

超長尺ボーリングを用いた切羽前方の湧水データ計測技術

鹿島建設(株) 正会員 ○岡田侑子, 升元一彦, 岩野圭太, 栗原啓丞, フェロー会員 川端淳一

1. はじめに

トンネル掘削に伴う大量湧水の発生は、切羽の崩落や周辺の地下水位低下を招く恐れがあるため、切羽前方の水理状況を事前に把握することは重要である。特に長大山岳トンネルにおいては、地表からのボーリング調査が困難であるため、トンネル坑内からの水平ボーリングによって前方の湧水状況を把握することが望まれる。近年では、掘削方向を制御しながら高速で 1000m 程度を掘削できる超長尺コントロールボーリング(図-1, 写真-1)の開発が進み、対策工法の検討に十分な時間を確保できるようになった。しかし、超長尺ボーリングに伴う湧水調査は、これまで口元で断続的に行う方法であり、作業に大きな手間がかかるとともに正確な湧水データを計測することは困難であった。そこで著者らは、切羽前方の湧水圧・湧水量を正確かつ連続的に自動で計測できるシステム「スイリモ(水(すい)リサーチ・モニター)」を開発した。本稿では、従来の湧水計測における課題の整理と、今回開発したスイリモの計測原理・計測結果例について報告する。

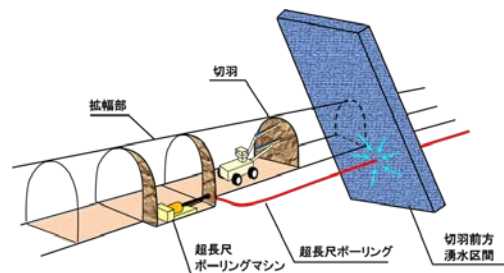


図-1 超長尺ボーリングの概念図



写真-1 超長尺ボーリング実施状況

2. 従来の湧水計測方法とその課題

①作業員による口元での湧水量測定

これまでは、ボーリング孔口からの排水を作業員がバケツに一定量溜め、それに要した時間から湧水量を求めていた。そのため、作業に時間と手間がかかり、断続的な計測結果に留まっていた。

②口元での区間湧水圧の測定、パッカー挿入による湧水圧の測定

湧水量と同様に、ボーリング口元での湧水圧を測定しているため、削孔長に対する圧力の損失や、削孔区間に対して複数の湧水区間が存在する等の影響で、正確な湧水圧が測定できなかった。また、湧水圧を正確に測定するためには、ボーリング削孔後にロッドを一旦抜管し、別途パッカーを挿入する必要があった。これでは作業に大きな手間がかかるうえ、再挿入時に孔崩れ等のリスクが生じる等の課題があった。

表-1 湧水量・湧水圧の測定方法

従来の測定方法	スイリモによる測定方法
ブルドン管 シャットバルブ 口元ケーシング 止水弁 ダウンホールモータ 湧水 口元湧水量測定 口元湧水圧測定 ブルドン管 パッカー ストップライオン	ブルドン管 シャットバルブ 口元ケーシング 止水弁 ダウンホールモータ 湧水 口元湧水量計 水圧計測ユニット 先端水圧計測装置 水圧計

キーワード 長大山岳トンネル, 超長尺ボーリング, 前方探査, 湧水計測

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水 Gr. TEL042-489-6596

3. 今回開発した「スイリモ」による計測技術

① 口元湧水量の自動計測技術

湧水量を自動かつ連続的に計測すべく、ボーリング孔口に電磁流量計を接続した。超長尺コントロールボーリングでは、高水圧で送水することで削孔を行っている。先端ユニットの最後尾には逆止弁がついており、削孔時には送水量と湧水量が同時に排水・計測される。一方、ロッド継足し時や休憩中などの削孔送水停止時には、湧水量のみが排水・計測される状態となる(図-2)。適用した電磁流量計は、口径 80mm の電磁流量計であり、測定範囲は 90L/min ~ 3000L/min である。排水量が 3t/min を超える場合には、分岐管に電磁流量計を増設することで上限なく湧水量を自動で計測することが可能である。

② ボーリング先端での湧水圧測定技術

湧水圧については、発生している位置やその程度を正確に測定するため、水圧計測ユニットをボーリング先端部に装着した。水圧計は、内部にメモリとバッテリーが内蔵された自記式のセンサーであり、約 7MPa まで計測が可能である。削孔中は、送水に伴って逆止弁が開き、水圧計には送水圧がかかった状態となる。一方、削孔送水停止時には、逆止弁が閉まり、地山からの湧水圧が計測される(図-2)。

このように、削孔停止時のデータのみを抽出することで、地山からの湧水を連続的にとらえることが可能になる。

4. 計測結果

図-3 に、スイリモを適用した結果得られた水圧計と流量計の計測データを、削孔時と削孔停止時についてそれぞれ削孔深度毎にまとめたものを示す。比較のために、ボーリングマシンで記録された送水記録と、従来方法として作業員が手測りで行った湧水圧・湧水量の計測結果も合わせて示す。削孔時にスイリモで計測された流量データは、初期の湧水が発生していない区間(削孔深度 0~70m)において、ボーリングマシンで記録された送水量と概ね一致しており、精度よく計測できていることがわかる。一方、湧水圧のデータは、ボーリングマシンで記録された送水圧と比べると、概ね一致しており、さらに掘進距離に応じた圧力損失も捉えている。また、削孔停止時には、湧水量・湧水圧ともに作業員の手測りと同じ傾向を示しており、作業員の手測りより連続的に計測できたことがわかる。削孔深度 70m, 100m, 200m, 250m 付近においては、湧水量または湧水圧の上昇が認められた。

5. まとめ

超長尺ボーリング先端部での湧水圧測定技術と、口元湧水量の自動計測技術を組み合わせた湧水状況計測システム「スイリモ」を開発し、現場適用を行った。その結果、切羽前方の湧水圧・湧水量を連続的かつ自動で計測することができた。従来の湧水測定に比べて作業性が飛躍的に向上し、その精度の良さを確認できた。

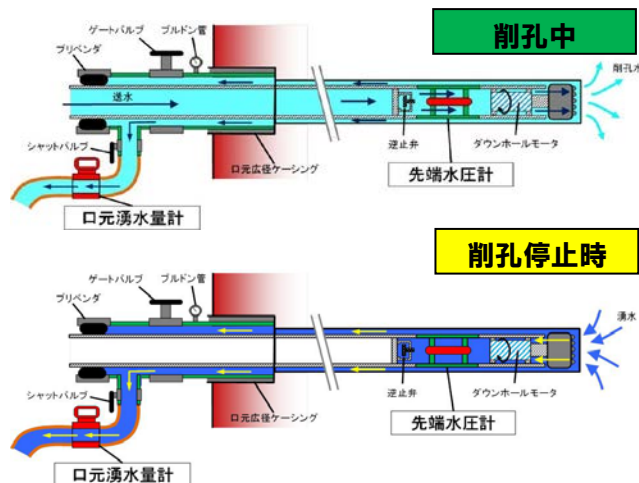


図-2 削孔時と削孔停止時の計測状況

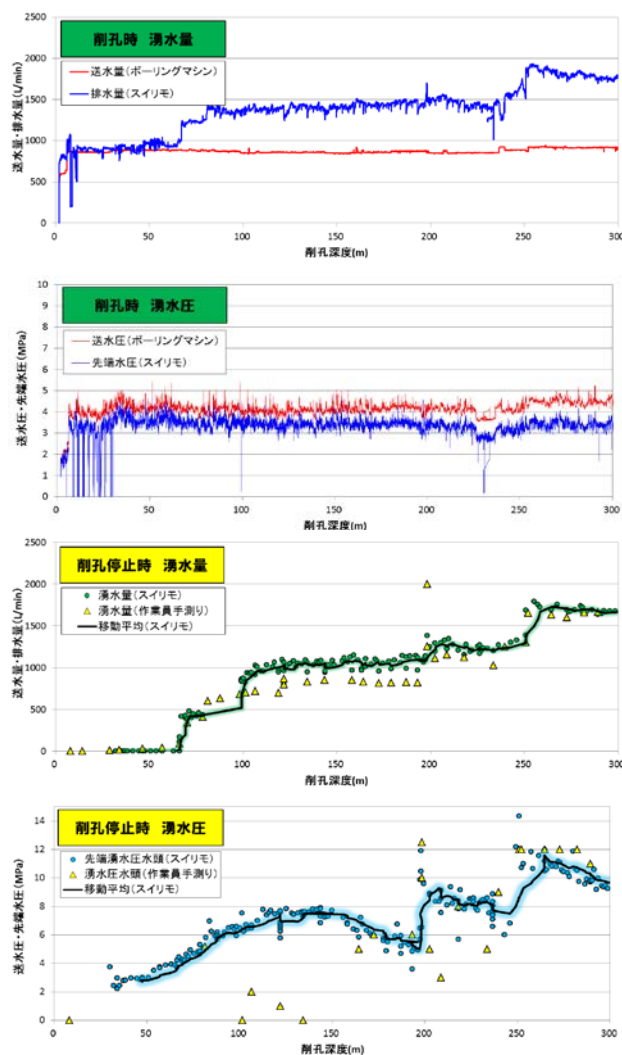


図-3 スイリモの現場適用結果例