらつきが生じた。これは掘り屑が溜まると振動が変わることやパーカッション工法の職人が握るワイヤー自体が揺れていたことやモーター音などのノイズが発生したことが原因だと考えられる。またノイズ除去も改善する必要があるため、計測方法と解析方法の検討が必要である。

謝辞

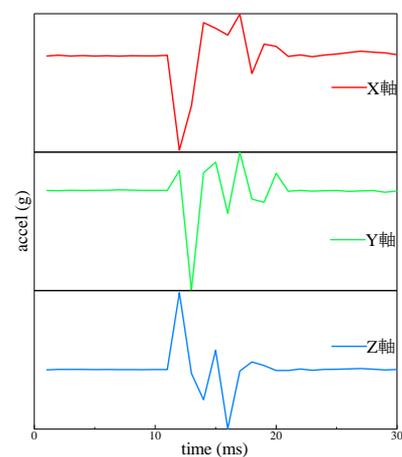
本研究の一部は、内山さく泉工業(株)の奨励寄付金、タナカ財団研究助成の援助を受けて行った。また現場の施工に強力をくださった内山鑿泉工業(株)、手袋の開発にご助力頂いた丸和ケミカル(株)に心より感謝致します。

参考文献

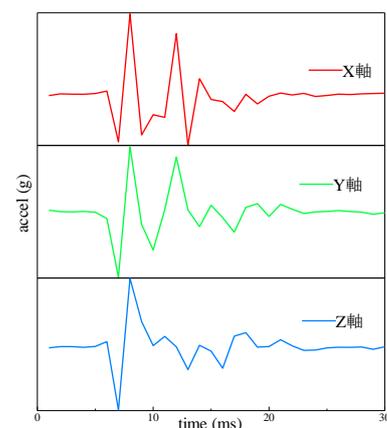
- 1)地盤調査技術総覧編集委員会：建築土木技術者のための地盤調査技術総覧，新協，2007
- 2) 斉藤庸毅：ゼロから作る Deep Learning—Python オーム社，2016

キーワード パーカッション工法，加速度センサー，職人技術の機械化

連絡先 〒939-0351 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 TEL 0766-56-7500



(a) $N_d=4$



(b) $N_d=100$

図-2 簡易動的コーン貫入試験で計測した加速度

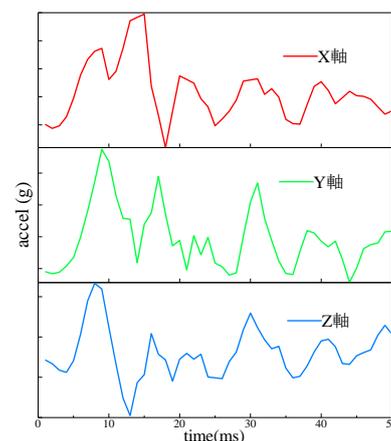


図-3 パーカッション工法で計測した加速度