

幅広い地質性状に対応したスクリーロッドを用いた無水削孔ボーリング技術の開発

安藤ハザマ 正会員 ○戸田 皓
 安藤ハザマ 山岸 稔
 日本基礎技術 東芝 崇

1. はじめに

供用中のトンネルの盤ぶくれ対策の一つとして、下向きロックボルトが適用されることがある。従来、ロックボルトの施工は削孔水を用いた削孔が一般的であるが、盤ぶくれが発生するトンネルにおいては、泥岩や凝灰岩など、膨張性を示す地山を対象とすることが多く、地山が吸水膨張しないよう極力、地山に水を供給しない施工方法が望ましい。そのため、削孔にあたって、無水での削孔が望ましい。さらに、地質は一様でないため軟岩から硬岩まで様々な地質状況に対応可能な技術が必要である。

そこで、筆者らは、幅広い地質性状に対応した無水削孔ボーリング技術の開発を試みた。本稿では、本技術の特徴および試験施工の結果について報告する。

2. 本技術の特徴

本技術の削孔方法は、孔壁の保持が困難な脆弱な地山を想定してケーシングを用いた二重管削孔とし、地山に水を供給しないよう無水のエア－削孔とした。さらに、ロッドについては、削孔土砂の効率的な排土を目的としてスクリーを取り付けたロッド（以下、スクリーロッドと称す）を開発した（写真-1）。図-1 にスクリーロッドの詳細図を示す。スクリーロッドの仕様は、ケーシング内径 100mm に合うように $\phi 38\text{mm}$ のロッドに $\phi 87\text{mm}$ のスクリーを取り付けた仕様とした。スクリーロッドにより削孔土砂を強制的に排出することができるため、スクリーが付いていないロッドと比較して排土量の増加および削孔時間の短縮といった効果が期待される。

また、削孔機械は、供用中のトンネルで使用することを想定し「超小型削孔機 SM-6(ソイルメック社製)」を採用した。図-2 に SM-6 と汎用機械との可動域比較を示す。SM-6 は水平方向に $\pm 90^\circ$ 、鉛直方向に $\pm 180^\circ$ 旋回することができる。そのため、汎用機械と比較すると打設角度の可動域が広く、様々な姿勢で削孔作業が可能である。それに加えて、削孔能力は、汎用機械の約2倍の高トルク仕様（最大 $8.13\text{kN}\cdot\text{m}$ ）である。



写真-1 スクリーロッド（特注品）

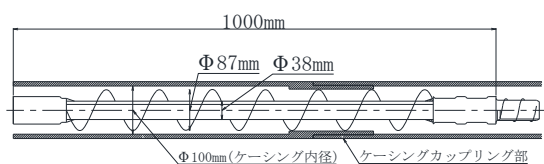


図-1 スクリーロッド詳細図

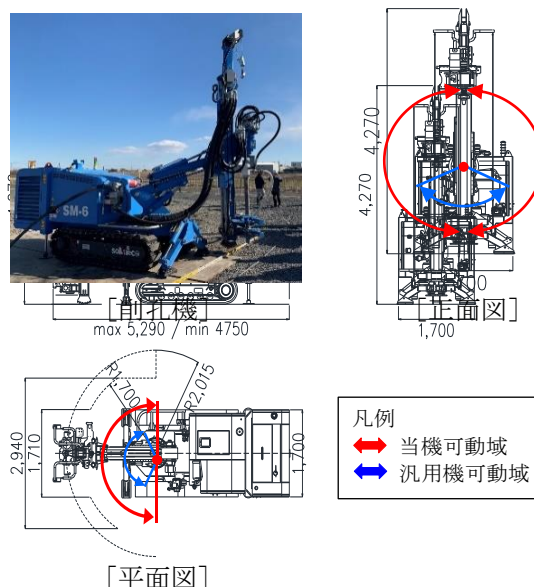


図-2 削孔機の可動域比較

キーワード 盤ぶくれ, 無水削孔, スクリーロッド, 超小型削孔機

連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ建設本部土木技術統括部 技術第三部 TEL 03-6234-3673

3. 試験施工概要

今回、スクリューロッドの効果を確認するために試験施工を行った。削孔は鉛直下向きに全長 9.0m とし、削孔径を外径 125mm とした。表-1 に試験施工のケースを示す。ロッドには、①スクリューロッド（φ38mm のロッド、φ87mm のスクリューの取付けあり）、②通常ロッド（φ57mm のロッド、スクリューの取付けなし）を用いた。また、地質の違いによる削孔の効率化を論じるにあたって、以下の2地点で試験施工を行った。

ケース 1-1、1-2：坑外ヤード、地質は深層混合処理工法で改良されたセメント改良土、地下水位は低い。

ケース 2-1、2-2：トンネル現場、地質は凝灰角礫岩、安山岩溶岩、火山角礫岩が主体、地下水位は高い。

なお、削孔の効率化の確認を各ケースの 1m あたりの排土量および削孔時間を測定し、比較することで実施した。また、削孔完了後にボアホールカメラをケーシング内に挿入し、ケーシング内の状況を確認した。

4. 試験施工結果

表-2 に各ケースの 1m あたりの排土量および削孔時間を示す。坑外ヤードで実施したケース 1-1、1-2 を比較すると、スクリューロッドを用いた削孔の方が、通常ロッドよりも排土量が 20%増加し、削孔時間が 5%短縮した。また、ボアホールカメラでケーシング内を確認したところ、スクリューロッドで削孔した方がケーシング内に付着している土砂が少なかった。これは、坑外ヤードの地質が、セメント改良土のため粘性が高く、地下水位が低かったことから、スクリューに削孔土砂が載ったため円滑に排土できたと考えられる。また、DEM 数値解析により土粒子の動きを確認したところ、スクリューロッドは通常ロッドに比べて土粒子の運搬量が 30%程度増加し、同様の傾向を確認できた。

一方、トンネル現場で実施したケース 2-1、2-2 では、スクリューの有無による排土量および削孔時間の違いはなかった。これは、実施したトンネルの地下水位が高かったため、削孔箇所に湧水が集中し、削孔により乱された土砂に水が付着して泥ねい化したためと考えられる。泥ねい化した削孔土砂は流動性が非常に高く、スクリューによる強制的な排土が困難で、エア圧のみで排土されたため、スクリューの効果を得られなかった。なお、湧水が多いためケーシング内の土砂の付着状況を確認できなかった。

5. まとめ

粘性が高く地下水位が低い地質では、スクリューロッドで削孔することにより、排土量が約 20%増加し、削孔時間を約 5%短縮できることがわかった。そのため、スクリューロッドを用いた削孔の方が通常ロッドよりも効果的に削孔可能である。

今後は、粘性が低く地下水位が低い地山など異なる条件での違いを確認する。また、ロックボルトの打設方法やモルタルの注入方法について検討していく。

表-1 試験施工ケース

ケース	ロッド仕様	地点	地質
1-1	①スクリューロッド (ロッド径 38mm, スクリュー径 87mm)	坑外ヤード	セメント改良土 地下水位：低い
1-2	②通常ロッド (ロッド径 57mm, スクリュー取付けなし)		
2-1	①スクリューロッド (ロッド径 38mm, スクリュー径 87mm)	トンネル現場	凝灰角礫岩, 安山岩溶岩, 火山角礫岩 地下水位：高い
2-2	②通常ロッド (ロッド径 57mm, スクリュー取付けなし)		

表-2 試験施工結果

ケース	排土量 [ℓ/m]	削孔時間 [min/m]	ケーシング内の土砂の付着	備考
1-1	17	1.85	少ない	排土量 20%増加 削孔時間 5%短縮
1-2	14	1.97	多い	
2-1	13	1.98		差異なし
2-2	14	1.96		