

トンネル切羽前方 高速ノンコアボーリングシステムの開発

(株)大林組 土木本部 生産技術本部 正会員 ○斎藤 有佐 正会員 加藤 直樹
正会員 木梨 秀雄 正会員 高橋 佳孝
正会員 伊藤 哲

1. はじめに

長大山岳トンネルでは切羽前方地質の早期把握が、施工の安全および工程確保のうえで重要である。また土被りが大きく、帯水層が予想される場合には、突発湧水の発生リスクが高いため、事前の水抜き対策は安全確保上不可欠である。このようなことから、筆者らはトンネル月進相当長程度の前方探査ボーリングを高速で行うことは有意であると考え、専用のロングフィード式油圧ボーリングマシンに水圧ハンマを搭載して水平ボーリング実験工事を行った。本実験工事では、トンネル月進相当長（L=150m と想定）を作業時間概ね1方でノンコア削孔することに成功したので概要を報告する。

2. 高速ノンコアボーリングシステムおよび実験工事概要

削孔方式には、高圧水で打撃駆動させる水圧ハンマを採用した。水圧ハンマは先端駆動型の機構であるので、後述するトップハンマ式ボーリングマシン（ロッド後尾の打撃による削孔方式）と比較してエネルギーロスが少なく、長尺削孔に適している。本実験工事で使用した水圧ハンマの仕様を表-1に示す。

表-1 水圧ハンマ仕様

項目	単位	数値
削孔径	mm	90
打撃数	Hz	65
打撃エネルギー	J	210
作動水圧	MPa	18
高圧水最大消費量	ℓ/min	200

ボーリングマシンには全長 8m のガイドセルを搭載し、6.0m ロッド（φ73mm）の使用を可能とした。当該ボーリングマシンの仕様を表-2に示す。なお、当該実験場所での地質は緑色片岩、一軸圧縮強度約 70MPa であり、中硬岩～硬岩と評価できる。

本実験工事で比較検証のため、トップハンマ式ボーリングマシン（油圧式ロータリーパーカッションボーリングマシン）による削孔を併せて行った。また、不良地山対策として水圧ハンマによる二重管削孔に関わる試験も実施した。さらに、削孔機械データはデータ収集記録装置で集積して、前方探査のための基礎データとしている。



写真-1 削孔ロッド L=6m



写真-2 水圧ハンマ 削孔水噴射状況

表-2 ボーリングマシン仕様

項目	単位	数値
最大フィード力（押込）	kN	45
最大トルク	kN・m	14
最大回転数	rpm	238
総重量	t	13.4

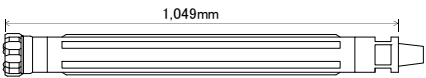


図-1 水圧ハンマ全体図

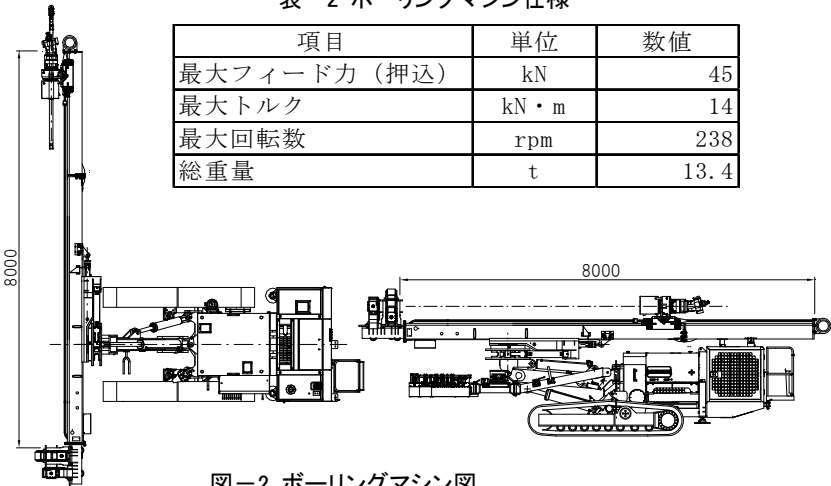


図-2 ボーリングマシン図

キーワード 長大山岳トンネル、水圧ハンマ、切羽前方探査、水抜きボーリング、ノンコア削孔
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB 棟 (株)大林組 土木本部 生産技術本部 TEL03-5769-1319



写真-3 削孔状況

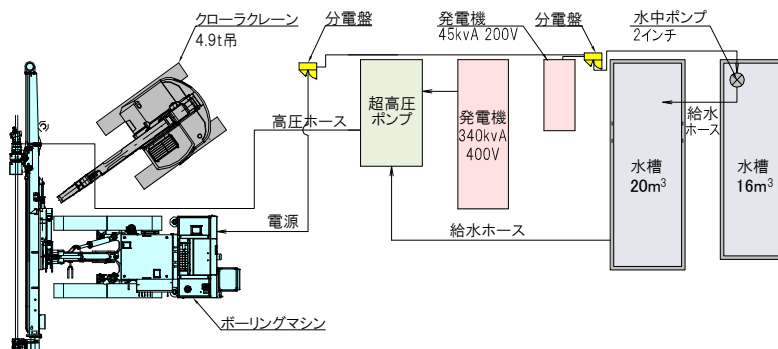


図-3 ボーリングシステム機器配置平面図

3. 実験工事实績および評価

図-4 にボーリングの実績を示す。削孔作業（ロッド接続含む）は5時間48分（約6時間：図-4 赤ライン）で完了することができた。また、ロッド引抜作業は2時間9分（約2時間）であった。よって150mの全ボーリング実作業を約8時間（概ね1方）で終えることができた。表-4 に実際のトンネル現場で想定される施工サイクルの例を示す。

また、比較のためトップハンマ式（ロッド後端部回転打撃方式）のロータリーパーカッション式ボーリングマシンによる削孔も行った。

(L=20m；図-4 青ライン)。ここでは実際の削孔実績を青実線で、20mから150mまでの想定削孔速度を青破線で示した。ただし、実際には本現場の岩質は中硬岩～硬岩であるため、削孔長が伸びるに従ってエネルギーロスが累積して、さらに削孔能率が落ちるものと想定される。

なお、水圧ハンマはロータリーパーカッション式ボーリングマシンのベースマシンに搭載して削孔することが一般的に行われているが、L=150～200m程度を3方（準備工、片付を含む）で削孔したという報告¹⁾がなされている。したがって標準的施工方法と比較した場合、高速ノンコアボーリング技術という点で、当ボーリングシステムの優位性を確認することができた。



写真-4 トップハンマ式削孔状況(比較用)

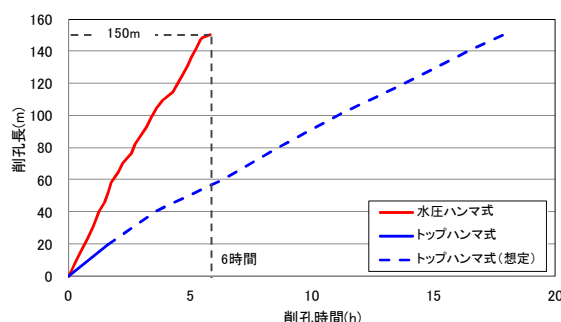


図-4 ボーリング実績

時刻	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
準備工												
削孔(150m)												
引抜(同上)												
片付												

表-3 150m ノンコア削孔 施工サイクル(例)

4. 今後の課題

今回、新型ボーリングシステムによりトンネル月進長相当 (L=150m) を1方で水平ノンコア削孔できることが実証できた。当システムは被圧地下水下での水抜きボーリングおよび切羽前方探査ボーリングとして有効に活用されると考えられるが、今後当システムをさらに高機能化させるうえで、以下の課題が考えられる。

- ① トンネル急速施工に対応可能となる更なる高速・長孔ボーリング技術の開発 (6m ロッド自動接続切離し設備等)
- ② 不良地山において一定の削孔速度を確保できる二重管削孔技術の改良
- ③ 削孔データの詳細な分析による前方探査（ノンコア解析）の適用

今後は、施工中のトンネル現場での実績を重ねてさらなる改善を図り、長大・大土被りトンネルの急速施工、施工安全に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会：連載講座『山岳トンネル先進ボーリング入門』；日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」2008年9月～2009年4月