

スコリア層地質のトンネル掘削における湧水対策

西松建設(株)関東土木支社 正会員 ○原島 大 桑原 陽平
西松建設(株)関東土木支社 正会員 奈良 聡 吉永 浩二
西松建設(株)土木設計部 正会員 大谷 達彦
中日本高速道路(株) 東京支社 沼津工事事務所 正会員 丸山 大輔

1. はじめに

新東名高速道路湯船原トンネル工事は、静岡県駿東郡小山町から御殿場市における工事で、上下線各 1,600m のトンネルである。トンネル地層は、火山砕屑物が堆積した未固結のスコリア層となり、全国的に施工事例が少ない。本トンネルの湧水量は、既往の調査結果より上下線合計で最大 250L/min(15m³/h)、20m 区間では水道蛇口 1 箇所分程度と想定されており、濁水処理設備の規模は、発注時は 30m³/h で設計されていたが、実施工では、突発湧水に対応できるよう 60m³/h の設備を導入していた。しかし、現在上下線各 1,000m 掘削時点の湧水量は、想定を超えて約 400m³/h(最大 460m³/h)となり、濁水を合計 460m³/h、清水(pH 調整)を 100m³/h 処理できる設備に増設している。本稿では、上述の地質におけるトンネル掘削時の湧水対策について報告する。

2. 工事概要、地質概要

工事名 : 新東名高速道路 湯船原トンネル工事
工事場所 : 静岡県駿東郡小山町湯船～御殿場市神場
発注者 : 中日本高速道路株式会社 東京支社
工事諸元 : トンネル延長 上り線:1,598m、下り線:1,604m
内空断面積: A=73m²(片側 2 車線)、掘削方式: 機械掘削工法(NATM)

本トンネルは、東と北を丹沢山地、西を富士火山東麓、南を足柄山地とこれに続く箱根火山に囲まれた、標高 300～500m の山間盆地の湯船原台地に位置する。

本トンネルにおける地質縦断面図と水文調査を図-2に示す。地質としては、新富士火山噴出物(YFL)と古期富士火山噴出物(OFL1～OFL4)が分布する。OFL3-2 と呼ばれるスコリア層(泥流堆積物)が主で、事前の調査ボーリングでは、透水係数は $K=10^{-6} \sim 10^{-7}$ m/s で地下水が集水していることは把握していた。



図-1 湯船原トンネル位置図

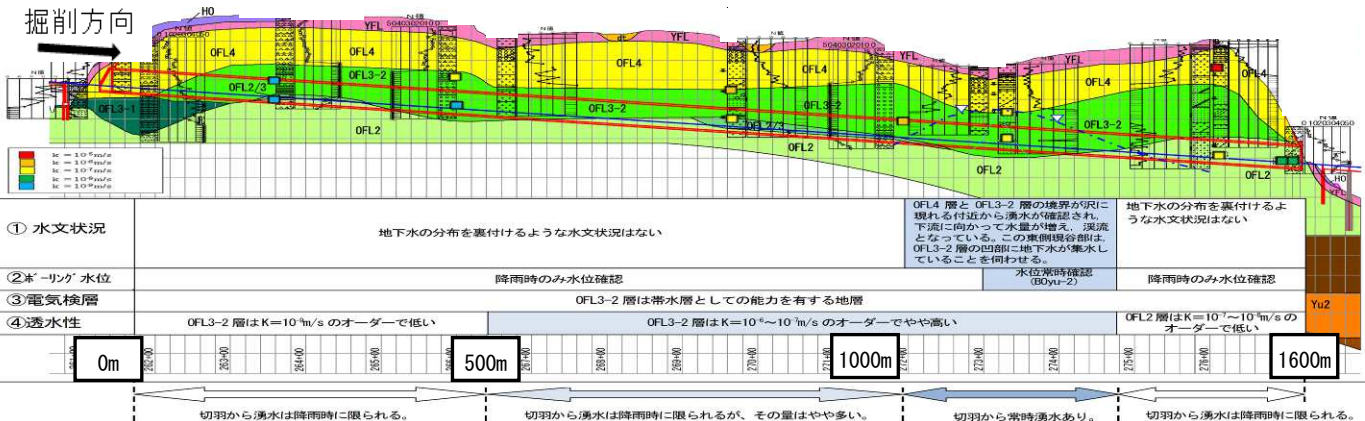


図-2 地質縦断面図と水文調査

3. 課題と工夫

先行して掘削していた下り線の約 900m 地点より、湧水量増加に伴い、切羽の崩壊・地山の流出による空洞発生・土圧の増大・脚部地耐力の低下による変状等が発生した。また、下半盤からの湧水(湧き出し)により、作業効率が低下し、トンネルの施工に大きな影響を与えた。

上記事象に対して、本トンネルで検討・実施した湧水対策工比較表を表-1に示す。

キーワード スコリア、湧水

連絡先 〒410-1326 静岡県駿東郡小山町用沢 1393-5 西松建設(株) 関東土木支社 湯船原工事事務所 0550-88-8820

表－１ 湧水対策工比較表

湧水対策工	排水工法						止水工法	
	水抜きボーリング	坑内水平水抜き調査ボーリング	水抜き坑	横断側溝による釜場排水	ウエルポイント	ディープウエル	注入材をシリカレジンから水発泡ウレタンに変更による止水注入工法	インバート早期施工
比較的良好採用される対象地山	硬岩、軟岩、未固結	硬岩、軟岩、未固結	硬岩、軟岩、未固結	亀裂性硬岩、軟岩、砂質性地盤	未固結	未固結	硬岩、軟岩、未固結	硬岩、軟岩、未固結
施工設備	通常のトンネル機械・設備で施工可能	専用機械・設備が必要 ロータリーバーカッションによる二重管削孔	別途小断面トンネル施工機械が必要	通常のトンネル機械・設備で施工可能	専用機械・設備が必要	専用機械・設備が必要	通常のトンネル機械・設備で施工可能	通常のトンネル機械・設備で施工可能
概算工費 (地質縦断面の地下水位線より、施工延長を900m～1400mの500m区間とする)	14,000 千円	9,000 千円	150,000 千円	2,550 千円	69,000 千円	20,000 千円	シリカレジン: 680円/kg 水発泡ウレタン: 3,400円/kg	0 千円 (追加工費なし)
概算工期	2.3日(55時間) 3～4時間/回(左右2箇所) FS鋼管(STK400, φ76.3) @12m/箇所 (500m/9m=56箇所)	18日(432時間) 72時間/回(1箇所) 集水保孔管(SGP40A L=100m/回)	約10ヶ月 (50m/月進)	5日 6時間/箇所 (@30m/箇所) (500m/30m=17箇所)	約10ヶ月・@0.5m	約1ヶ月 5箇所 (@100m/箇所)	0日 (追加工期延伸なし)	約6ヶ月 (@10.5m/BL:3日) 全線鉄筋区間
	○	○	×	○	×	△	△	○
当該トンネルでの実施の有無	有	有(※写真－1参照)	無	有(※写真－2、図－3参照)	無	無	有(※写真－3、図－4参照)	無(検討中)
当該地山における効果	・集水出来る時もあったが、削孔時に粉が鋼管の口元に返って来ず削孔が困難となった。 ・削孔することで、地山を傷めてしまい、削孔水と共に流砂となって地山が流出した。それにより、鋼管内に集水することができず、坑壁背面に空洞も発生した。	・集水は出来る時もあったが、削孔時に粉が鋼管の口元に返って来ず削孔が困難となった。 ・湧水が集水管から地山の脆弱部に逸走して地山の流出や坑壁背面に空洞や変状が発生した。	-	・下半切羽から約20m以内に下半壁からインバート下面より500mm程(深さ約2m)掘削し、釜場を設置。施工間隔は@20～30m。 ・トンネル掘削が突っ込み施工であったため、坑口から切羽に流れてくる湧水を遮断することで、路盤の泥濘化を防止することができ、且つ切羽側の地下水水位を低下させることで、作業効率や安全性が向上した。 ・下半切羽から30m以上離れることで清濁分離も可能となった。	・実際の湧水量から算出した透水係数Kは解析モデルより、 $K=6.7 \times 10^{-2}(m/s)$ となる。 ・トンネル延長20m区間で1箇所あたりポンプで排出している湧水量60m ³ /hに対してウエルポイントは1本あたり1.2～1.5m ³ /hの集水能力しか無い為、施工数量が膨大となり、作業効率が悪い、湧水量が多い為、地下水水位低下が困難と判断し不採用。	・地表からの施工(アクセスや排水処理設備の設置)ができなかった為、不採用。	・切羽の天端・鏡・側壁の崩落に対して長尺鋼管先受工や長尺鏡補強工・脚部補強パイルの注入材を、シリカレジンから水発泡ウレタンに変更することで、湧水による地山の劣化・緩みを最小限にすることができた。 ・当該切羽でモデル施工を実施し、削孔後の湧水量20L/min以上だとシリカレジンが未反応で流れてしまった為、20L/minを基準にして注入材を選定した。	・湧水管所において本設のインバートを施工することで、湧水を遮断することができ、且つ早期にトンネル変位抑制・地山の劣化防止効果も期待できる。
	×	×	-	○	×	×	○	○
総合評価	△	△	×	○	×	×	○	△



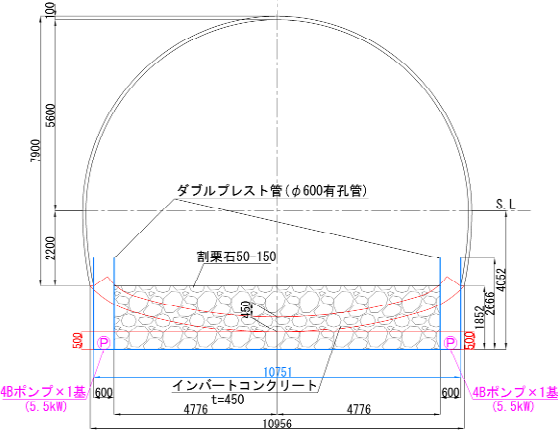
写真－１ 坑内水平水抜きボーリングによる側壁崩落状況



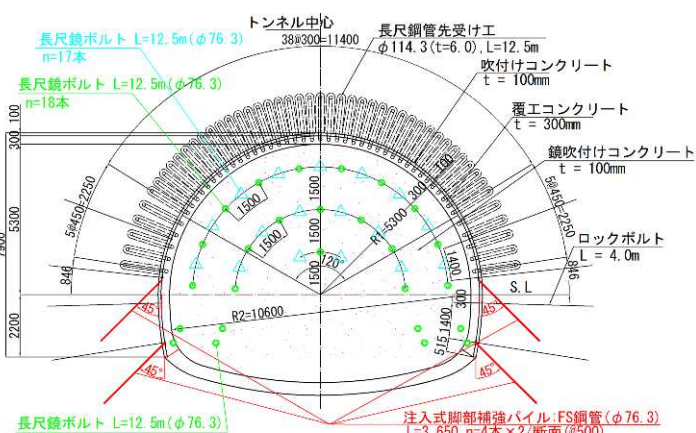
写真－２ 路盤泥濘化状況



写真－３ 切羽崩落状況



図－３ 横断側溝による釜場排水(奥行き 1m)



図－４ 実施支保パターン図

4. まとめ

横断側溝による釜場排水や水発泡ウレタンによる止水注入を実施することで、令和2年3月現在、切羽は上り線を先行しながら約1,150m地点を掘削している。掘削実績により、今後の湧水量は約800m³/hまで達することを想定している。また、インバート施工時の湧水対策が課題となり、これらの施工実績については改めて報告したい。本稿が今後施工される同様の地形・地質条件のトンネル設計・施工を行う上での一助となれば幸いである。