

先進ボーリング湧水調査技術「T-DrillPacker®」の小断面トンネルへの適用

大成建設(株) 正会員 山本 肇, ○平塚 裕介, 熊本 創
国土交通省北海道開発局 函館開発建設部 近藤 優

1. はじめに

山岳トンネル切羽前方の湧水発生箇所や水量・水圧を事前に把握することは、工事を安全・確実に進めるために重要である。湧水区間の湧水量や湧水圧を正確に把握するには、先進ボーリング孔内にパッカーを設置する必要があるが、従来の方法では、削孔管の引抜き作業の際に孔壁が崩れるリスクがあり、また多くの時間と労力を要していた(図-1)。そこで筆者らは、削孔管を引抜く必要がなく、ボーリング先端の湧水量、湧水圧を迅速・確実に測定できる調査技術「T-DrillPacker®」(以下、本技術)を開発した。本技術はこれまで2車線道路トンネルなど比較的大断面のトンネルに適用されてきたが、本稿では小断面・レール方式の避難坑トンネルに適用した結果について報告する。

2. T-DrillPacker の概要

本技術は、図-2(a)に示す二重ビット(アウタービットとインナービットで構成)を用いて削孔を行い、削孔管を残したままパッカーの設置を可能とした調査技術である。湧水測定時はインナービットのみをワイヤーラインで高速回収する。大拡張パッカーはアウタービットの内側から挿入し、ビット先端に設置する(図-2(b))。湧水量・湧水圧を測定後、パッカーを回収し、インナービットを先端部まで水流で圧送して再セットすれば削孔を容易に継続でき、その後も必要な箇所でも繰り返し測定を行うことができる。また、二重ビットをコアチューブを備えたコアビットに変更することで、コア削孔にも適用可能である(図-2(c))。

3. 適用現場の概要

本技術を北海道縦貫自動車道七飯～大沼に建設中の大沼トンネル(仮称)避難坑に適用した。本避難坑は、掘削断面が約20m²の小断面トンネルであり、ずり・資機材等の運搬にはレール方式を採用している(図-3)。地質は安山岩主体で、火山活動に伴う熱水変質作用を受け、粘土化部や破碎帯の存在が想定された(図-4)。施工時に大きな地圧作用や高圧・大量湧水の発生が懸念されたため、全線にて切羽からロータリー式による前方調査ボーリングを実施し、地質・湧水状況を調査しながらトンネル掘削を進めた。

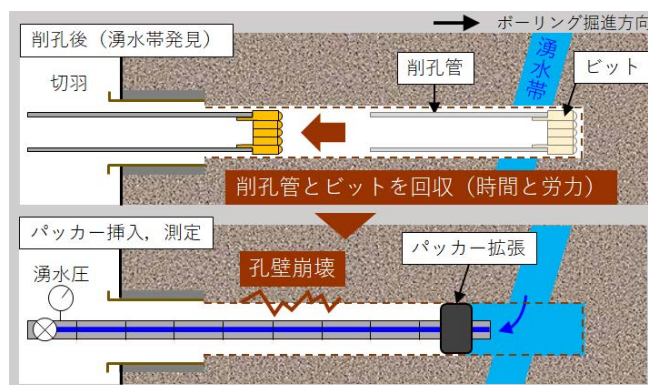


図-1 従来のパッカーを用いた湧水測定方法

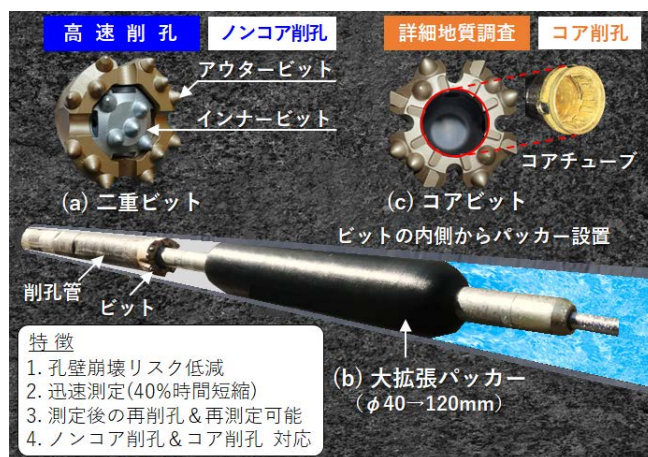


図-2 T-DrillPacker の概要



図-3 避難坑切羽とボーリングマシンの据付け状況

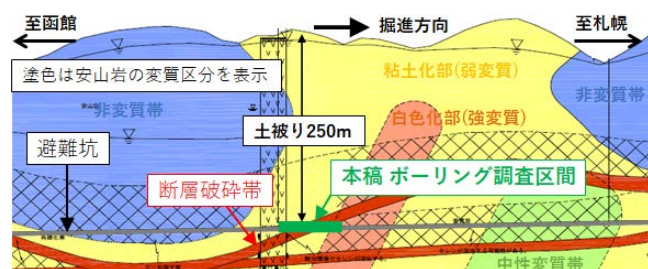


図-4 地質縦断面図(TD. 2237~2977mを表示)

キーワード 山岳トンネル, ボーリング, パッカー, 湧水量, 湧水圧, 断層破碎帯

連絡先 〒245-005 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7221

4. 調査概要

本調査区間では、土被りが最大 250m あり高水圧による切羽の不安定化が懸念された。左側壁から実施した前方調査ボーリング（以下、既実施ボーリング）において、亀裂質な安山岩が確認され、最大 933L/min の湧水が発生した（図-5）。一方、ボーリング口元を閉塞して測定した湧水圧（以下、口元湧水圧：ボーリング孔全体の平均的な水圧）は 0.07MPa と比較的低かったが、手前の弱変質安山岩を通じて逸水し、過小評価されている可能性が考えられた。そこで、前方の湧水圧を正確に測定するため、右側壁からボーリングを追加し、本技術を適用した。本技術は高速掘進・コア採取が可能な PS-WL 工法を用いており、今回、小断面トンネルに適用可能な小型スキッドタイプのボーリングマシン（RPD100SL）を採用した。小断面・レール方式という施工条件に伴い、ボーリングマシン据付け等の段取り作業に通常よりも時間を要したものの²⁾、計 6 方で 72m（ラップ区間長 49.2m、新規区間長 22.8m）のコア削孔と 2 箇所での本技術による湧水測定を実施した。

5. 調査結果

削孔 10m 毎に口元で測定した湧水量・湧水圧の結果を図-5 に示す。口元湧水量は最大で 240L/min であり、既実施ボーリングほどの湧水はなく、新規区間での湧水量の増加も見られなかった。口元湧水圧は既実施ボーリングと同程度で最大 0.07MPa であった。既実施ボーリングにて口元湧水量が最大となった区間（①：TD2605～2620m）と新規区間（②：TD2618～2633m）にて本技術による湧水測定を実施した。一例として区間①の測定結果を図-6 に示す。パッカー拡張後、口元湧水圧とパッカー以奥の測定区間の水圧（以下、区間湧水圧）が異なる変化を示したことから、パッカーが正常に動作していることを確認した。その後、区間湧水圧が安定するまで計測を継続した。最終的な区間湧水圧の値を図-5 中に赤四角で示す。両区間とも口元湧水圧よりも明確に高い区間湧水圧を観測した（約 0.1MPa）。圧力レベル自体は低いことから、切羽進行に伴う坑内への湧水や、既実施ボーリングの水抜き効果等によって地下水位が低下していると考えられ、切羽前方の湧水リスクは小さいと判断しトンネル掘削を進めた。

6. まとめ

先進ボーリングでの湧水調査技術 T-DrillPacker を小断面・レール方式の避難坑トンネル工事に適用した。今回採用した小型のボーリングマシンにもパッカー等の各種測定ツールが適用可能であり、ボーリング先端の区間湧水圧を測定することができた。ボーリング口元での湧水圧測定は、ボーリング孔周辺への逸水等の影響により水圧を過小評価する場合があるが、本技術で測定した区間湧水圧は口元湧水圧よりも明確に高く、パッカーによって確実に区間圧力を測定することができた。先進ボーリング調査はトンネル掘削を一時中断して行うため、可能な限り短時間での調査が求められる。パッカーを用いた湧水調査は、孔壁崩壊リスクや調査時間の制約等の理由から実施が困難な場合が多かったが、本技術により、計 6 方で 72m のコア削孔と 2 箇所での測定を行うことができた。

参考文献

- 1) 平塚 裕介, 熊本 創, 山本 肇, 門田 和之: 先進ボーリングの湧水調査技術「T-DrillPacker®」の現場適用, 第 77 回年次学術講演会, VI-268, 2022.
- 2) 肥後 宏紀, 近藤 正隆, 吉岡 南, 平塚 裕介, 近藤 優: 先進ボーリング湧水調査技術「T-DrillPacker®」の小断面トンネルへの適用, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023 (投稿中).

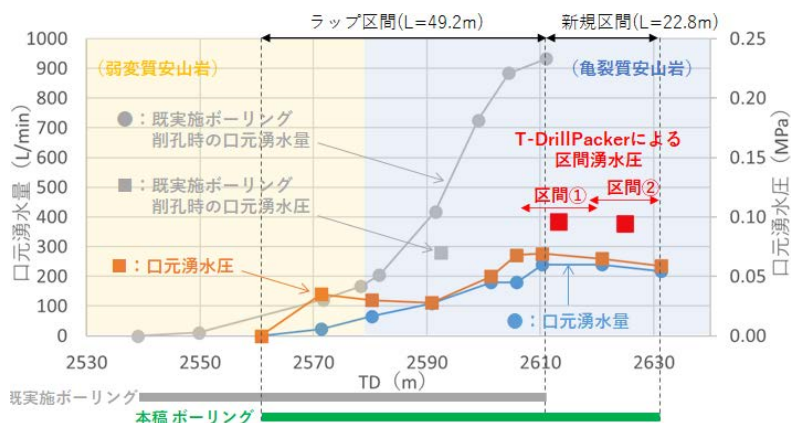


図-5 削孔 10 毎のボーリング口元湧水量・湧水圧

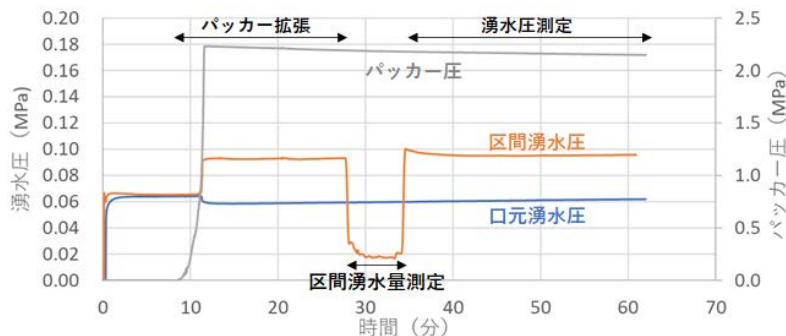


図-6 区間湧水圧の測定結果（経時変化）