

全自動ボーリングマシンの開発

ー 制御プログラムの動作確認試験について ー

㈱ワイビーエム ○矢羽田 祥貴 津留崎 一洋 奈須 徹夫 ㈱アサノ大成基礎エンジニアリング 立石 亮
 川崎地質㈱ 星野 一永 基礎地盤コンサルタンツ㈱ 武政 学 ㈱ダイヤコンサルタント 佐藤 明
 中央開発㈱ 福原 誠 ㈱クリステンセン・マイカイ 宮本 哲臣 松熊 晋也

1. はじめに

地質調査業界では、熟練オペレータの退職増加と新規入職者の減少が進んでおり、ボーリング技術の伝承と将来のオペレータ不足が危惧されている¹⁾。この問題を解決するため、全自動ボーリングマシンの開発を進めてきた。これまで、自動化プログラムを搭載した試作実験機を用いて削孔動作自動化の制御プログラムの開発を行ってきた²⁾。本報では、削孔からコアバーレルの回収、ロッドの追加装着まで自動化できる普及機の開発に際して行った制御プログラムの動作確認試験について報告する。

2. 制御プログラムについて

全自動ボーリングマシンではワイヤーライン方式を採用している。ワイヤーライン工法の削孔サイクルを図-1に示す。

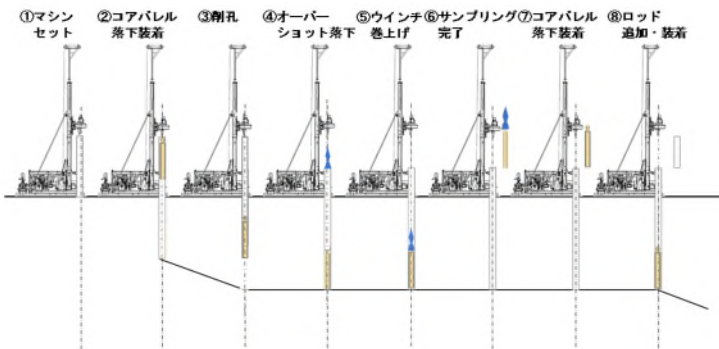


図-1 ワイヤーライン工法の削孔サイクル

試作実験機では図-1に示すサイクル③削孔において、ボーリングの3要素である削孔速度、回転数、送水量を事前に設定された最適値で一定制御する動作や、削孔中の負荷としてのトルク、送水圧、さらにリーダ傾斜を連続監視し、事前に設定された上限値を超えた場合に停滞あるいはロッド上昇を自動化するためのプログラムを作成した。削孔試験を通じて、この自動削孔プログラムの実用性は確認できていた²⁾。さらに、普及機では削孔作業に追従する図-1に示す④～⑧のサイクルを自動化するための制御プログラムの作成を行った。まず、④～⑦はオーバーショットによるコアバーレル回収・投入工程である。ウインチ巻下げ距離を検出することで、オーバーショットの位置が検知し、コアバーレルの接続位置や引き上げ位置を判定することができる。任意の位置に到達した際のウインチ巻き下げ、巻き上げ動作を切り替える制

御プログラムを作成することでコアバーレルの回収、挿入動作を自動化することが可能となった。図-2にオーバーショット位置検出システムを示す。

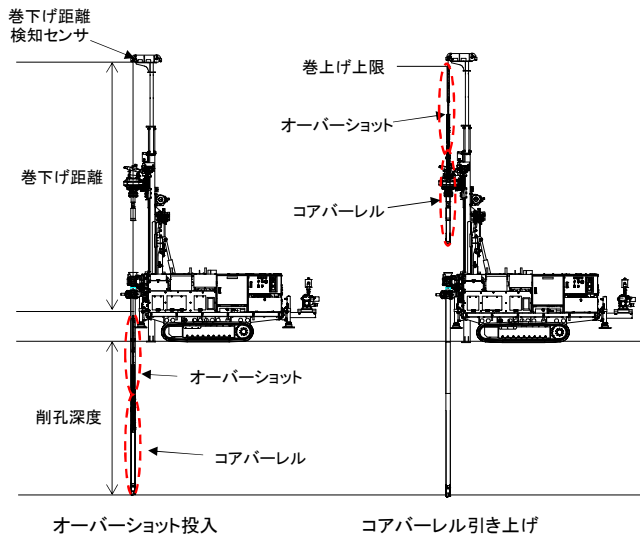


図-2 オーバーショット位置検出システム

また、コアバーレルの回収、挿入時にはロッド内へのボイリングによる先端閉塞を防止する必要がある。対策として、ロッド内水位を高く保つようロッド上端に給水ラインを設置し、給水/送水切替制御を組み入れることでボイリング防止を図った。図-3にボイリング対策図を示す。

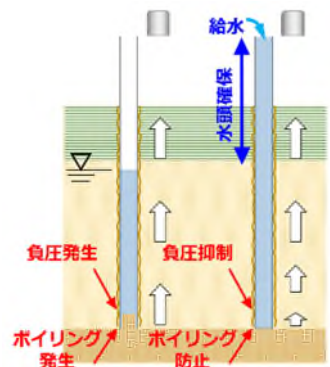


図-3 ボイリング対策図

次に⑧ロッド追加・装着工程は、ボーリングマシンのスイベルヘッドに追加するロッドを接続して既設の削孔中のロッドと接続する工程である。スイベルヘッドの位置をセンサー検出することで追加するロッドを既設ロッドのネジ部まで自動で移動する。ネジ部に到達すると自動で回転し、その際、回転数とトルクを管理することでロッド接続完了を検出確認する。ネジのかみ合わせに問題がある場合、異常を検知してネジの接続を自動でリトライするプログラムも追加した。図-4にロッド追加・接続システムを示す。

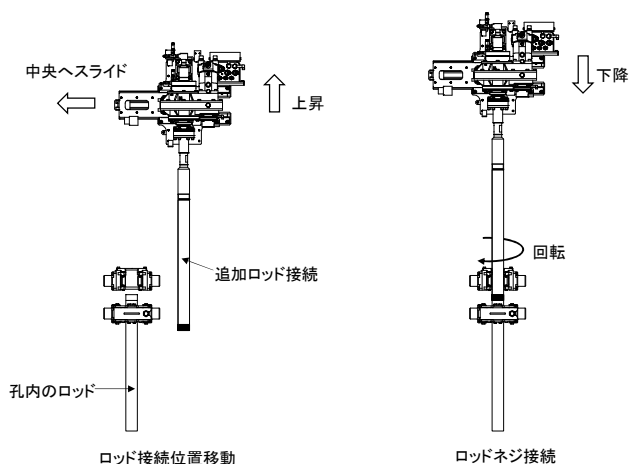


図-4 ロッド追加・接続システム

3. ICT への対応

全自動ボーリングマシンにはマシンコントロールの自動化に加え、ICT（情報通信技術）の適用も行った。ICT 適応ボーリングマシンシステムを図-5に示す。

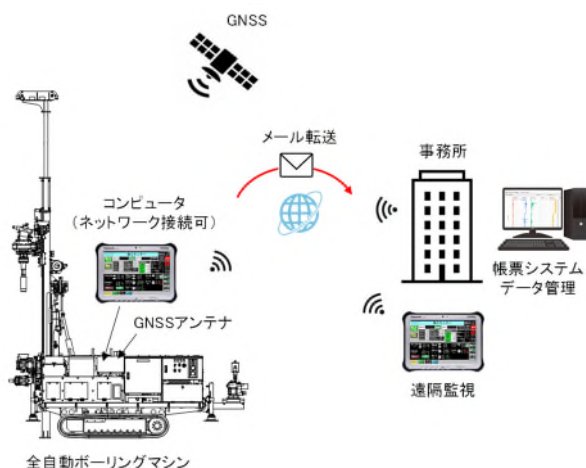


図-5 ICT 適応ボーリングマシンシステム

ボーリングマシンにはインターネット接続可能なコンピュータが搭載されており、削孔状態（削孔深度、削孔速度、回転数、トルク、送水量、送水圧、給圧力）を記録することができ、記録データはインターネットを介して送信することが可能である。送信されたデータは帳票システムを用いて削孔履歴データを表示することができる。さらに情報端末機器を使用して、遠隔地からリアルタイムに削孔状態を監視することが可能である。

また、ボーリングマシンには GNSS アンテナが搭載されており、マシンの現在位置や移動履歴を把握することもできる。

4. 削孔試験

普及機においても試作実験機と同様の削孔動作、特性を得られるかを確認するために削孔試験を行った。削孔試験は佐賀県唐津市原の造成地にあるワイビーエム社有

地で実施した。GL±0～GL-2m までをノンコア削孔、GL-2m～GL-5m をコア削孔とした。ノンコア削孔は削孔速度 15min/m、回転数60rpm、流量30L/min、コア削孔は削孔速度 15min/m、回転数45rpm、流量20L/minとした。

削孔諸元の深度方向の変化を図-6に示す。図-6より最適条件を一定速に維持しながら削孔しており、GL-2m～GL-5m のコア削孔区間ではトルクのばらつきが小さく、削孔負荷のない最適な削孔が行えていることが分かる。

また削孔試験において、削孔動作以外のコアバーレル回収・投入、ロッド追加・装着動作の制御プログラムの検証も行った結果、広範囲の自動化により、オペレータの運転操作を大幅に削減することができた。

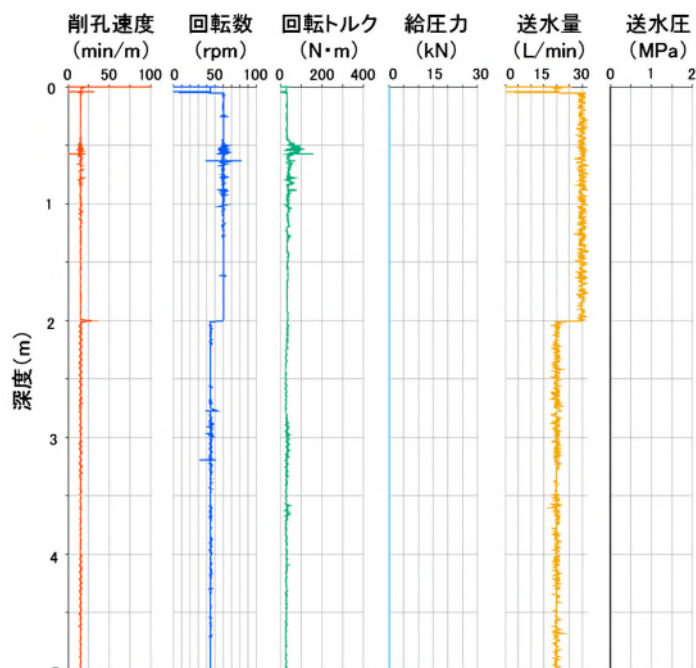


図-6 削孔諸元の深度方向の変化

5. まとめ

削孔からコアバーレルの回収、ロッドの追加装着まで自動化できる普及機の開発を行い、完成した普及機で制御プログラムの動作について確認試験を行った結果、ワイヤーライン工法における削孔～コアバーレル回収・投入～ロッド追加・装着のサイクルを自動化することができた。

今後は様々な現場で削孔を行い、新たな技術や改良点を導入してさらなる自動化と最適化を進めていく。また、標準貫入試験の自動化に向けての開発も進めていく。

《引用・参考文献》

- 1) 岩崎公俊:技術伝承に関わる全地連の取り組み、地盤工学会誌、65-3、2017.3
- 2) 矢羽田祥貴・他:全自動ボーリングマシンの開発 - 電子制御ボーリングマシンによる改良地盤の掘削動作について -、全地連「技術フォーラム 2021」(大阪)、2021.9