【CO12】

全自動ボーリングマシン開発

-JIS に準じた標準貫入試験自動打撃装置の開発-

㈱ワイビーエム　○矢羽田　祥貴　津留崎　一洋　奈須　徹夫
川崎地質㈱　星野　一永　原田　克之　鵜飼　康彦
㈱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、ボーリング技術伝承の問題と将来のオペレータ不足が危惧されている [1)]。そこで、これらの問題の解決を目指して全自動ボーリングマシンの開発を進めてきた [2)]。地盤調査を行う場合、コアサンプリングだけではなく､標準貫入試験を行うことが多い。そこで、今回は全自動ボーリングマシンを用いて標準貫入試験を実施できるよう、新たに打撃・計測を自動化した打撃装置の開発を行った。本報では開発を行った自動打撃装置の概要、打撃・計測システムついて報告する。

2. 自動打撃装置の概要

自動打撃装置を搭載した全自動ボーリングマシンを図-1に示す。自動打撃装置はボーリングマシンのリーダーに装着されており、削孔中は打撃動作を行わないため待機位置（図-1 正面①）にあり、標準貫入試験時には待機位置から旋回して試験位置であるロッドセンター（図-1 正面②）に移動する。打撃装置の操作はボーリングマシンに設置している操作盤で行う。

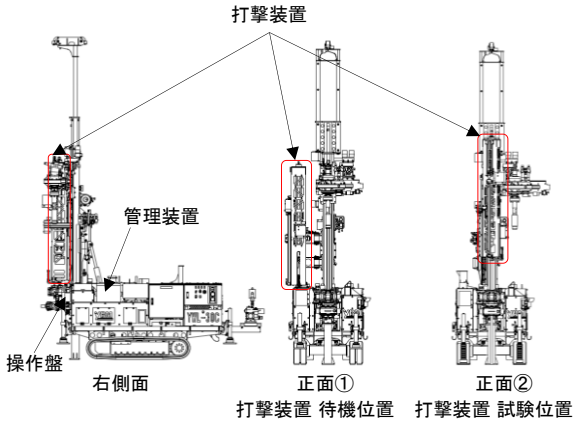

図-1　自動打撃装置を搭載した全自動ボーリングマシン

自動打撃装置の詳細を図-2に示す。打撃装置に搭載しているハンマー、ガイド用ロッド、アンビルは標準貫入試験方法の JIS 規格に準拠した既存の部材を採用した。ハンマーをつり上げるためのキャッチャーは油圧シリンダで昇降する。ハンマーの昇降高さ（落下高さ）はワイヤーエンコーダで計測されるため、ハンマーの落下高さの調整とデータ化が可能である。標準貫入試験の打撃回数計測のためのハンマー検知センサ、貫入量計測のためのワイヤーエンコーダを搭載しており、ワイヤーエンコーダの先端を貫入量計測治具に取り付け、ロッドに接続することで貫入量を計測する。これにより打撃回数と1打ごとの貫入量を計測することが可能となる。計測値はボーリングマシンに搭載した管理装置に表示され、データとして保存される。

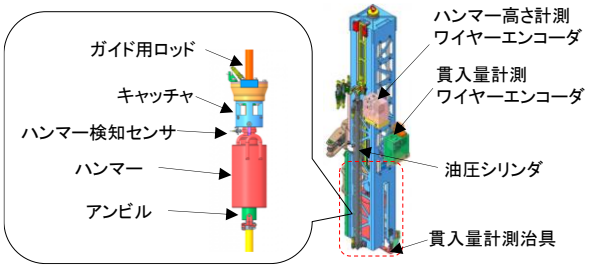

図-2　自動打撃装置詳細

3. 標準貫入試験フロー

自動打撃装置を搭載した全自動ボーリングマシンでの標準貫入試験フローを図-3に示す。調査深度までの①削孔後、②インナーチューブ回収を行う。その後、マシンに搭載しているウインチを用いて、ロッド内に③SPT サンプラーを装着したロッドを降下挿入する。この時Φ40.5mm のロッドを保持するため､事前にクランプにサブチャックを取り付けておく必要がある。サンプラー挿入後、打撃装置を待機位置から試験位置に移動させ、ロッドに貫入量計測治具を取り付け、④試験開始するとロッドの保持が解除され、⑤ロッド自沈が開始し、自沈判定終了後、再度、ロッドは保持される。⑥ロッドとアンビルを接続後、ハンマー底面がアンビル上面に接地した状態となり、⑦ハンマー自沈準備が完了する。その後、ロッドの保持が解除され、⑧ハンマー自沈を開始する。自沈判定が終了すると、⑨予備打ちが開始される。キャッチャーでハンマーを掴んで⑩ハンマー上昇させ、落下高さに到達するとキャッチャーが開いて⑪ハンマーが自由落下する。⑩～⑪を繰り返し、試験孔底から150mm の深度に到達すると⑫予備打ち完了となる。予備打ちでは貫入量が150m となるよう1打撃当たりの貫入量から落下高さを自動調整して軽打撃を行う。予備打ち完了後は⑬本

打ち動作に移行する。予備打ちと同様に⑭ハンマー上昇を行い、落下高さに到達すると⑮ハンマーが自由落下する。予備打ちから300mm（試験孔底から450mm）貫入すると⑯本打ちは完了となる。また、本打ち時の打撃回数が50回を到達しても本打ちは完了するよう設定することができる。本打ち終了後、打撃装置を待機位置へ移動させ、ウインチでロッドと SPT サンプラーを引上げ、⑰試料を回収する。

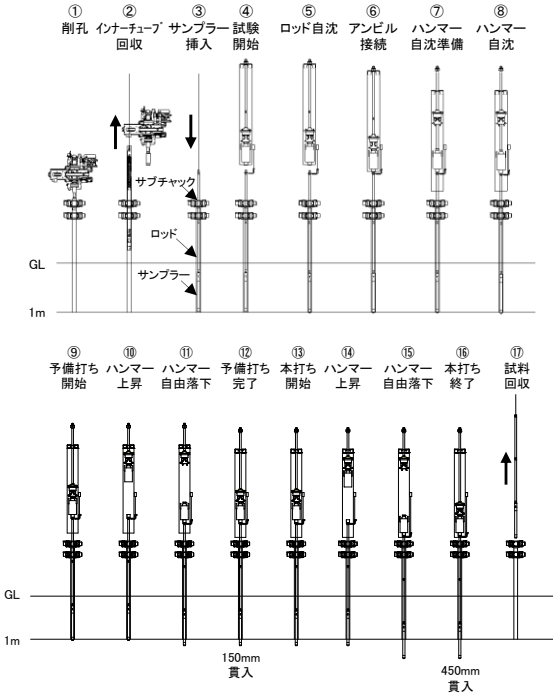

図-3 標準貫入試験フロー

この試験フローは JIS 規格に準拠した試験方法であり、アンビル接続後の⑦～⑯までのフローは全て自動で行うことができる。⑭ハンマー上昇開始から、落下高さ760mmに到達後、⑮ハンマー自由落下して再びハンマーを掴むまでの打撃サイクル時間は9.3秒であった。

4. 計測システム

自動打撃装置を搭載した全自動ボーリングマシンでは標準貫入試験の計測値をマシンに搭載した管理装置でモニタリングすることができる。図-4に標準貫入試験モニター画面を示す。モニター画面では、ロッド自沈量、ハンマー自沈量、予備打ちまでの貫入量、1打撃毎の貫入量、本打ち時100mm 毎の打撃回数、貫入量、累計の打撃回数、貫入量を表示することができる。また計測データの1打撃毎の貫入量と本打ち時の打撃回数は図-5に示すとおりグラフで表示することが可能である。

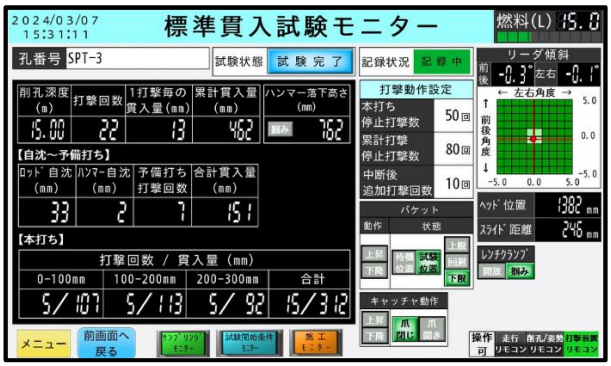

図-4 標準貫入試験モニター画面

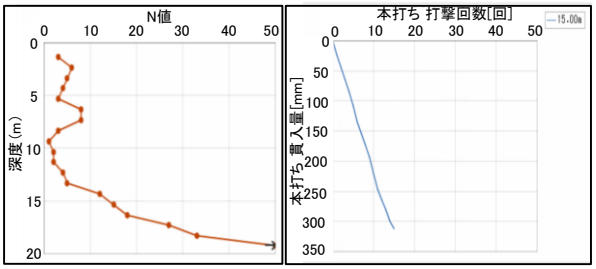

図-5 標準貫入試験グラフ表示画面

また、これらのデータは試験終了後に管理装置に保存され、保存されたデータはインターネットを介して遠隔地の PC に送信することができる。送信されたデータはソフトウェアを用いて確認することができる。さらに PC 以外の情報端末機器を使用して、遠隔地からリアルタイムに標準貫入試験の状態を監視することも可能である。

5. まとめ

全自動ボーリングマシンに搭載する自動打撃装置を開発し、JIS 規格に準拠した標準貫入試験手順で自動打撃・計測できることを確認した。これにより従来の標準貫入試験に比べて、自動化による作業負荷の低減、自動計測・記録によるデータの信頼性向上が確保できる。

今回の開発においては、現 JIS 規格に準拠した標準貫入試験手順を採用したことで、試験開始後のアンビル接続は手作業でロッドにねじ込む必要があった。試験開始から終了まで全工程を自動で行うためには試験手順やアンビル接続について見直す必要がある。

《引用・参考文献》

1) 岩﨑公俊: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 ー 制御プログラムの動作確認試験について ー、全地連「技術フォーラム 2023」(横浜)、2023.9