

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3

(株)ワイビーエム ○津留崎 一洋, 奈須 徹夫, 矢羽田 祥貴 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング 立石 亮
 川崎地質(株) 星野 一永 基礎地盤コンサルタンツ(株) 武政 学 (株)ダイヤモンドコンサルタント 佐藤 明
 中央開発(株) 福原 誠 (株)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と担い手の入職減少が進んでおり、マシン・オペレータ不足や技術伝承の問題が懸念されている¹⁾。これらの対策として、機械メーカーの立場から作業負担の低減や作業工数の省略化などに着目し、ワイヤーラインによる全自動ボーリングマシンの開発を進めている。これまで既存ボーリングマシンによる削孔試験を行い、軟弱地盤へのワイヤーライン工法の導入について検討してきた²⁾。加えて新規に開発した電子制御可能な試作実験機により自動化プログラムの開発を行い、マシン本体の改修改善も検討した。今回は試作実験機から得た知見を基に開発した普及機の実証試験の結果について報告する。

表-1 ボーリングマシンの性能および仕様

項目	単位	既存機 YWL-200	試作実験機 YWL-30C	普及機 YWL-30C
掘削深度	m	200	30	←
回転数(高速・低速)	rpm	800・250	200・45	←
最大トルク	N・m	690	400	←
最大給圧力	kN	20.7	20.1	←
寸法(L×W×H)	mm	3,400×1,800×8,260	3,500×1,200×5,620	3,160×1,200×5,610
質量	kg	3,720	3,100	3,400
走行		無し	自走式(クローラ)	←
掘削ポンプ形式		3連プランジヤ	単筒複動ピストン	←
		SG-30SV-e	GP-5	
吐出圧力	Mpa	4.9	2	←
吐出流量	L/min	235	40	←
エンジン出力	kW	28.8(2,400min ⁻¹)	17.7(2,700min ⁻¹)	18.5(2,600min ⁻¹)
操作方法		手動操作	無線電磁操作	←
管理装置		無し	タブレットPC	←

本開発においては、試作実験機による削孔試験から、作業性・機体バランス等をチェックし、且つコンソーシアムメンバーからの気付きを参考に改修改善を立案し、普及機の仕様を決定した。

試作実験機では、リーダーから回転軸までの距離が離れており、前方に重量が集中することで安定性が悪く、特にリーダーを立てた状態での移動には注意を要した。

そこでフロントアタッチメントの小型化と回転軸の後退を中心に仕様変更を実施した。具体的にはスイベルヘッドを小型化し、リーダーから回転軸までの距離を40.4cmから31.2cmに小さくした。同時にリーダーの取り付け位置も後方へ25cm下げた。その他、制御盤・ポンプ・エンジンの配置を調整し、非常時に用いるレバー類は前方のリーダー付近に配した。これらの安定性の改善により、最も危険な前方転倒角が9.1°から22°に大幅に改善された。

他方、当該ボーリングマシンは新規機種のため、適合する安全指針が見当たらず、コンソーシアムメンバーからの知見をもとに、普及機では機体前後左右の4箇所への転倒防止のためのジャッキ装着や緊急停止ボタンの設置などの安全対策を行った。ここに、緊急停止ボタンについては、現場状況で変わる機材配置に対応できるようマグネット装着式としている。

エンジンに関しては、メンテナンス性の向上のために国産エンジンを搭載することとし、試作実験機で用いたイタリア KOHLER 社製からクボタ社製に変更した。

機体バランス、エンジン出力特性、スイベル回転特性が変化したため、それらの削孔特性への影響を確認する必要があったので、削孔試験により確認した。

2. 普及機について

図-1に試作実験機の側面図、図-2に普及機の側面図を示す。表-1にボーリングマシンの仕様比較表を示す。

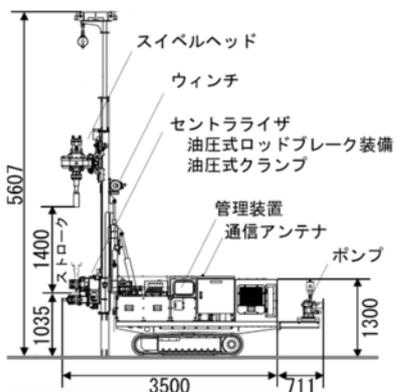


図-1 試作実験機の側面図

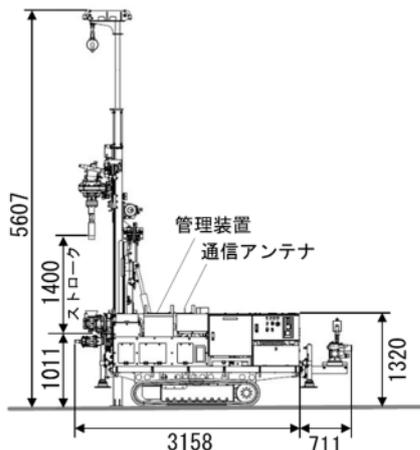


図-2 普及機の側面図

3. 削孔試験

(1) 削孔試験方法

普及機による実証試験は、これまでの実験値と比較できるように従来と同じく、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。当該地盤は一級河川松浦川の氾濫原にあるため均質な砂地盤が厚く分布し、GL-15m で風化花崗岩層に至る。図-3 に事前のボーリング結果、図-4 に削孔試験位置を示す。

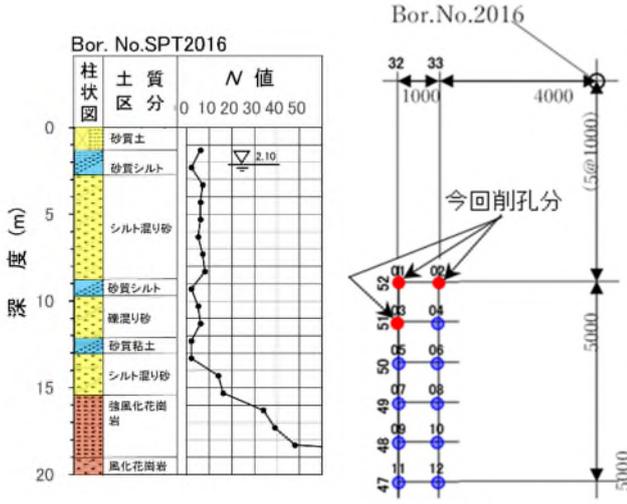


図-3 事前のボーリング結果

図-4 削孔試験位置

普及機は試作実験機を基に改修改善を行っていることから、代表的な削孔仕様での有意差の傾向を削孔試験で比較することにした。

表-2に既存機による削孔試験結果²⁾を示した。今回の削孔試験では、適正順位が最適値と第5位、第9位の仕様で削孔し、品質工学によるSN比³⁾で比較することにした。表-3に試験ケースを示す。

表-2 前回削孔試験の結果

適正順位	9	3	4	7	2	6	5	8	最適
前回削孔位置No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
削孔速度 (min/m)	5	5	5	10	10	10	15	15	15
回転数 (rpm)	15	30	45	45	15	30	15	30	45
流量 (L/min)	10	20	30	10	20	30	30	10	20
前回試験SN比	7.9	13.4	13.2	9.1	13.6	12.6	12.9	8.9	17.5

表-3 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)	コアハレル	使用ビット
01	5	15	10	Ⅲ型	メタル
02	15	15	30	Ⅲ型	メタル
03	15	45	20	Ⅲ型	メタル

削孔対象層は、以前と同様のGL-2～5mを基本に設定した。ただし、No.01はGL-3.5mで削孔を自動中断したため、1m追加して、GL-2～6mを削孔した。計測データ(削孔深度・回転数・回転トルク・削孔速度・給圧力・送水量・送水圧・時間)のうち、回転トルクに着目して解析を行った。削孔に際しては、図-5に示す前回と同様のワイヤーラインコアパーレルⅢ型を使用し、先端にはメタルビットを装着した。削孔水にはポリマー系泥材を添加した。

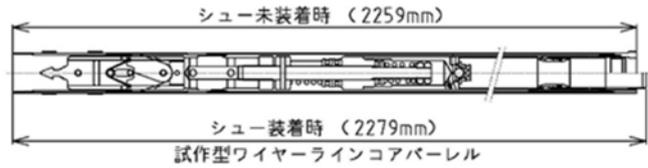


図-5 ワイヤーラインコアパーレルⅢ型

(2) 削孔試験結果

図-6に深度とトルクの関係を示す。

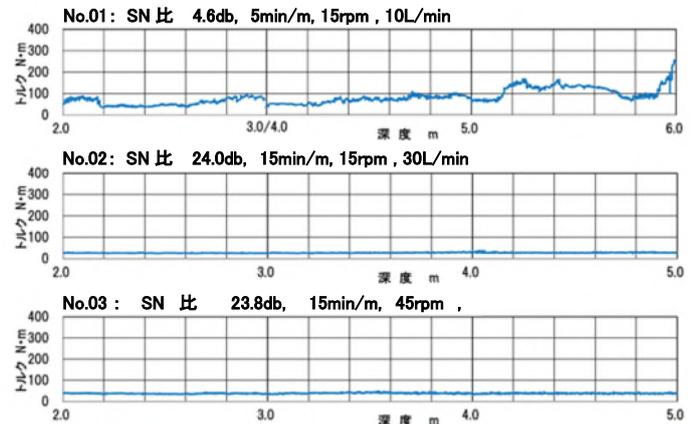


図-6 深度とトルクの関係

SN比は、No.01が4.6db、No.02が24.0db、No.03が23.8dbと、No.02とNo.03はNo.01に比べ全体的にトルクのばらつきが少ない。回転トルクの平均は、No.02では $T=26.2N \cdot m$ とNo.03の $37.8N \cdot m$ に比べ明らかに低く、また、コアの観察からは、No.02のコアは含水量が多く柔らかかったことから、メタルビットで切削する前に流量30L/minの削孔水で原土を乱していたものと考えられ、コア削孔としては不具合である。したがって、普及機においても最適な削孔仕様は前回同様に $V=15min/m$ 、 $R=45rpm$ 、 $Q=20L/min$ であると判断された。

4. まとめ

普及機で削孔試験を実施した結果、2018年度に試作実験機で得た最適仕様が普及機にも適用できることが確認できた。

今後、当該全自動ボーリングマシンの普及を進めるために地質調査で多用されている周辺機材としての標準貫入試験装置の開発、および固定ピストンサプラーの開発を進めていく。

《引用・参考文献》

- 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
- 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
- JISZ9061 新技術及び新製品開発プロセスのための統計的方法の応用 ―ロバストパラメータ設計(RPD),2016.12