

全地連「技術フォーラム2025」山形 開発した軽量ボーリングマシンによる狭小空間での地質調査事例

国土防災技術株式会社

○羽根田 宗将、柴崎 達也、氏家 亨

1. はじめに

近年、防災・減災対策の重要性が高まる中、インフラの老朽化対策として道路トンネルや橋梁等の維持管理における地質調査の需要が増加している。しかし、従来の機械式ボーリングでは資機材の運搬・設置に重機が必要であり、足場の仮設およびスペースが必要となるため、狭小空間での調査には多くの制約があった。

そのため当社では、これらの課題を解決する新たな地質調査技術として、可搬型でありながら機械式と同等の高品質コア採取が可能な軽量ボーリングマシン（QSボーリング工法）を開発した。¹⁾ 本発表では、道路トンネル坑内での実際の適用事例を中心に、本技術の特徴と有効性について報告する。

2. 軽量ボーリングマシンの概要

(1) 基本仕様

本マシンは、電動モーターによりツールズに回転を与え、ハンドフィード式給圧機により推進力を与えることで、機械式ボーリングと同様の掘削方式を採用している。らせん状のスパイラルアンカー（図-1）を地中に貫入させることで掘削機が自立し（写真-1）、掘削時の反力を得られるため足場が不要となる。また、人肩運搬が可能（写真-2）なため、モノレール設備も不要となり、仮設は最小限で済む。

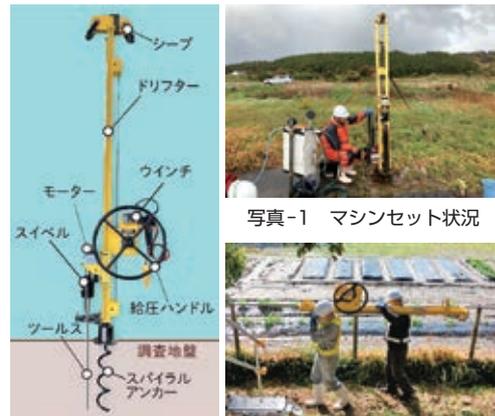


図-1 マシンの構造

写真-2 マシン運搬状況

主な特徴は以下のとおりである：

1. 人肩運搬可能な分解重量48kg（2名での運搬可能）
2. 足場不要のアンカー固定方式（本調査箇所ではアンカーボルトにより固定）
3. ポータブルバッテリー駆動による排気ガスゼロ
4. 電動式による低騒音作業

(2) 従来工法との比較

従来工法と比較した優位性を表-1に示す。特に狭小空間での設置・運搬に係る作業性、環境負荷軽減、騒音等において大きなメリットを有している。

表-1 従来工法との比較一覧表

項目	機械式ボーリング	打撃式簡易ボーリング(エンジン式)	QSボーリング工法
設置/運搬	×重機・足場要	○容易	○容易
コア品質	○高品質	△品質劣化	○高品質
環境負荷	×排気ガス有	×排気ガス有	○小
騒音	×大	×大	○小

3. 道路トンネル坑内地質調査事例

(1) 調査概要

調査対象は高速道路の管理用トンネル（避難坑）内における地質調査であった。調査目的は4車線化工事に伴うトンネル掘削にあたっての地質性状把握及び試験に供する試料採取であり、予定掘削深度15mの調査を実施した。

現場の制約条件として以下の課題があった：

- ・通常のボーリングマシンでは足場が必要となり、緊急車両の常時通行可能な幅（3.5m以上）を確保できない
- ・高速道路沿いからの搬入出で間口が狭く、最小限の運搬車両で対応する必要があった
- ・トンネル坑内でのガソリンエンジン使用による一酸化炭素中毒が懸念された
- ・音が反響するトンネル内での騒音対策が必要であった

(2) 軽量ボーリングマシン採用の効果

1. 作業空間の確保

機械式ボーリングでは足場組立により車両通行幅の確保が困難であったが、軽量ボーリングマシンでは足場不要により常時車両通行幅を確保できた（写真-3）。機材も最小限のスペースで設置可能であり（写真-4）、緊急時の車両通行に支障をきたすことがなかった。



写真-3 通行幅確保状況



写真-4 マシン稼動状況

2. 準備工の短縮と搬入出の効率化

機械式ボーリングでは大型のマシン本体、足場資材、付帯設備の運搬に3tユニック車2台での搬入が必要であった。これに対し、本工法では軽量・分解式の特徴により3tユニック1台のみで全機

材の搬入が可能となった。追加資材が必要な場合も人肩運搬で対応可能であり、高速道路という制約の多い現場において大幅な効率化を実現した。

作業工程面では、機械式ボーリングでは足場材の運搬・組立・安全確認を含む準備工に約2日間を要する計画であったが、本工法では現場着手から機材セット完了まで半日程度で完了した。これは足場仮設が不要となったことに加え、機材の軽量化により設置作業の簡素化が図られたためである。

従来工法（機械式ボーリング）と比較した作業効率を以下のとおり定量的に評価した：

- ・搬入車両台数：従来工法2台→本工法1台（50%削減）
- ・準備工時間：従来工法2日→本工法0.5日（75%短縮）

3. 安全性の向上

大型モバイルバッテリー駆動により完全無排気作業を実現し、トンネル坑内での一酸化炭素中毒リスクを排除した。また、電動式により作業音が小さく、音が反響するトンネル坑内での作業員への騒音対策も同時に解決した。

(3) 調査結果

緑色凝灰岩の軟岩地山（CL～CH級）に対して、予定どおり深度15mまでの調査をトラブルなく完了した。適切な回転数・ハンドフィードにより、



写真-5 ボーリングコア写真

乱れの少ない高品質なコアを採取することができた（写真-5）。特に節理面や風化状況の観察において、従来の打撃式では困難な連続性のあるコア採取を実現した。

調査期間は機械式ボーリングと比較して約40%短縮され、2孔合計深度30mを実質作業日数8日で完了した。これは準備工・撤去工の大幅な省力化によるものである。

4. 今後の展開

本技術は以下の分野での活用が期待される：

(1) 老朽化インフラの維持管理

令和6年度から新たな更新計画が本格実施されている高速道路の大規模更新・修繕事業において、盛土の安定性評価が急務となっている。従来の機械式ボーリングでは供用中の高速道路での調査において交通規制の長期化が懸念されるが、本工法では迅速な機材設置と撤去により規制時間を大幅に短縮できる。特に調査深度10m程度が多い道路盛土の地質調査において、本技術の機動性と効率性は高い適用性を有している。

(2) 激甚化する自然災害への対応

近年の豪雨災害により、宅地造成地の滑動崩落リスクが顕在化している。令和4年の熱海市土石流災害を受け、盛土規制法が制定され、危険な盛土等への規制が強化された。また、全国約5万箇所の大規模盛土造成地において安全性把握調査の推進が求められており、狭小な住宅地での迅速な地質調査技術として、本工法の適用が期待される。

(3) 環境配慮

2050年カーボンニュートラル実現に向け、建設分野でも環境負荷軽減が求められている。本工法は現場での排気ガスゼロ、重機不要による騒音・振動の大幅削減により、特に自然公園内や文化財周辺、住宅密集地等の環境配慮が必要な地域での地質調査において優位性を発揮する。

(4) 規制地域での許可申請の簡素化

国有林内での治山・砂防事業や、文化財保護法の適用を受ける埋蔵文化財包蔵地での地質調査において、機械式ボーリングでは広範囲の作業エリア確保とモノレール・足場設置のため、複雑で長期間を要する許可申請が必要であった。本工法では最小限の作業エリアで済むため、申請面積の大幅縮小により許可申請資料作成に係る作業を軽減でき、現場着手の早期化が可能となる。

5. まとめ

開発した軽量ボーリングマシンを道路トンネル坑内地質調査に適用し、以下の成果を得た：

1. 緊急車両の通行幅を確保しながら地質調査を実現
2. 無排気・低騒音作業により作業環境を大幅に改善
3. 従来工法と比較して調査期間を40%短縮
4. 機械式ボーリングと同等の高品質コア採取を実現

本技術は狭小空間での地質調査における新たな技術として、今後幅広い分野での活用が期待される。

6. 謝辞

本調査の実施にあたり、東日本高速道路株式会社の関係各位にご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) 柴崎達也・高島誠・伴博史・氏家亨 (2023): 開発した軽量ボーリングマシンによる浅層地盤の高品質コア採取事例、第58回地盤工学研究発表会発表講演集、13-11-2-01