

起点側坑口部における直上沢水対策

東京土木施工管理技士会

飛鳥建設株式会社 西日本土木支社

九州土木事業部 三軒屋トンネル作業所

工事主任

宇都宮 基 宏[○]

Motohiro Utsunomiya

工事課長

上米良 忍

Shinobu Kamimera

監理技術者

小 川 統 史

Toushi Ogawa

1. はじめに

三軒屋トンネルの起点側坑口は、二筋の沢の合流点直下に位置しており、この合流点におけるトンネル土被りはわずか1.5m でありであった。

トンネルの設計では、一般的に坑門位置において沢や谷川と交差しないよう計画する事とされ、止むを得ない場合は十分な排水設備を設けて沢水等の処理を行いトンネルに悪影響が生じない処置が必要となるが、本工事においては、以下の計画が行なわれていた。

・坑口部に延長18mの明り巻き区間を設け、土石流が発生した場合においても道路内に土石流が流れ込まない構造とする。

- ・土被りの薄い区間にソイルセメントによる盛土を行い土被りを確保する。
- ・張りコンクリート及び重力式擁壁を設置して、沢水を集水し、側溝により排水する。(側溝はトンネル上部を横断する配置。現場打ち三面側溝。)

工事概要

- (1) 工 事 名：東九州道（佐伯～蒲江）
三軒屋トンネル新設工事
- (2) 発 注 者：国土交通省九州地方整備局
- (3) 工事場所：大分県佐伯市大字青山地内
- (4) 工 期：平成20年3月19日～
平成22年8月31日

2. 現場における課題

二筋の沢の合流する坑口部付近から約40mの区間は沢の傾斜がなだらかな地形であり、特に右側斜面には厚い崖錐層が堆積していた（写真-1参照）。また、沢の流量は通常100ℓ/min程度であったが、降雨時には500ℓ/min以上に上昇した。

こうした条件から、トンネルの初期掘削時における湧水、切羽および天端部の地山保持が懸念された為、押え盛土の施工に先がけて沢部の試掘調査を行った。

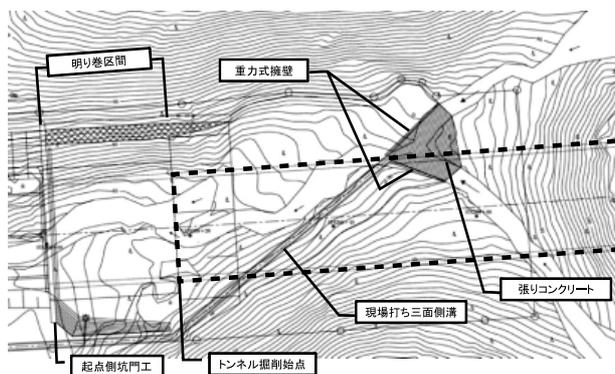


図-1 坑口部平面図



写真-1 着手前坑口部地形

試掘の結果、河床には堆積物が1.5mほど堆積しており、その下部に頁岩質の軟岩が観察され、沢水は表面流下するものだけではなく、地下を伏流するものが多いことが判明した（写真-2、3参照）。

また、沢部の右側には約2m厚さで、固結度の低い脆弱な崖錐層が堆積していることが判明した。（写真-4参照）。

以上の状況から、押え盛土とトンネル初期掘削を行ううえで、以下の課題が挙げられた。

① トンネルへの沢水引き込み

河床堆積物の上に押さえ盛土を造成した場合、トンネル掘削時に伏流水として沢水をすべてトンネル内に引き込むことが懸念される。また、ソイルセメントは通水性の高い材料であるため、ソイルセメントによる押さえ盛土内部を湧水が浸透し、トンネル掘削時の切羽の自立を困難にする。

② ソイルセメントの品質確保

伏流水のある中でソイルセメントによる押さえ盛土の施工を行った場合、ソイルセメント中の水セメント比が極端に高くなり高品質なソイルセメントを構築できない。

③ 崖錐層への沢水の浸透

沢部右側に存在する厚く脆弱な崖錐層に沢水が浸透した場合、斜面そのものが不安定になるとともに、含水比の高い崖錐層が切羽に出現した場合、切羽の保持は極めて困難になる。

④ 現場打ち側溝の不等沈下誘発

将来的に沢水を流下させる現場打ち側溝は平面的にトンネル直上を斜交して、土被り1.35mで横断することから、トンネル掘削前に現場打ち側溝を構築した場合、トンネル掘削の影響で側溝に不

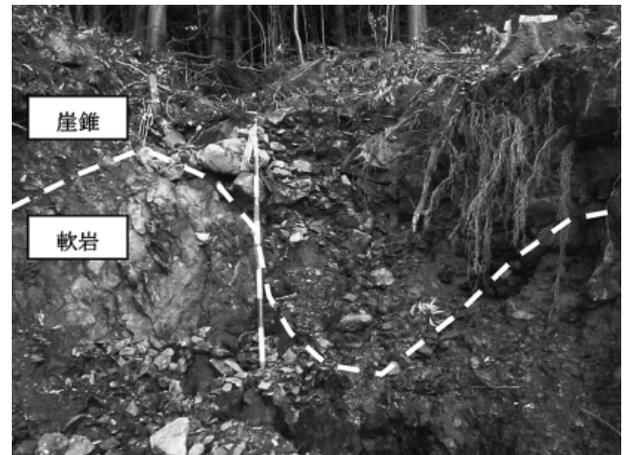


写真-2 沢部左側河床状況

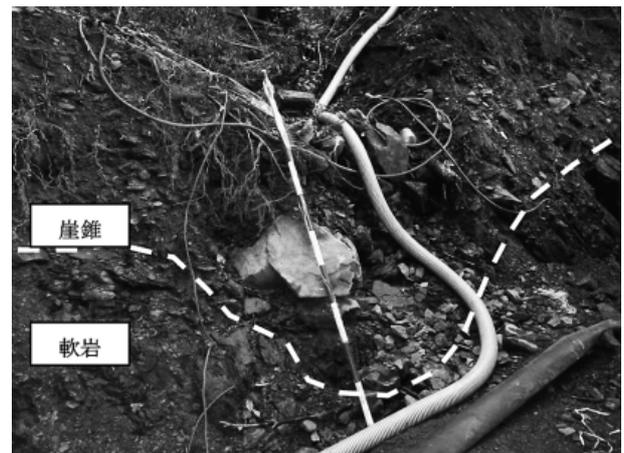


写真-3 沢部右側河床状況



写真-4 崖錐層状況

等沈下を発生させ、破損する恐れがある（図-2 参照）。

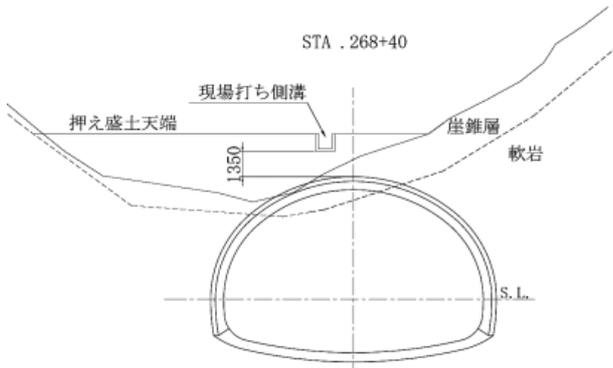


図-2 現場打ち側溝横断面部における断面図

3. 対応策の検討

確認された課題の対策として、トンネル掘削完了までの間、沢水を迂回させる事とし、沢の合流点付近に止水壁（無筋コンクリート）を構築し、仮設排水路（土側溝+防水シート）により流下する計画とした。

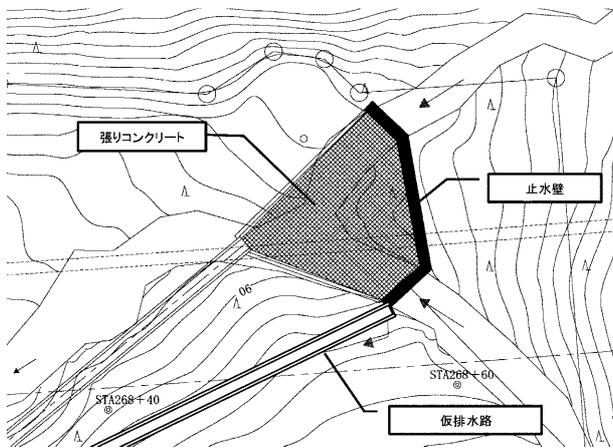


図-3 止水壁設置計画平面図（当初）

止水壁は、後に構築する張りコンクリートと干渉しない様、上流側面に接する平面配置として計画したが（図-3 参照）、後に以下の問題が確認され、①の対策として崖錐を取り除き止水壁を岩着させた場合、沢部右側において、止水壁が未買収用地を侵してしまう事が確認された。

① 沢部の両側には崖錐層が堆積しており、この部分を完全に岩着させないと沢水が押え盛土内

へ浸透してしまう。

② 二筋の沢の合流点付近に、一部用地未買収区域が存在する（図-4 参照）。

こうした現地の条件から、止水壁の平面形状はトンネル軸に直行する方向に一直線状となる砂防ダム形状が有効であり、止水壁の設置位置は用地に余裕のある STA.268+55.4 が最適と考えられた。

なお、ソイルセメントは遮水性がないため、止水壁を押え盛土の天端高まで構築し、止水壁の一部を切り欠き、この部分から沢水を下流側に仮排水する構造とすることが最適なものと考えられた。

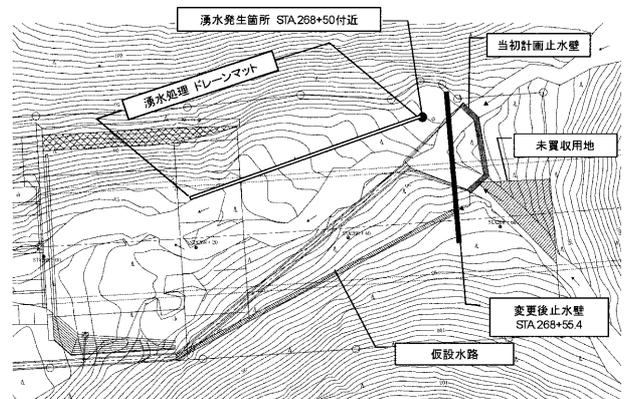


図-4 止水壁計画平面図（変更）

一方、STA.268+55.4に止水壁を構築した場合でも、これより坑口側においても側方の法面から湧水が観察されていることから、ソイルセメント施工に支障のないように、これらの湧水をトンネル断面外に導水する構造とすることが、トンネル切羽面の安定につながるものと考えられた。

以下の写真-5に STA.268+50付近の湧水状況を示す。



写真-5 STA.268+50左側湧水状況

4. 適用結果

止水壁の平面配置見直しにより、未買収用地を侵すことなく、崖錐部を完全除去し、止水壁を軟岩部に岩着することができ、高い止水性を確保することが出来た。併せて、ドレーンマットによる、擁壁下流側の斜面から発生する湧水のトンネル断面外への導水も十分機能することが出来、ソイルセメントによる押え盛土を、無水の状況下で高品質に造成することができた。

その結果、トンネルの初期掘削においては、切羽の上部に安定したソイルセメントが出現し、坑口から止水壁直下までの37m間において、切羽からの湧水はほとんど観察されなかった。

以上の対策と効果から、初期掘削における切羽の状況は比較的安定した状態であり、止水壁を越え完全に地山内にトンネルが被るまでの42m区間を、実稼動21日という順調な速度で施工することが可能となった。また、この間の地表面沈下は最大で28mmと満足できる数値であった。

なお、沢部に設置した止水壁については、全面軟岩まで掘削を行うことができたが、坑口側の一部において斜面の形状から一部崖錐層を撤去できない部分が生じた（図-5の右肩部参照）。この箇所に対しては、AGFおよび注入式フォアパイリングの補助工法を追加することで対応した。

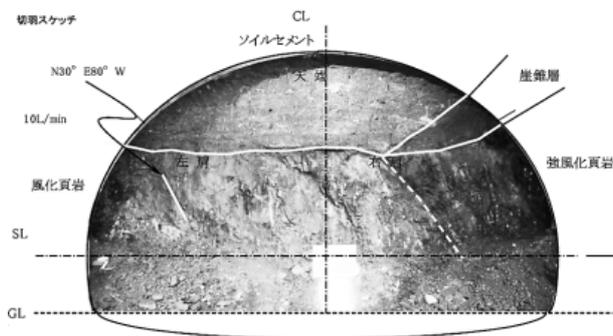


図-5 T.D.12m切羽状況

以下の写真-6に止水壁構築状況、写真-7に押え盛土施工状況を示す。



写真-6 止水壁構築状況



写真-7 押え盛土施工状況

5. おわりに

本事例は、二筋の沢の合流点の、土被り薄い地形の直下にトンネル坑口が配置された特殊な設計であるといえる。また、坑口上部においては用地境界が狭く、対策の立案に困難をもたらした。

このような厳しい条件下において、河床の状況や崖錐層の状況を把握し、事前に安定したトンネル掘削を行うために有効な対策を講じることができたため、順調なトンネルの初期掘削を可能にしたものと考えている。

トンネル掘削は、地形や地質および湧水といった、自然との闘いである。特殊な条件や日々変化する切羽の状況に対して、実施工時の状況を予測して、事前に有効な対策を講じて、万全の体制でこの自然に立ち向かうことが非常に重要なことだと考える。