

坑外集水井による鉄道トンネルの地下水低下

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○小林 俊彦 近藤 政弘
正会員 坂本 寛章 村山 光

1. はじめに

集水井による地下水低下は、地すべり対策として実施される事例¹⁾は多いものの、トンネルでしかも供用中のトンネルにおける地下水低下工法として適用することは極めてまれである。今回、鉄道トンネルの抜本的な路盤変状対策として、坑外集水井によるトンネル内の地下水低下を図ることとした。本稿では、これらの設計・施工の概要、施工後の地下水低下状況について報告する。

2. トンネル付近の地形・地質

対象区間付近の地形、地質概要を図-1、図-2に示す。対象区間は標高約 400m 弱のやや急峻な山地の谷間にあり、地質は真砂、強風化花崗岩、風化花崗岩などの花崗岩風化帯である。対象区間の大部分は開削工法で施工されており、また、対象区間からトンネル坑口(東方約 500m)へ向かって 12/1000 の下り勾配となっている。トンネル路盤はインバートを有していないスラブ軌道の路盤・りょう盤コンクリートであり、地下水位が高く、路床は強風化花崗岩であったことから、建設後まもなく噴砂等の路盤変状、路盤沈下が生じたため路盤注入を繰返し実施してきており、抜本的な対策が求められていた。

3. 坑外集水井の計画と設計

図-1 中に示すように、対象区間の谷地点における集水面積は西～北西部分が大きいので、地下水の流入は、これら山側からの水(①)が考えられた。また、開削工法での施工をふまえるとトンネルに沿った水(②)や南方に位置するため池からの水(③)も想定された。一方、花崗岩は割れ目に沿って風化が進んで水みちが生じるため、個々の水みち位置を詳細調査することは困難である。そこで、先に述べた3つの流入パターンを想定し、対象区間の北西位置に集水井を設置、集水効果を確認しながら水平ボーリングを順次施工する計画とした。集水井とトンネルの断面を図-3に示す。井戸掘削の影響がトンネルへ及ばないよう離隔²⁾は約 6m を確保し、また集水井の深さは目標の低地下水位より 5m (最深部の貯水タンク 2m 含む) 深い位置とした。ここで目標とする地下水位は、路盤変状を誘発する過剰間隙水圧が生じにくいよう、少なくともりょう盤コンクリート下端以下まで低下させることとした。集水井はライナープレート+補強リング仕様で、径はパイプ打設の施工性も考慮して 3.5m、最大集水量としては建設当時の記録や集水面積等から 300ℓ/min を計画した。

キーワード 地下水低下 坑外集水井 トンネル

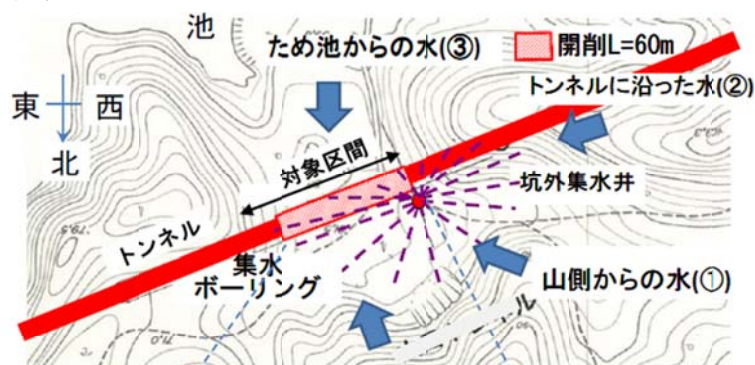


図-1. 対象区間付近の地形 (平面)

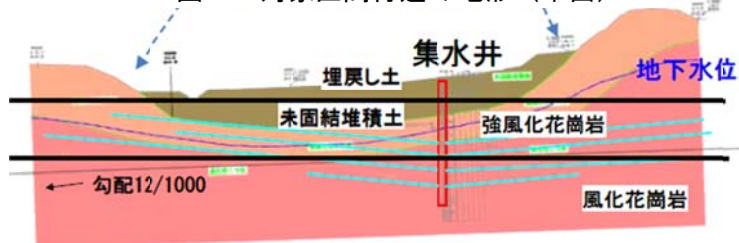


図-2. 対象区間付近の地質 (縦断)

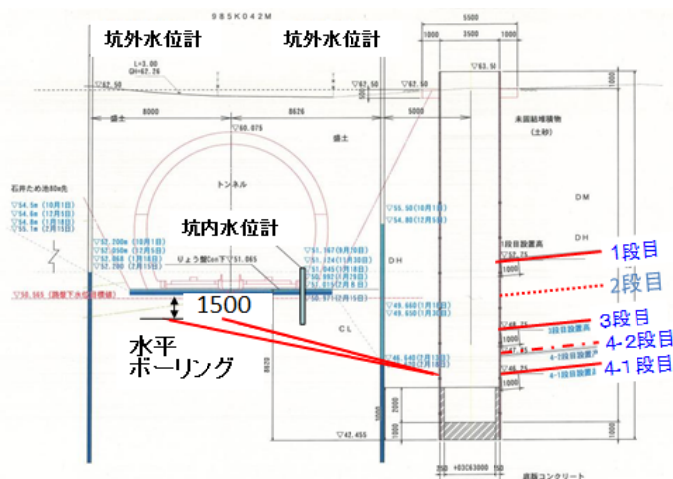


図-3. トンネルと集水井の位置 (断面)

4. 坑外集水井の施工 (写真-1)

集水パイプの施工について、平面的にはトンネルに影響が少ない方向から打設し、徐々にトンネル近傍を集水対象とする順序とし、深さ方向へは、3→4→1 段目の順に打設した(2段目は打設せず)。トンネル部以外への水平ボーリングを施工した結果、3→4 段目までは総集水量が増加したが、その後の1 段目施工ではほとんど変化なく、集水量の範囲も大きくばらついた。この段階でも坑内観測孔の水位は低下したが、目標の水位低下に至らないため、トンネル方向への水平パイプを実施した。その結果、さらなる地下水位低下を確認することができた。なお、ボーリングの仕様はφ90mm の高耐融溶融メッキ鋼管、仰角は 5° である。削孔は比較的容易であり、集水管からの砂粒子の排出は認められなかった。



写真 1. 集水井内からの水平パイプ打設状況

5. 地下水の低下状況

集水効果を評価するために、トンネル坑内の地下水位を測定している。施工前から施工終了後2年間の地下水位状況について、トンネル縦断方向の水位状況を図-4 に、水位のりょう版コンクリート下端からの位置について経時的な変化を図-5 に示す。季節変動はあるものの、対象区間においては、りょう版コンクリート下端以下に低下している。図-5 には降雨量もあわせて示しているが、降雨量が大きいと坑内水位が高くなる関係性は強い。

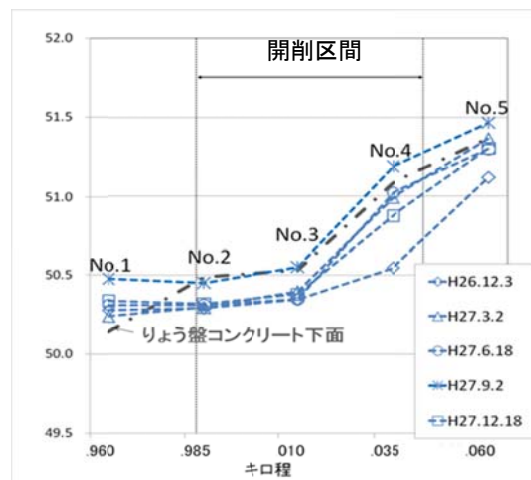


図-4. トンネル内地下水の変化(縦断)

集水井のポンプ積算流量から、施工後2年間の平均流量を算定した結果は320ℓ/minであり、計画の300ℓ/minとほぼ近い値となった。集水パイプ施工と集水量との関係からは、山側からの水(①)以外のトンネルに沿った水(②)の流れの影響があったと考えられる。

6. おわりに

トンネル土被りが小さいなどの幾つかの条件が揃っている必要があるが、

トンネル地下水対策として集水井の活用も有効であり、今後の参考事例となれば幸いである。最後に本計画、実施にあたっては京都大学朝倉教授よりご指導頂いた。誌上を借りて感謝を表します。

参考文献

- 1) 農林水産省：地すべり防止施設の機能保全の手引きー抑制工編ー，平成25年6月
- 2) (公財)鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル，平成7年1月

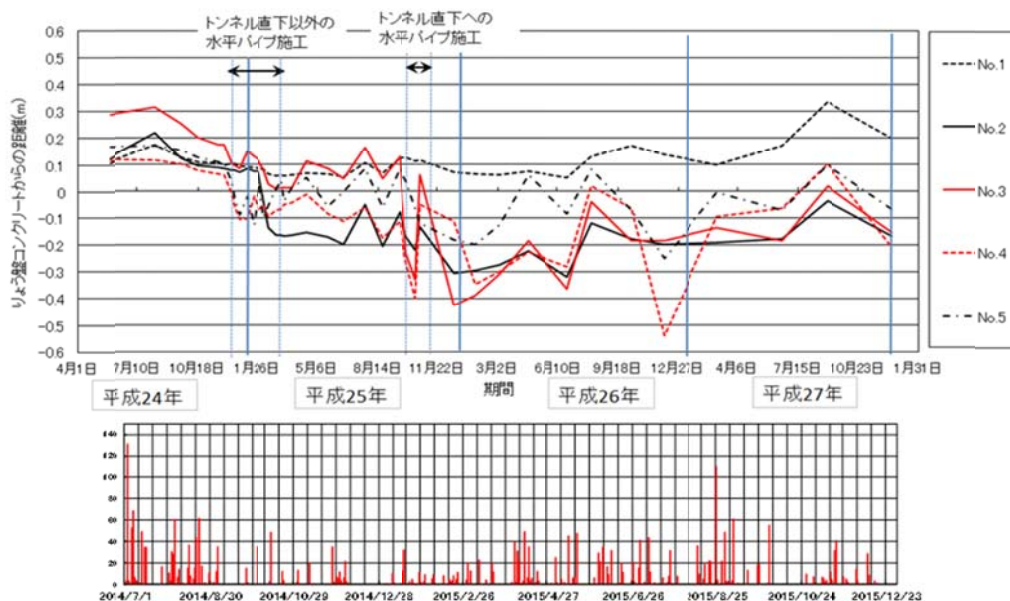


図-5. トンネル内地下水位の変化
(りょう盤コンクリート下端からの経時変化)