【013】

全自動ボーリングマシンの開発

― 軟弱地盤削孔用ワイヤーラインツールスの開発について ―

㈱クリステンセン・マイカイ ○宮本 哲臣 松熊 晋也
㈱ワイビーエム 矢羽田 祥貴 奈須 徹夫
川崎地質㈱ 近藤 勉 濱田 泰治

1. はじめに

地質調査業界では、熟練オペレータの退職の増加と新規入職者の減少が進んでおり、オペレータ不足と技術伝承の問題が懸念されている[1)]。その対策として全自動ボーリングマシンの開発を進めており、削孔方式として、孔壁崩壊事故のリスクが小さく、ロッド昇降回数が少ないワイヤーライン方式を採用した[2)]。開発に際して、従来のワイヤーラインツールスは掘進対象を岩盤としており、土砂削孔システムの開発が必要不可欠であった。本報告では、土砂削孔用に新たに開発したワイヤーラインツールスについて報告する。

2. 開発方針

ワイヤーラインツールスの開発に際しては、従来の調査品質に近づけるため、一般に普及しているスリーブ式二重管サンプラーの仕様と同等とし、コア径を65mm、1回あたりの採取長を1mに設定し、標準貫入試験に用いるSPTサンプラー（外径51±1mm）が挿入できるようメタルビットの内径は71mmとした。

従来の3重管式ワイヤーラインコアバーレル（HQ-3）の採取コア径は61.1mmであるが、インナーチューブ内径に余裕があったため、これをベースに開発を進めることとした。また、削孔深度は最大30mとした。図-1に、従来のワイヤーラインツールス（HQ-3）を示す。

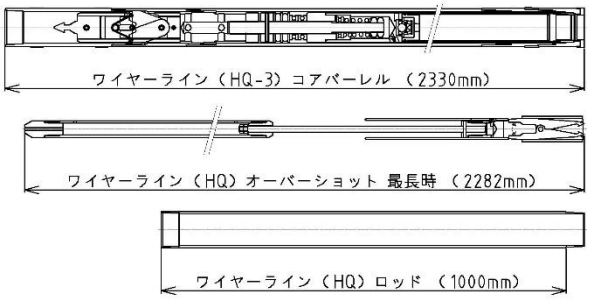

図-1 従来のワイヤーラインツールス（HQ-3）

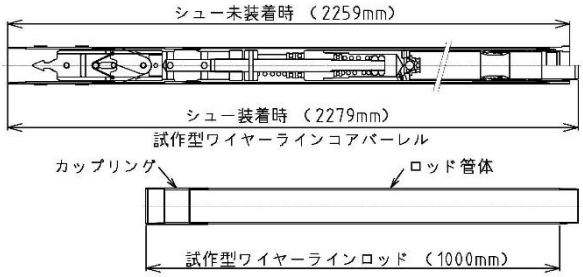

図-2 試作型ワイヤーラインコアバーレルとロッド

3. 試作型の開発

図-2に試作型ワイヤーラインコアバーレルとロッドを示す。試作型ワイヤーラインコアバーレルは、従来のワイヤーラインコアバーレル（HQ-3）の内管であるインナーチューブ（外径73.0mm、内径66.9mm）を使用することにした。一方、その外管であるアウターチューブおよびロッドについては、最大削孔深度が30m と浅く、従来のロッドに要望されていた強度は不要であることから薄肉化し、ロッドジョイントのネジ強度不足対策として、カップリング接続方式を採用した。

従来のワイヤーラインコアバーレル先端には、コアリフターケースおよびコアリフターを取り付けるが、当該コアバーレルでは、スプリングにより突出稼働するシューを取り付けることにより、常にビットから先行するシューにより土砂の流出を防ぎ、コア採取率の向上を図るようにした。

コア切りの際には、従来のワイヤーラインコアバーレルと同様にスプリングによって接続されたインナーチューブ全体がビット方向にスライドし、ビット内面の所定位置にコアリフター先端部が係合してコア切りの荷重を受ける構造とした。

4. 改良型の開発

全自動ボーリングマシンの試作実験機の作業性から、試作型ワイヤーラインコアバーレルの短尺化が必要とされた。対策として、ヘッド部の短尺化を行い、改良型コアバーレルを開発した。図-3に試作型と改良型のヘッド部の機構を、図-4に改良型ワイヤーラインコアバーレル

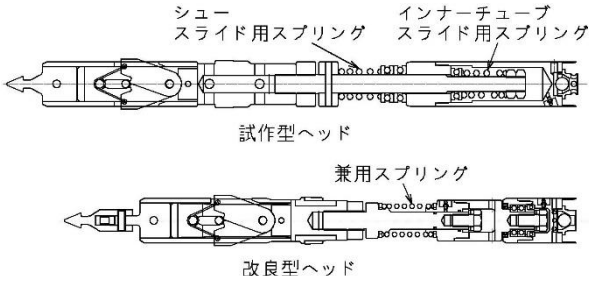

図-3 試作型と改良型のヘッド部機構

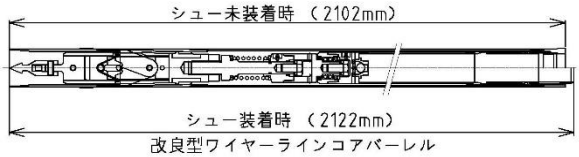

図-4 改良型ワイヤーラインコアバーレル

改良型では、試作型において採用したシュー稼働用とコア切り用の2つのスプリングが担う機能を1つのスプリングによって兼用する新機構を採用している。

改良型では、試作型とスプリング、給水孔等が異なるため、これまでの試作型を用いて求められた最適仕様での適用性等について確認することが必須であったため、改めて削孔試験を実施した。

5. 削孔試験

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の社有地で実施した。当該地盤は、一級河川松浦川の氾濫原に位置し、均質なゆるい砂質土が厚く分布する。

図-5に事前のボーリング結果、図-6に削孔位置図を示した。

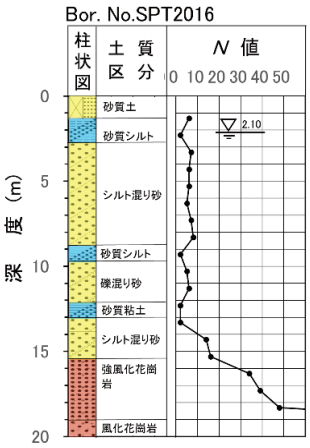

図-5 事前のボーリング結果

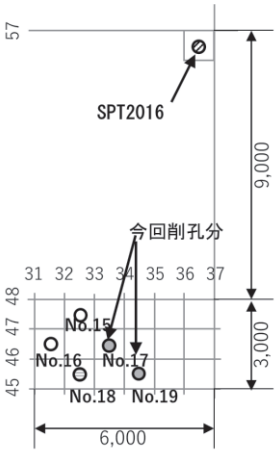

図-6 削孔位置図

表-1 試験ケース

削孔位置No.	削孔速度 (min/m)	回転数 (rpm)	送水量 (L/min)	コアバーレル	使用ビット
17	15	15	30	改良型	メタル
19	15	45	20	改良型	メタル

表-1に試験ケースを示す。当該試験では、改良型ワイヤーラインコアバーレルでの削孔特性を確認するため、2018年度に求めた削孔仕様の適正順位が1位の最適値と第5位の2つの仕様で削孔し、品質工学による SN 比で評価した[2)]。ここに、No.17が第5位、No.19が最適値の仕様である。

削孔に使用するボーリングマシンは、今回開発の試作実験機[3)] を用い、GL-2.0～GL-5.0m 間でのトルクの分布を比較する。また、No.19については、継続してその下層まで削孔した。コアバーレル先端にはメタルビットを装着し、削孔水にはポリマー系泥材を0.1%添加した。

図-7に深度とトルクの関係を示す。SN 比は、No.17の17.0db に対して、No.19では20.3db と大きく、最適値仕様である No.19の方がボーリングは良好であると判定でき、これまでの削孔試験結果と同様の傾向を確認した。

図-8に深度と回転トルクおよび採取率の関係を示す。従来の最適値（削孔速度15min/m、回転数45rpm、送水量20L/min）にて15.8m までの削孔を行った。

GL-1m～-10m 間およびGL-12m～14m は採取率90%以上を確保し、良好なボーリングが行われている。

GL-11m の細粒分が極めて少なく、2～5mm の亜円礫からなる層では、コアバーレル引上げ時に試料が脱落した。また、15.8m では、φ30mm 以上の亜円礫からなる層にて削孔困難となり、削孔試験を中止した。

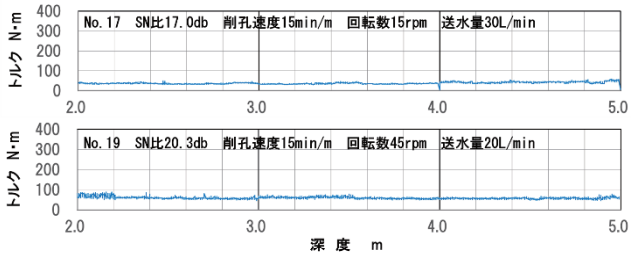

図-7 深度とトルクの関係

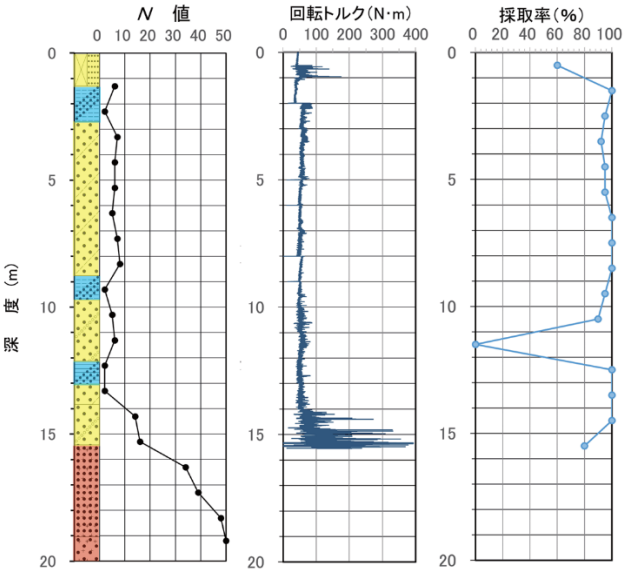

図-8 深度と回転トルクおよび採取率の関係

6. まとめ

今回、全自動ボーリングマシンの開発の一環として、土砂削孔に適した改良型ワイヤーラインコアバーレルを開発した。削孔試験の結果、2018年度に求めた最適な削孔仕様に適用し、緩い砂地盤以外でも削孔可能であることが確認できた。一方で、礫層での削孔については、試料の脱落や削孔が困難となり課題が残った。

今後も、全自動ボーリングマシンの開発と連携し、地質調査専門家の意見なども交えながら、ワイヤーラインツールスの普及に向けて改良を継続していく所存である。

《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,65-3,2017.5
2) 奈須徹夫・他:全自動ボーリングマシンの開発 ― ワイヤーラインを用いた軟弱地盤の削孔について ―, 全地連「技術フォーラム 2020」Web, 2020.9
3) 奈須徹夫・他:全自動ボーリングマシンの開発 ― ワイヤーラインを用いた軟弱地盤の削孔について その2 ―, 全地連「技術フォーラム 2021」(大阪), 2021.9