

多量湧水が発生する山岳トンネルの施工事例

(株)大林組 名古屋支店 河津トンネル工事事務所 正会員 ○澤田陽気, 正会員 秋山幸一, 井上陽介

1. はじめに

本工事(河津トンネル工事逆川地区工事)の当初設計時では、全延長掘削後の恒常湧水量として $19.6\text{m}^3/\text{h}$ と推定していた。しかし、実際の施工時には、 $180\text{m}^3/\text{h}$ 以上の湧水が発生し、排水処理と切羽の安全性や作業性に課題が生じた。この場合、濁水処理設備を増強して対処することが一般的である。しかしながら、発注者は濁水処理設備について慎重な姿勢であった。以下に本工事の対応について報告するものである。

2. 本工事の特徴

本工事は、河津下田道路(II期)事業実施区域 $L=6.8\text{km}$ のうち、河津トンネル(全長 $L=1,884\text{m}$)の終点側からトンネル($L=1,397\text{m}$)を構築するものである。

図-1 に本工事の地質縦断面図を記す。トンネル掘削部の地質は、白浜層群の輝石安山岩溶岩、輝石安山岩質自破碎溶岩を主体とし、しばしば凝灰質角礫岩や凝灰岩質砂岩を挟む。工区内には、F-4~F-6 と称す断層が推定され、弾性波探査により各所に低速度帯が解析された。このような箇所では岩石の破碎の進行と地下水の賦存が考えられたが、事前のボーリング調査における透水試験結果では、 $10^{-3}\sim 10^{-5}\text{cm}/\text{sec}$ と透水性が高いとは言いがたい結果が得られていた。排水設備は式①より算出される恒常湧水量から設計され、その量はトンネル掘削完了時の恒常湧水量 $19.6\text{m}^3/\text{h}$ であった。

$$Q = 0.14 L^{1.8} \quad \dots\dots\dots \text{式①}$$

Q : 恒常湧水量 (m^3/min)

L : トンネル延長 (km)

3. 課題

(1) 放流基準値内での多量湧水の放流

想定した湧水量に反し、切羽湧水やコアボーリング時の突発湧水(一時的に $2,000\text{L}/\text{min}$ 、写真-1)により、トンネル湧水量は $180\text{m}^3/\text{h}$ を超えた(図-2)。また、この湧水は pH 値が 9.0 前後を示し、河川の放流基準を超過していた。このように設計時の想定と大きく乖離して発生する湧水に対し、河川排水基準を満足させて確実に排水することが課題となった。

(2) 発注者のニーズに合わせた濁水処理

本工事着工前後の会計検査において、濁水処理設備



写真-1 コアボーリングからの湧水状況

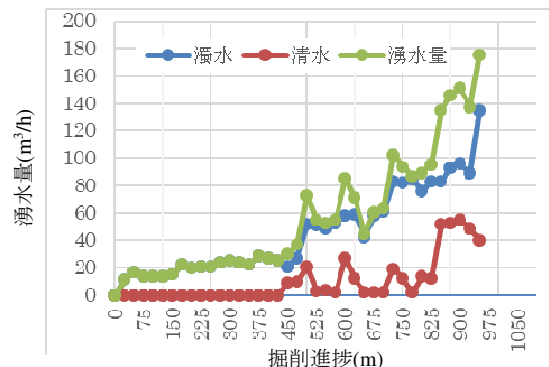


図-2 湧水量の経時変化

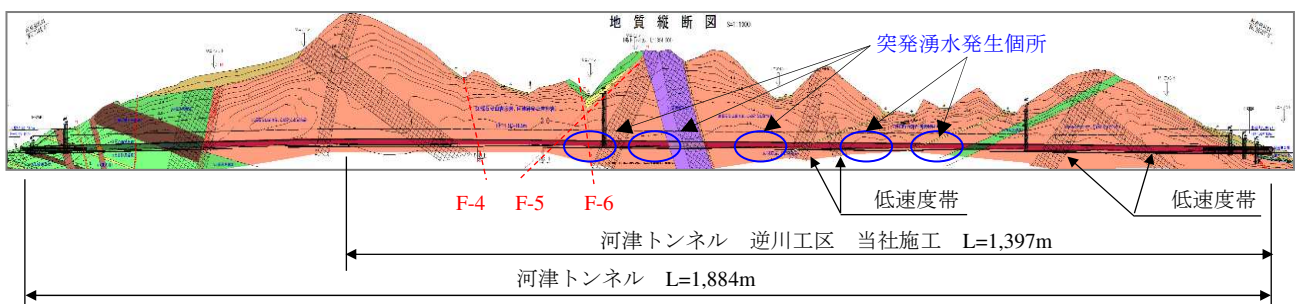


図-1 地質平面図 縦断面図

キーワード 山岳トンネル、多量湧水、清濁分離

連絡先 〒413-0502 静岡県賀茂郡河津町峰 604 (株)大林組名古屋支店 河津トンネル工事事務所 TEL0558-36-3025

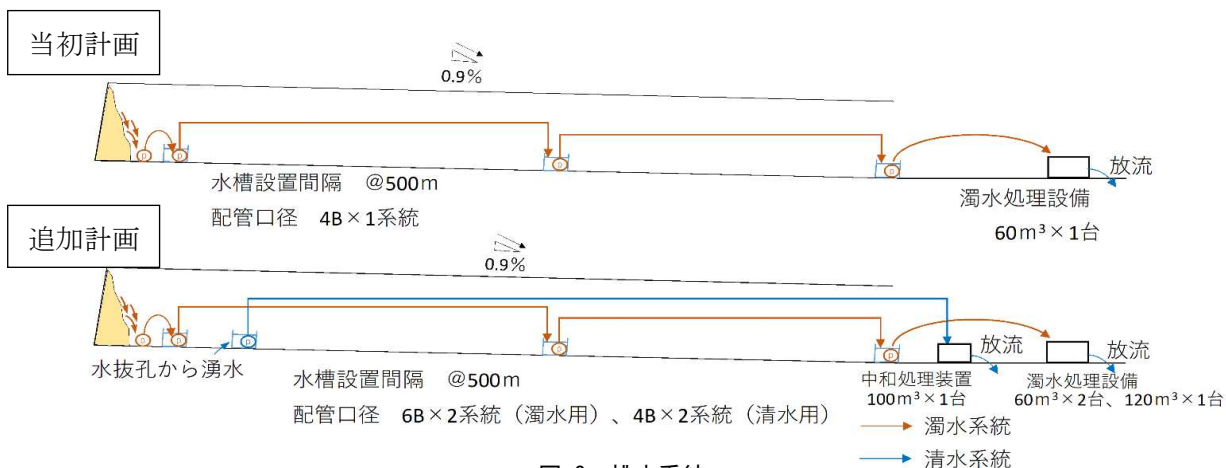


図-3 排水系統

の設計金額について指摘があり、発注者は濁水処理設備増強に慎重な状況にあった。濁水処理増強に関わる工事費を抑制するという発注者のニーズに応えつつ、放流基準を順守した適切な処理が求められた。

(3) 脆弱化した路盤の安全確保

本坑のずりには多くの粘性土を含み、湧水の排出に伴って坑内路盤が著しく泥濘化し、施工の作業性や安全性を低下させた。この路盤状況の改善も課題となった。

4. 対策

(1) トンネル湧水に伴う排水・処理設備の増設

排水系統を図-3に記す。当初、4インチ×1系統と濁水処理設備 60m³/h 級を設置していた。しかし、湧水が増加したため、排水設備は、坑内配管を濁水用 6インチ×2系統と清水用 4インチ×2系統に増設した。また、処理設備は、濁水処理設備 60m³/h×1基と 120m³/h 級×1基を増設し、清水用の 100m³/h 級の中和処理装置を追加した。

(2) 濁水処理費の抑制対策

トンネル内からの排水は、施工により汚濁された排水と水抜きを兼ねた水平コアボーリングからの湧水に分け、発生湧水を濁水と清水に分けて処理をする清濁分離を行った。

清濁分離を行わずに濁水処理設備の処理能力増強のみで対応した場合と比較すると、濁水処理費用は約10%抑えることができ、発注者のニーズに応えることができた。

(3) 泥濘化路盤管理

掘削進行に伴い、切羽後方 20~40m 区間で盤打ち発破後のセメント固化材添加による路盤の改良を行い、維持管理に努めた。セメント固化材の添加量 Ar は、50, 100, 150, 200kg/m³ の 4 パターンについて、坑内で改

良を行い、平板載荷試験器を用いた実験を行って決定した。対象とする荷重は、掘削ずりを積載した 25t ダンプを想定し、 $W=48t$ とした。図-4 に添加量と沈下量の関係を記す。結果は、 $Ar=100\text{kg/m}^3$ の時に沈下量が最小となった。 $Ar=150\text{kg/m}^3$ 以上で改良効果が得られなかったのは、セメント量が多くなるほど施工上の混ぜムラが発生しやすく均一に硬化しないためだと思われる。以上より、 $Ar=100\text{kg/m}^3$ を採用した。

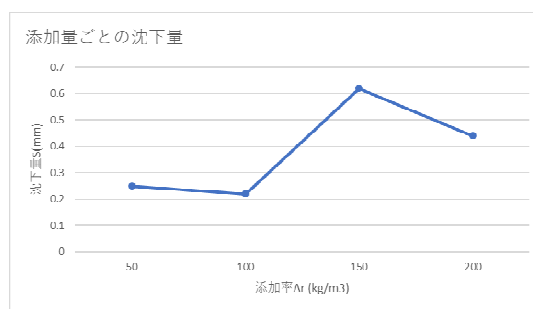


図-4 路盤改良試験結果

5. まとめ

山岳トンネル現場において、突発的な多量湧水を予測することは難しく、設計と実際の湧水量が乖離することが多々ある。また、突発湧水が発生した際に、切羽の安全性や作業性が著しく悪くなることと、現場の濁水処理設備の能力を超える可能性があり、放流先の河川汚濁が懸念される。

当現場では水平コアボーリングをトンネル断面外で施工し、清濁分離を行った。これは、水抜き効果を切羽が進捗しても維持するためである。また、坑内でも安定した改良が出来るよう、平板載荷試験器を用いて、最適な添加量を求めて改良作業を実施させた。対策の結果、水平コアボーリング施工時の突発湧水でも、河川への基準外の放流と路盤の泥濘化を防ぎ、環境面・安全面に配慮して作業を進めることができた。