

## 大量湧水を伴う未固結砂岩層での変状対策

日本鉄道建設公団 九州新幹線建設局 出水鉄道建設所  
(株) 鴻池組 正 山田浩幸

松山健司 田畑正昭  
正 若林宏彰

## はじめに

山岳トンネル工事において、高圧・大量湧水地山、未固結地山等の特殊地山条件下での施工は、切羽崩壊、坑道の水没を引き起こし、作業員を危険にさらすのみならず、大幅な工費の増大と工期の遅延をもたらすことになる。そのために、このような特殊地山では、綿密な地質調査、地形、地質構造、滞水層等の規模、湧水量や湧水圧等の状況を詳細に把握し、適切な補助工法の選定を行い、施工にあたらなければならない。

本報告は、約 2t/min (最大 8t/min) の大量湧水 (写真 - 1) を伴う未固結砂岩層という特殊地山におけるトンネル施工事例に関して、その設計と施工状況を報告するものである。



写真 - 1 突発湧水状況

## 2. トンネル概要

第3紫尾山トンネルは九州新幹線鹿児島ルートの内、八代～鹿児島間で最長の 10km の山岳トンネルで、当工区は始点側 (出水側) 2713m の区間である。地形は、紫尾山 (標高 1067m) を最高地点とする標高 500～600m 級の山々が連なるなだらかな出水山地で、トンネル路線はその西域を通過している。地質は、中央構造線の南側に位置する四万十帯の中生代白亜紀の堆積岩を基盤とした砂岩・頁岩互層、及び頁岩により構成されている。施工時の切羽状況は、全体的に岩片自体は堅硬であるものの、層理、節理の発達が著しく、亀裂中に大量の湧水を含んだ不良地山であった。

## 3. 大量湧水及び支保の変状原因の解明

## 3.1 大量湧水状況

全体的に地質が悪い上に湧水も多く、内空変位は 30～70mm も生じたので、度々縫返しを行ったが、様々な補助工法を採用しながら、掘削は比較的順調に進んでいた。しかし、坑口より 1,526m 掘削した時点 (土被り約 200m) で、切羽上半左隅より濁りを伴った約 2t/min (最大 8t/min) の大量湧水が持続的に発生し、約 18m 区間にわたり支保が大きく変状 (最大約 50cm 変形) したために掘削中断を余儀なくされた。

## 3.2 大量湧水及び支保の変状原因の解明

大量湧水及び支保の変状原因は、切羽記録と先行水抜きボーリングを兼ねた地質調査結果から以下のように判断した。

- ・大量湧水の原因：地質構造及び水質の分析より、トンネルと 200m 上方の河川との間の砂岩層に水みちがあり、主に河川から大量の湧水が供給されたためと判断した (図 - 1)。
- ・支保の変状原因：地山強度が低い (圧縮強度  $qu=2.0\text{N/mm}^2$ ) 未固結砂岩層であるために、掘削時に大きなゆるみ土圧が生じ、地下水による大きな水圧も作用したためと判断した。

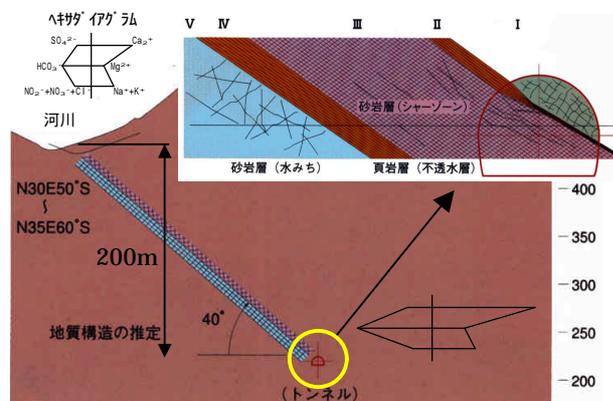


図 - 1 地質構造の分析と水みち

キーワード：大量湧水、未固結地山、水抜き導坑、水抜きボーリング

連絡先：大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 (株) 鴻池組技術部第 1G TEL (06)-6244-3684 FAX (06)-6244-3676

## 4．対策工の検討と施工

### 4．1 大量湧水処理対策工

変状後に水抜きボーリングを18本施工したが、湧水量及び作用水圧の低減効果が十分得られなかったため、滞水層にはかなりの水が存在していると想定された。従って、十分な水抜きを行わなければ、支保の変状増大によるトンネル崩壊や大量湧水による切羽崩落を引き起こす事が懸念された。そこで、支保の変状増大の防止及び変状区間の縫返しを行うにあたり、作業性・安全性の向上を確保するために地下水位を下半盤まで下げることが目的として、排水効果の高い大口径ボーリング（500mm）併用の水抜き導坑（2.0×2.0m）を計画し、施工した（図-2、写真-2）。その結果、約2.0t/min程度の導水が得られ、湧水量及び作用水圧を下げる事ができた。

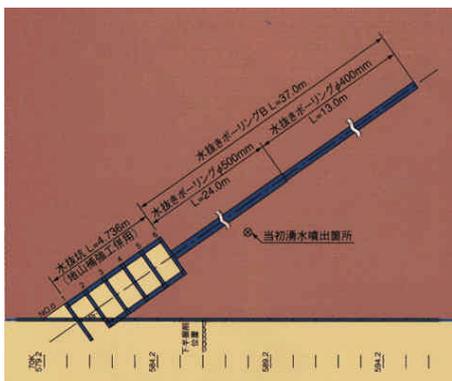


図-2 大量湧水対策工



写真-2 大量湧水対策工（大口径ボーリング）

### 4．2 掘削時における対策工

湧水対策後、掘削を再開するにあたり、掘削区間の先行水抜きボーリングを行った。更に、脆弱部では水圧が作用しても地山が安定するように、アーチ部外周2mの範囲にシリカレジンを注入して地山改良を行いながら掘削を進めた（図-3）。また、滞水部分の掘削にあたっては、突発湧水による切羽崩壊にそなえ、5m程度のカバーロックを残した状態で鏡面の補強を行い、部分的には、変位収束の目的でロックボルト増し打ち、仮インパート等の追加対策を行った。その結果、大量湧水を伴う未固結砂岩層を無事突破する事ができた。

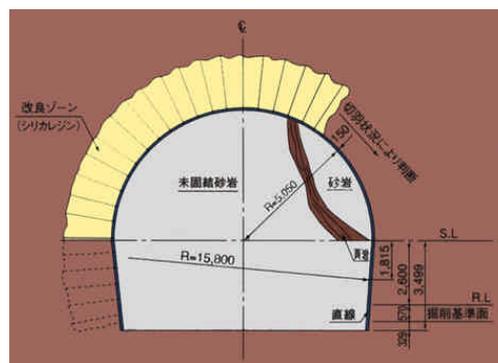


図-3 掘削時の切羽安定対策

### 4．3 覆工の補強対策

NATMでは通常、覆工コンクリートには、力学的な機能を付加させず、変位収束後に施工するため化粧巻としての取り扱いをする事が多い。しかしながら、本トンネルの変状区間のように湧水が多く、地山強度が著しく低下した未固結滞水地山における覆工については、将来、地震の影響、水圧の作用、大きな土圧の作用する可能性が高いため、力学的機能を持たせた覆工設計を行った。

補強方法は、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）で計画し、混入率0.5%（40kg/m<sup>3</sup>）で施工を行った。

## 5．おわりに

今回、大量湧水を伴う未固結砂岩層での施工について適切な補助工法の選定を行い、無事施工を完了できた。

NATMでは地山条件、施工条件に応じて様々な補助工法により対応が可能であるが、いかに効果的な工法を選定できるかが施工を進める上で重要なポイントとなる。今回の施工事例が同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、今回の補助工法の検討と採用にあたり、日本鉄道建設公団九州新幹線建設局をはじめ関係各位の方々のご協力をいただいた事に深く感謝の意を表します。