

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑工事—

東日本高速道路株式会社(株) 東北支社 福島管理事務所 正会員 ○宮沢 一雄
東北支社 総合調整部 企画調整課 春山 英樹

1. はじめに

東北中央自動車道 栗子トンネルは、福島県と山形県の県境に計画されている延長約9kmの長大トンネルであり、山岳トンネルとしては、国内3位、東北最長のトンネルである。本坑の施工に先立ち、地質調査と水抜きを兼ねて避難坑を先行施工した。工法は、福島県側約5.5kmは、地質が花崗岩、石英安山岩、流紋岩等の比較的硬質な地山であったことからTBM(φ4.5m)を採用、山形側約3.5kmは軟質な地山で多湧水が想定され、TBM施工はリスクが高いことからNATMを採用、長大トンネルにおいて計画段階で2工法を選択した。しかし、TBMにより施工した福島側において、調査・設計時点では予知できなかった突発的な大量湧水(最大500t/hr)と崩落性地山(全掘削長の約5割)が出現し、掘削当初は幾度となく掘進停止を余儀なくされた。このため、不良地山であっても掘進停止せず、TBMとしての高速掘進を実現させた施工結果を報告する。

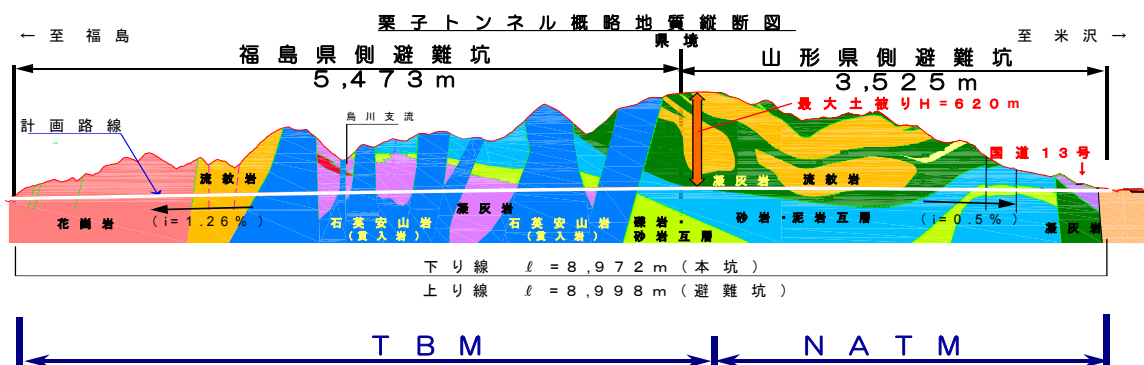


図-1 栗子トンネル概略地質縦断図

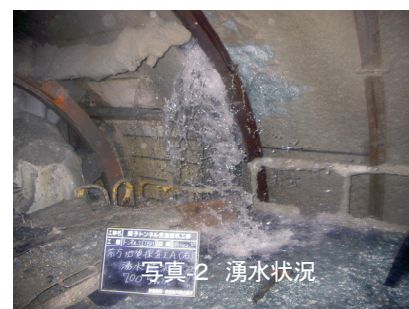
2. 地質概要

(1)地質

前半部には中生代の花崗岩類主体を成し、後半部にはこれを覆って分布する凝灰岩や凝灰角礫岩が分布し、部分的に安山岩や流紋岩の大規模な貫入岩があり、かなり複雑な地質構造ではあるが、硬岩主体の地山とされた。TBM掘削後の実績としては、前半部の花崗岩類は一部割れ目が発達した花崗岩および破碎部が温存した脆弱で脆く、湧水が多く、崩落が助長された。中盤以降は、火山凝灰岩では、岩強度が低下し地山強度比も低下した、デイサイトが脈状に貫入しており、層鏡で崩落が生じた。終盤は、早期に礫岩・砂岩、砂岩泥岩互層が出現した、さらに地山強度比が低下し、層状の崩落が発生、特に泥岩砂岩互層区間では50cm～100cmにおよぶ崩落が連続し、坑壁の押し出しも発生した。

(2) 湧水

ボーリング調査結果から想定された全体湧水量は 0.2~0.5t/min であったが、坑口から 700m 地点で 5t/min の突発大量湧水が発生、その後 1,000m、4,200m 地点でも大量湧水が発生、湧水量は合計約 8.3t/min(500t/hr)を記録した。



キーワード：山岳トンネル、TBM、削孔検層、補助工法

連絡先：福島市飯坂町平野字前原 11 TEL024-542-0111 E-mail:k.miyazawa.aa@e-nexco.co.jp

3. 削孔検層による前方探査

TBM本体に搭載した削岩機によりほぼ全線にわたり削孔検層による前方探査を実施した。この削孔検層による穿孔エネルギーの大小から掘削地山を定量的に予測評価し、崩落対策である注入式長尺鋼管フォアパイリングを施工する判断基準とした。一回の削孔長はこれまでの30mから50mまで長く改良した。またTBM搭載削岩機は、長尺削孔検層や長尺先受工等補助工法の効率を図るためにフィールド3mを確保できるよう狭隘な作業デッキの機械配置を特別に設計を新たに行い改良した。

4. 崩落地山対策

TBMを拘束するような大規模崩落の対策工としては、予め削孔検層により不良地山にTBMが到達する以前に注入式長尺鋼管フォアパイリングを実施することで、TBM掘進停止を最小限とすることができた。ほぼ全線にわたり大小の崩落が連続する区間では、TBMの掘進を停止することなく現場段取りが容易であった旧工法の本矢板による矢送りと高性能で機動性を具えた最新のファイバーモルタルの増し吹付けによる対策が非常に有効であった。現場で苦慮し試行錯誤の中で開発された二つの対策により当該崩落性地山を効率的で安全に掘り切る事ができた。

5. 支保パターン選定フロー

TBM高速掘進の最大メリットを活かすため、地山性状に応じた支保パターンを早期に選定し施工することが非常に重要である。しかし、掘削最先端がTBMに覆われているため切羽直後の施工が不可能であった。TBM掘進をしながら瞬時に支保パターンを予測できれば、適時に適切な支保の施工が可能となる。それを実現するため削孔検層の穿孔エネルギー、TBM掘削エネルギー、坑壁の目視観察を組み合わせる支保パターンをシステムチックに選定する独自の支保選定フローを岩種毎に構築して、合理的なTBM支保選定手法を確立した。

6. 掘削実績

設計では予知できなかった突発大量湧水や崩落性地山に遭遇したが、延長5.5kmの掘削を一度もTBMを拘束することなく貫通することができ、平均月進240m、最大月進453mの高速施工が実現した。

7. おわりに

1993年にJHが秋田自動車道湯田第二トンネルで試験導入して以来、新東名高速道路の三車線断面トンネル先進導坑としてのTBM、飛騨・鈴鹿・温海トンネルの避難坑用としてのTBMとして進化してきたが、特に本栗子トンネル東避難坑工事において小断面TBM技術は著しい進歩を遂げたと言える。これまで国内もしくは海外においても主として良質な地質でしか採用され成功しなかったTBMを、大量湧水・崩落性地山などの不良地山において想定される課題・トラブル対して、TBMの改良や前方探査による地山評価・予測、支保パターンの選定手法の確立などによりTBMの適用範囲を大きく広げた。さらに支保パターンの選定、補助工法の適用などで合理的な手法を確立させたこともTBM技術を一段と飛躍させ、本工事がTBM技術と発展に貢献することができた。

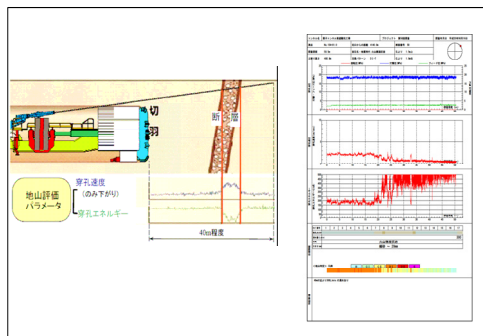


図-2 削孔検層による前方探査

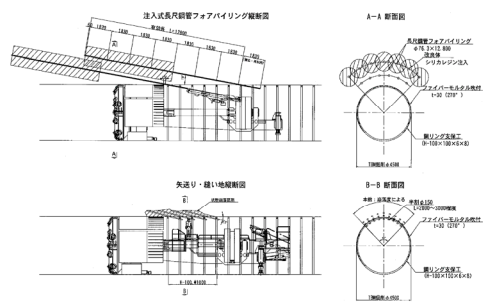


図-3 崩落地山対策工

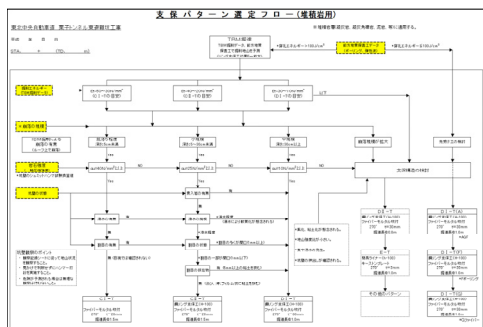


図-4 支保パターン選定フロー



写真-5 TBM本体



写真-6 貫通ブレイクスルー