

集中豪雨により被災した山岳トンネルを例とした減災設計と施工

(株)オリエンタルコンサルタンツ
(株)オリエンタルコンサルタンツ
(株)オリエンタルコンサルタンツ

正会員 ○吉岡 知哉
正会員 今村 博行
正会員 高根 努

1. はじめに

我が国の土木構造物は、災害に耐えうる性能を求められ、過去の被災履歴を基に規格化され、設計・施工に反映されてきた。しかしながら、近年の常態化・頻発化する異常気象は、規格化された基準では対応しきれない規模の災害にあり、各地で甚大な被害をもたらしている。このような背景から壊滅的な被害を回避し、被害の軽減や迅速な機能復旧といった減災の重要性が高まり、防災中心の考えから減災を基本としたインフラ整備の考えに移行しつつある。

本稿では、標準的な排水構造で施工された山岳トンネルが、記録的な豪雨により排水能力を超過したことによって道路機能に影響(被災)を与えた為、供用期日が迫る中で、最小限の改築と期日内で復旧を実施した減災設計の一事例を報告する。

2. 被災の概要

本トンネルは、最大雨量強度 90.5mm(19.5mm/min)を記録した平成 23 年台風 15 号により、供用間近に控えたトンネルが被災したものである。その内容は、①監査歩廊内の埋戻し材の流出、②監査歩廊舗装、路側排水工の沈下(最大 15mm)、③縁石の傾きという変状がトンネル延長約 300m で発生した。その結果、道路利用者への走行安全性が確保できず、供用開始に向けた早期の機能復旧が求められた。被災時の状況は、覆工コンクリート天端部(検測孔)・目地部や舗装・監査歩廊隙間からの地下水噴出が確認され、地下水位がトンネル天端高さを超過したことが推測された。車道舗装版は、平板測量により検証した結果、変状は確認されず、両側の監査歩廊や路側排水工といった限定された範囲に沈下等が確認された。

3. 被災原因の推察

標準的な山岳工法トンネルは排水構造であり、トンネル周辺の地下水は、覆工背面全周に設置する裏面排水工によりトンネル脚部に集水し、30～50m毎に設置される横断排水工(φ50 無孔管)を介して、中央排水工(φ300 有孔管)から坑外に排水される。事前設計段階では、地山からの湧水量を正確に予測することが困難である為、標準化された構造で設計し、施工時の湧水状況により再設計を行う。しかし、本トンネルは、トンネル延長が短いことから、渇水期のみで竣工した為、

排水構造の強化の必要性評価がなされていなかった。

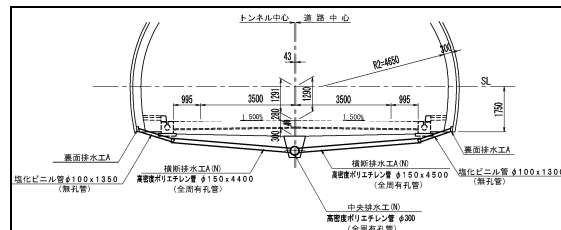


図-1 排水系統概要図

今回の変状は、以下のような要因と推察される。

(1) 地下水位上昇の要因

本トンネルの地質は、亀裂性に富んだ透水性の高い硬岩地山である。また、変状した区間の地形は、道路縦断勾配の下流側に位置しており、トンネル全線の大量湧水が下流側に流下したものと推察される。そのため、標準的な排水能力(φ300)で施工された中央排水工の流下能力を超過し、十分な排水処理が行えなかった為、トンネル周囲の地下水位が上昇し、トンネル天端高さ以上に達したと考えられる。

(2) 埋戻し材の流出および舗装・排水工の沈下要因

中央排水工の排水能力を超えた地下水は、監査歩廊下に流入し、監査歩廊に埋設される設備配管スペース(情報 BOX, 多孔管 BOX)等が「水みち」となり、ハンドホール等のボトルネックとなる箇所から道路面に噴出した。その際に地下水とともに埋戻し材も噴出したため、監査歩廊と路側排水工の沈下が発生したと推察される。(図-2)

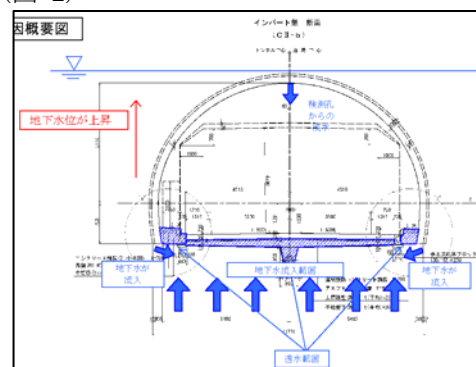


図-2 変状原因概要図

4. 復旧方針と課題

近年の常態化・頻発化する異常気象に配慮し、同規模以上の豪雨が発生した場合でも道路機能に支障を来さないことが必要条件とされた。この場合、既設構造物(舗装・インバート)を改築し、中央排水工の管路経

キーワード 集中豪雨、地下水位、減災設計

〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-18 (株)オリエンタルコンサルタンツ TEL. 06-6479-2138 E-mail: yoshioka-tmy@oriconsul.com

アップや増設することで対処可能であるが、本トンネルは、供用期日が迫っており、供用前の構造物に対する抜本的改築工事を避ける必要があった。この為、既存施設の機能を低下させることなく排水能力向上に利用できるトンネル内のデッドスペースを整理し、同規模の豪雨が発生した場合、道路機能に壊滅的な被害を及ぼさない、被害の軽減と短期間の復旧を可能とする減災対策を提案した。

5. 対応策(設計・施工の工夫)

常時の排水系統は、既往の中央排水工での排水を基本とし、異常出水時の排水系統の改修策を以下に示す。

(1) 横断方向排水機能の増設

異常時の地下水位低下を目的に、裏面排水工下端に設置された縦断排水工(3連管)に水抜き工として有孔管($\phi 100$)を接続させ、標準的な横断方向排水系統 30～50m ピッチの配置を 5m ピッチにすることで排水能力を向上させた。(図-3)

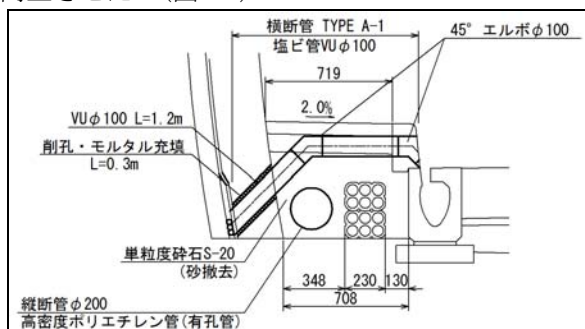


図-3 対策工横断図(水抜き工)

(2) 縦断方向排水機能の増設

1) 監査歩廊スペースの利用

情報 BOX、多孔管 BOX が配置されている監査路下の余剰スペースに高密度ポリエチレン管 $\phi 150 \sim \phi 200$ を配置した。また、それでも流下させきれない場合の埋戻し材の流出防止、増設管への導水を速やかに行うことを目的として、埋戻し材を単粒砕石(S-20)に置換した。

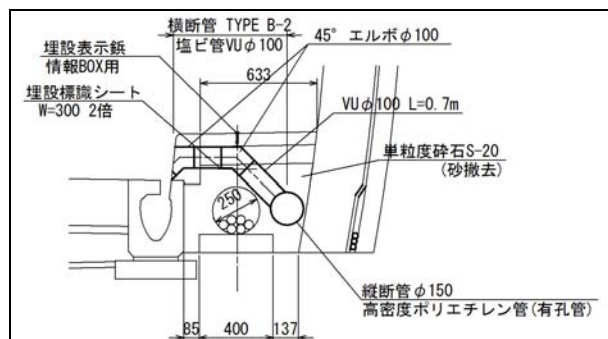


図-4 対策工横断図(情報 BOX 側)

2) 路側排水工の利用

路側排水工は、常時、車両持ち込み水やトンネル内壁の洗浄清掃水の排水として機能する路側排水工をトンネル湧水・地下水の排水能力の強化を目的として活

用する。裏面排水工からの水抜き工ならびに監査路下に増設した縦断管は、情報 BOX、多孔管 BOX を上越し、縁石を削孔することで、路側排水工に流す排水系統とした。

(4) 排水能力の検証

本トンネルに隣接する長大トンネルは、施工期間が長く、出水期を経験しており、施工時に多量湧水が発生し、排水構造の強化(中央排水工の管径アップと増設)が施されていた。本トンネルの改修後の排水能力を検証した結果、長大トンネルと同等の排水能力を有していることが確認できた。ちなみに、長大トンネルは、当該台風でも被災していなかったことから、通水能力の確保としては妥当であると判断できる。



図-5 対策工横断図

6. 今後の異常豪雨へのリスクマネジメント

前述した一定流量までに増設した排水能力により、路面浸水による道路利用者への影響を抑制でき、道路機能の壊滅的な被害を回避できると考える。

更なる想定外の豪雨により排水能力を上回った場合にも、トンネル構造への過大な水圧による変状、破壊(土木構造物への壊滅的な被害)や監査歩廊下への地下水流入による設備機能の損失(設備施設の壊滅的な被害)を回避することができる。しかし、路側排水工を越流し、路面に流出するリスクも想定されるが、道路供用に向けた機能復旧は路面清掃等の短期的な対応であり、容認することとした。

7. おわりに

本事例は珍しい事例でなく、今回と同様に設計・施工時には配慮されず、豪雨地域で同様の災害が発生した際の対応事例としては有用だと判断する。さらに、今後の気候変動に伴い、集中豪雨などによる災害を受ける地域が拡大することも想定される為、これまで集中豪雨などの影響が及んでいない地域においても活用できる技術と考える。

本事例は、供用期日が迫っていた中で、新設した構造物の改修を最小限に抑え、必要な要求性能を満たす対策工を計画することができたことは非常に有意義であった。