

地山深部の安山岩自破碎区間におけるトンネルの情報化施工

安藤ハザマ 正会員 ○田中 洋平 国土交通省 川原崎智也
 安藤ハザマ 正会員 多宝 徹 安藤ハザマ 河合 慶憲

1. はじめに

水海川導水トンネルは、水海川と部子川を隔てる山稜を貫く全長4,717 m、内径8.5 mの長大トンネルである。掘削は、部子川側から片押しで進め、山稜の核部となるTD2,500～3,000 m付近では、安山岩の自破碎部が出現し、脆弱な地山状況となった。本報文では脆弱地山区間における情報化施工の事例について報告する。



写真-1 トンネル変状状況

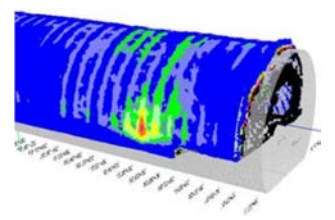


図-1 トンネル変状状況

2. 脆弱地山区間の施工状況

TD2,500 m 付近以降は、それ以前の区間で確認されていた比較的安定した安山岩溶岩の中に自破碎部が混在する様になり、TD2,800 m 以降は自破碎部が大部分を占めるようになった。自破碎部は、溶岩が流動中に崩れながら固化した部分と考えられ、固結度は安山岩に比べ低く、冷却・固結する際の破碎状況の違いにより、場所によって硬さが異なるのが特徴である。溶岩流の流動に伴う連続性が認められるが、断層構造のような面的かつ広範囲の連続性はなく、前方の分布予測が困難である。また、破碎が強いところほど熱水変質を受け脆弱化している傾向がある。写真-1、図-1にTD2,720 m 付近の局所的な変位状況を示す。当該箇所はDIIパターンで施工中に、変質した自破碎部が出現し、切羽直近右側壁部で最大140 mmの押し出しが生じた。

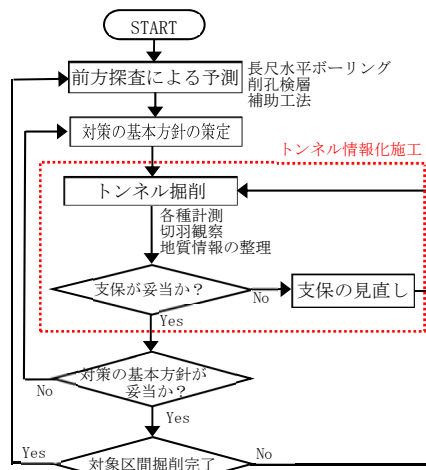


図-2 トンネル基本管理フロー

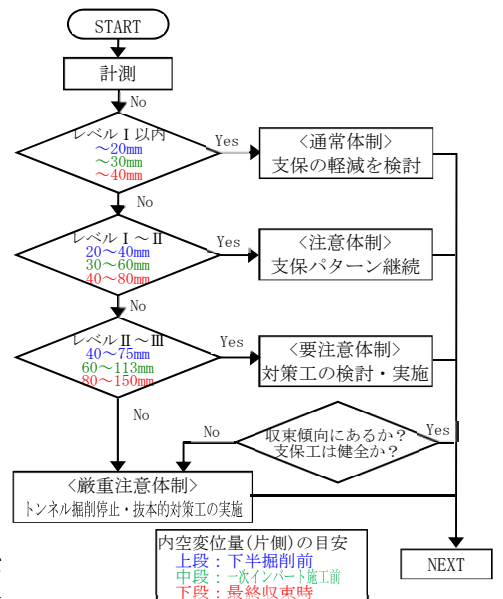


図-3 トンネル情報化施工フロー (E)

3. トンネル管理フロー

自破碎部が出現した区間の当初設計はCIパターンであったが、土被りが300 m弱と大きく、当初に弾性波探査結果等から想定した地質と実際の地質状況には大きな乖離が認められたことから、長尺水平ボーリングによる前方探査を行いながらトンネル掘削を行った。探査結果から、基本的な支保パターン等の方針を策定し、情報化施工を活用し、変状状況に応じて最終的な対策工を選定した。図-2に掘削の基本管理フローを示す。図-2中の赤枠部分のトンネル情報化施工の詳細を図-3に、管理基準値を表-1示す。図-3、表-1に示す値はEパターン(図-4)のもので、管理基準値は、「限界ひずみ」により算出した。

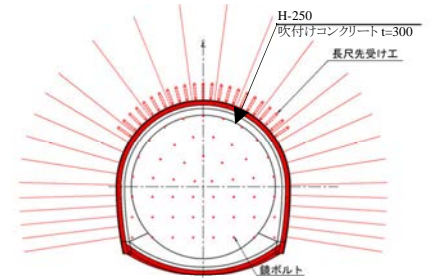


図-4 支保パターン図 (E)

表-1 内空変位(片側)管理基準値・支保の評価基準 (E)

管理レベル	下半掘削前	一次インバート施工前	最終収束時	支保の評価基準
レベルI以下	20mm未滿	30mm未滿	40mm未滿	支保の軽減を検討 懸念してもレベルII以内に収まると想定される
レベルI～II	20mm以上 40mm未滿	30mm以上 60mm未滿	40mm以上 80mm未滿	概ね設定した支保は妥当
レベルII～III	40mm以上 75mm未滿	60mm以上 113mm未滿	80mm以上 150mm未滿	支保の強化、補助工法の採用を検討
レベルIII以上	75mm以上	113mm以上	150mm以上	施工を中断し、支保の強化、補助工法の採用について検討

また、TD2,924 m 以降は、切羽から3 m 地点で100 mm(片側の内空変位)を超える変位も認められるなど、初期変位が大きいことから、最終収束時の変位予測に加えて、下半掘削前(切羽から3 m)、一次インバート施工前(切羽から6 m)時点の変位量も基準値の目安として設定した。これらの値は、Eパターンの初期段階の

キーワード 自破碎状溶岩, 押し出し性地山, トンネル変状, 情報化施工, CIM

連絡先 〒910-2556 福井県今立郡池田町松ヶ谷 22-11 安藤ハザマ水海川トンネル作業所 TEL0778-44-6235

変位を統計的に処理して算定した。また、本トンネルの内空変位は、左右の片側で卓越して増大する傾向があるため、全幅ではなく、片側の変位量で管理するものとした。

4. 基本方針の策定

前方探査情報(長尺水平ボーリング・削孔検層)と施工完了区間の地質情報を相互に対比できる形で整理し(図-5, 6 参照), 図-2 の管理フローにおける「対策の基本方針」を前方探査結果から策定する際のデータとして活用した。これらの地質情報は CIM により統合し, 前方予測に活用した(図-7 参照)。

図-5 の安山岩・安山岩自破部砕混在区間では D II (H150), 図-6 の安山岩自破部卓越区間では E (H200・H250)+補助工法を基本方針として策定した。

5. トンネル情報化施工

前方探査で基本方針を策定した後に, 細部の対策は, 計測による情報化施工で対応した。

通常の A 計測では, 計測ピッチが 5~20m 程度となり, それ以下の範囲で局所的に増大する変位を捉えることが困難である。そこで, 3D スキャナーによる面的な計測(図-8)に加え, 変位が大きくなりがちな上半脚部付近においては, 計測定規を用いて支保工とサイドレーザーの離れを 1m ピッチで計測することで対応した。これにより, トンネルの局所的な変状を早期に把握することが可能となり, 増しロックボルトや仮インバートなどの仕様を早期かつ適切に判断することができた。

6. おわりに

脆弱地山に対して, 長尺水平ボーリング等による前方予測と 3D スキャナー等を用いた詳細な変位計測による情報化施工を組み合わせ, 対策工の最適化を図りながら掘削を行っている。今後, 調査・解析技術や CIM による可視化が進めば, より早い段階で, 高いレベルの合意形成が可能となり, 施工管理の高度化につながると思われる。今後の技術の進歩に期待したい。

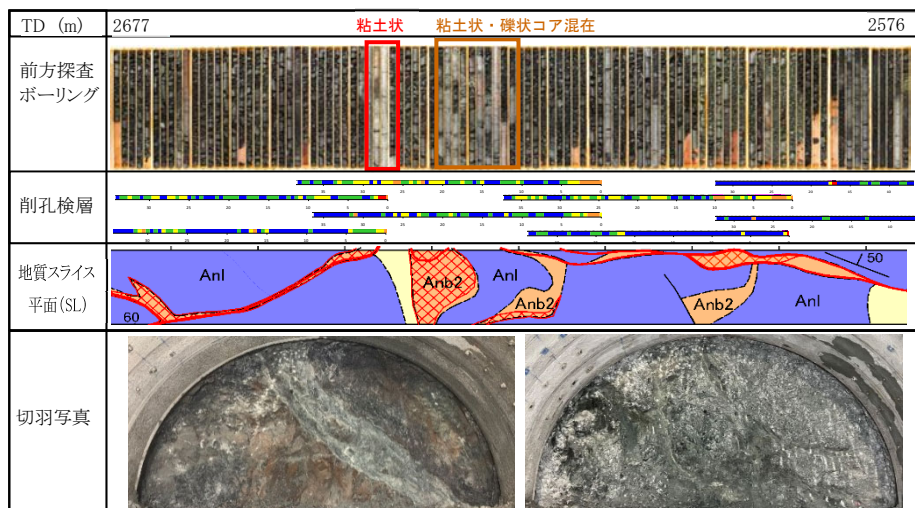


図-5 地質情報の整理 (安山岩・安山岩自破部混在区間)

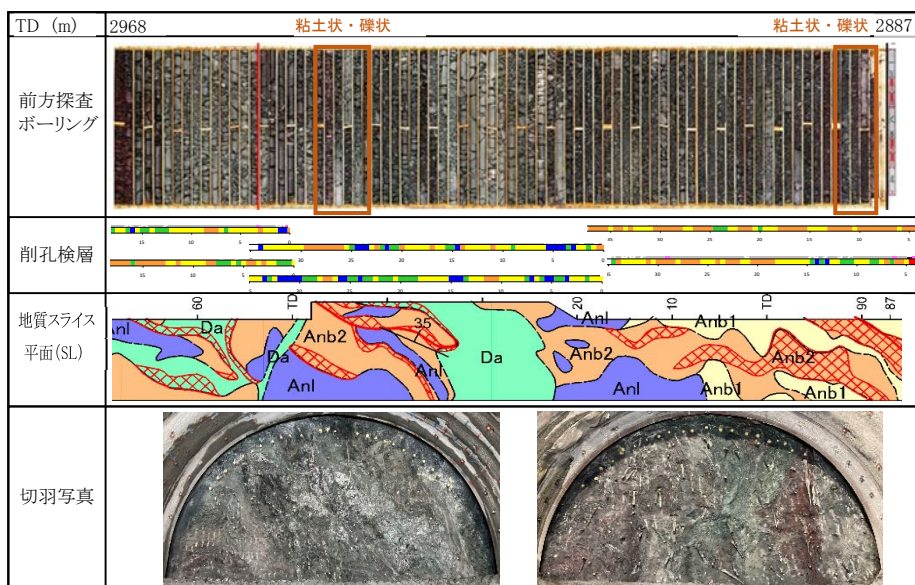


図-6 地質情報の整理 (安山岩自破部卓越区間)

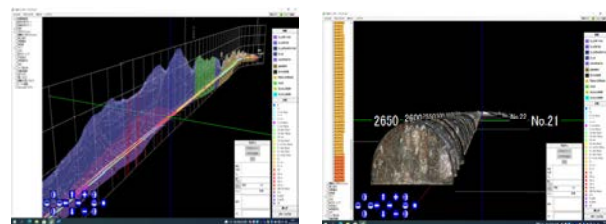


図-7 CIM による可視化

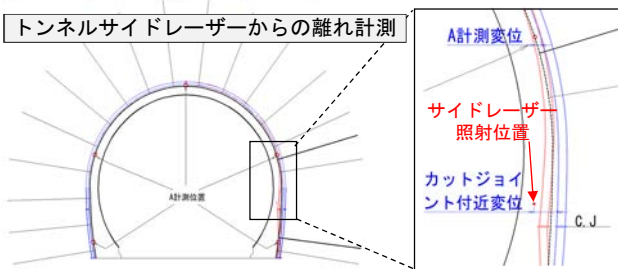
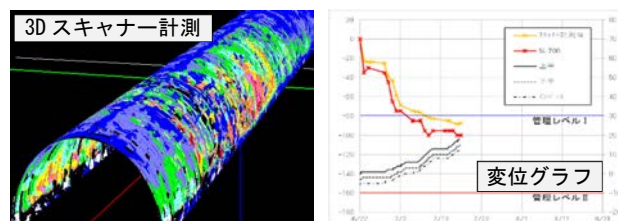


図-8 内空変位計測方法