

先進ボーリングを用いた湧水測定技術「T-DrillPacker」の現場実証試験

大成建設(株) 正会員 ○平塚 裕介, 熊本 創, 山本 肇

1. はじめに

山岳トンネル施工中の湧水の発生箇所や水量・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方法として、先進ボーリング孔内にパッカーを設置する方法があるが¹⁾、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、また多くの手間と時間がかかっていた(図-1(a))。そこで筆者らは、削孔管を引抜く必要がなく、湧水帯の湧水量、湧水圧を迅速・確実に測定できる新しい調査技術「T-DrillPacker」を開発した²⁾。本稿では、本技術を施工中の山岳トンネル内で行われた先進ボーリングに適用し、本技術の有効性について検証した結果について報告する。

2. 本技術の概要

T-DrillPacker は、二重ビットを用いて削孔を行うことで、削孔管を残したままパッカーの設置を可能とした新しい調査技術である(図-1(b))。二重ビットは外側のアウタービットと内側のインナービットから構成され(図-1(c))、湧水測定時はインナービットのみをワイヤーラインにより高速に回収する。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。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湧水測定

をくり返し行うことができる。また、二重ビットをコアチューブを備えたコア採取用ビットに変更することで、コアボーリングにも適用可能である(図-1(c)の右)。

3. 現場実証試験

国土交通省近畿地方整備局大野油坂道路荒島第2トンネル西勝原地区工事の本坑切羽から行った先進コアボーリング(削孔長90m)に本技術を適用した。本ボーリング区間は、亀裂が発達した花崗閃緑岩が分布し、湧水の増加が予想されていた地点である。図-2に試験概要を示す。今回の湧水測定の対象は、ボーリングの削孔途中(深度70m付近)で確認された湧水を伴う破碎部(湧水帯、厚さ1m程度)である。破碎部を通過して深度82.5mまで削孔を継続した後、一時的に中断し、削孔管を後退させて亀裂の少ない健岩部(深度68~69m)にパッカーを設置した。測定区間長はパッカー設置位置からその時点での既削孔区間の13.5mである。なお、本ボーリング口元からの湧水量は常時700~1,000L/minであった。

パッカー拡張後、パッカー挿入用のロッド口元に取り付けた圧力計(図-3中の①)にて測定区間の湧水圧(以降、区間湧水圧と呼ぶ)を計測した。区間湧水圧に加えて、削孔管口元に設置した圧力計(図-3中の②)で口元湧水圧を計測した。口元湧水圧はパッカーより手前のボーリング孔全体の平均的な圧力と考え

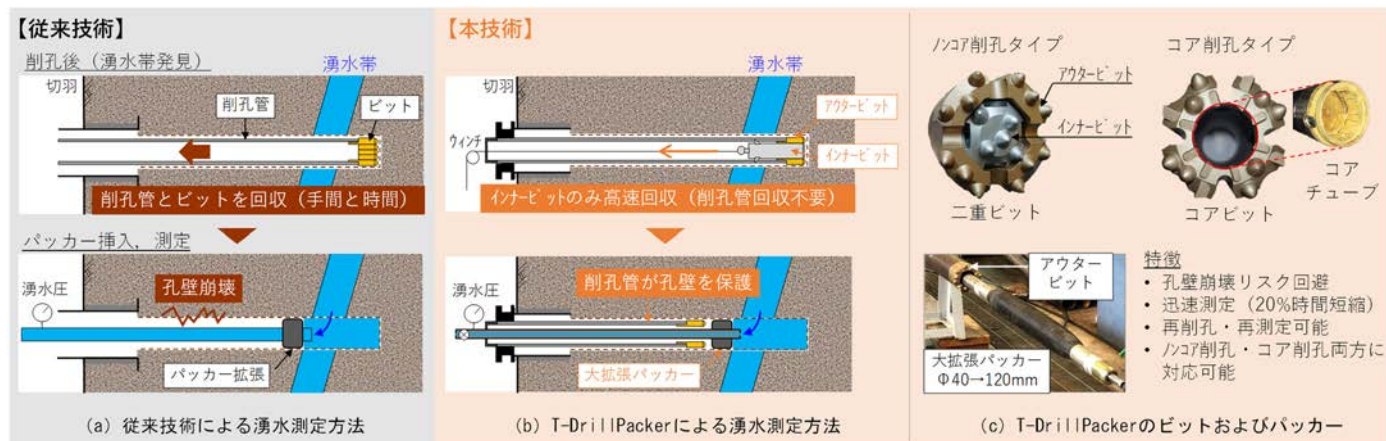


図-1 パッカーを用いた湧水測定方法

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, 透水係数

連絡先 〒245-0051 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

られる。

区間湧水圧と口元湧水圧の測定結果を図-4に示す。パッカー拡張前の区間湧水圧と口元湧水圧は同程度であり、パッカーを拡張し、孔壁に密着させると区間湧水圧が上昇した。これにより、パッカーによって測定区間とその手前の孔内との水理的な分離が確認できた。次に測定区間の区間湧水量を測定した後、区間湧水圧の計測を、圧力が概ね安定するまで続けた。図-5にボーリング削孔10m毎に測定した口元湧水圧と、今回測定した区間湧水圧の比較を示す。今回のボーリングでは、どの測定深度においても口元湧水圧は0.5MPa程度であったのに対して、パッカーを用いて測定した区間湧水圧は口元湧水圧よりも明確に高く、破碎部が有する個別の水圧を測定できたと考えられる。

4. 透水係数の算定および切羽湧水量の推定

破碎部の透水係数を、以下のトンネル湧水量の理論式³⁾を用いて算出した。

$$Q = 2\pi k \frac{h}{\ln 4 \frac{h}{d}} \cdot l$$

ここに、 Q ：湧水量（ m^3/s ）、 k ：透水係数（ m/s ）、 h ：水頭（ m ）、 d ：トンネル径（ m ）、 l ：トンネル長（ m ）。

上記の測定結果に基づいて、 Q と h をそれぞれ、ボーリングの区間湧水量18L/min、区間湧水圧80m（0.8MPa）と仮定し、 d をボーリング径100mm、 l を1mとして計算した結果、破碎部の透水係数は $4.8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ であった。この透水係数から同式により推定したトンネル湧水量は43L/minであった。実際の破碎部での切羽湧水量は切羽観察より十数L/minであり、推定よりもやや小さい結果となった。これはトンネル掘削に伴う地下水位低下によるものと考えられる。このことを考慮すれば、今回の推定結果は概ね妥当であったと考えている。

5. まとめ

先進ボーリングでの湧水測定技術 T-DrillPacker を山岳トンネル工事に適用し、破碎部の湧水量・湧水圧を測定した。その結果、得られた湧水圧はボーリング口元で測定した圧力よりも明らかに高く、パッカーを用いた区間湧水圧測定の必要性・有効性が改めて確認された。測定結果から破碎部の透水係数を算出し、切羽湧水量を推定した結果、トンネル掘削時に確認された湧水量と概ね整合的であり、本技術による

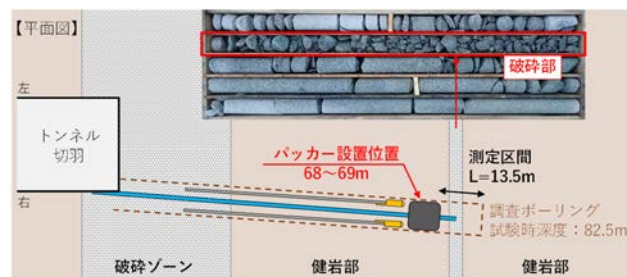


図-2 試験概要

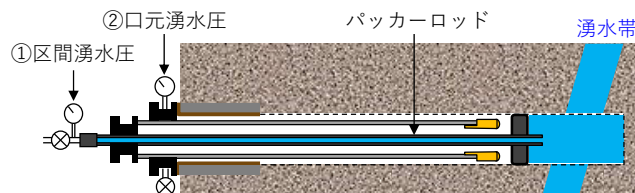


図-3 湧水圧測定位置



図-4 湧水圧測定結果

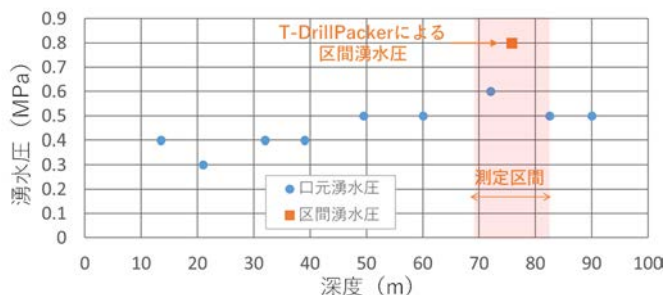


図-5 口元湧水圧と区間湧水圧の比較

調査結果の妥当性が示された。今後は、本技術の適用を積み重ね、大量湧水が懸念されるトンネルの対策検討などに役立てていく予定である。

参考文献

- (1) 伊藤 靖雄, 富岡 伸芳, 小笹 陽一, 中條 達矢, 谷藤 隆三: トンネル湧水量の推定, 第16回全地連「技術e-フォーラム」, 2005.
- (2) 平塚 裕介, 山本 肇, 増岡 健太郎: ボーリング削孔中の湧水帯測定技術「T-DrillPacker」の開発, 土木学会第75回年次学術講演会, VI653, 2020.
- (3) 土木学会トンネル工学委員会: トンネル・ライブラリー20, 山岳トンネルの補助工法, 2009.