

呉線安芸長浜・大乘間で発生した天井川の災害復旧

西日本旅客鉄道株式会社 ○正会員 西脇 博也
白木 隆祐

1. はじめに

2021年7月8日から日本海に停滞した梅雨前線の影響により、鉄道トンネル上部を横断する天井川が増水した結果、河川護岸と落差工の崩壊や河床洗掘が発生し、その近傍直下に位置する鉄道トンネルに影響を及ぼす可能性が考えられた。この環境下において、鉄道の安全運行を確保しつつ復旧工事を実施する必要があった(写真-1, 2)。本稿では、復旧工事の課題と対策について報告する。

2. 被災状況と応急対策

梅雨前線の影響により、被災箇所近傍の鉄道雨量計で、1時間あたり最大54mmの降雨を記録し、列車は運転を停止していた。この降雨により、天井川内において河川護岸と落差工が崩壊し、護岸浸食が発生した。加えて、トンネル坑口付近から土砂を伴った湧水の噴出と覆工部からの漏水が見られた。これらにより、トンネルが力学的なバランスを失い、変形等の変状を来す可能性が考えられた。

応急対策として、河川護岸の崩壊箇所に大型土のう、袋型根固め工およびコンクリートマットを設置した(写真-3)。また、トンネルの変状が進行し、建築限界を支障するような事態が発生した場合においても列車運行の安全を確保するために、当該区間を徐行運転区間に設定した。加えて、変状進行の予兆を捉えるために、運転規制値を超える降雨を確認した際のモニタリングポイントを設定し、監視を強化した。

3. 復旧工事における課題と対策

復旧工事計画にあたっては原形復旧を基本とした。ただし、落差工に関しては、崩壊時にその周囲に及ぼす影響が大きいことから、可能な限りトンネルから離れた位置に計画することとした(図-1)。

復旧工事を計画する際に、以下の課題が生じたため対策と合わせて記載する。

(1) トンネルへの影響範囲の明確化

砂防河川とトンネル覆工との被り厚は30cm程度であるため、応急対策にて設置した大型土のうの撤去や埋め戻し、転圧時に発生する偏圧によりトンネルに影響を及ぼす可能性があったことから、その影響範囲を明らかにすることとした。影響範囲の算定は、死荷重・鉛直荷重・側方土圧を考慮しトンネルに対する土圧の影響



写真-1 当該箇所（被災直後）



写真-2 被災状況



写真-3 応急対策状況

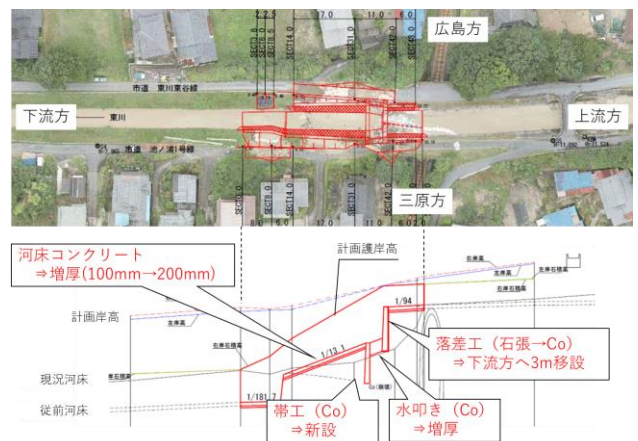


図-1 復旧工事計画

解析照査により行った。その結果、鉛直方向ではトンネル覆工クラウン部背面から 3.76m、水平方向ではトンネル側壁下部から 45 度ラインの範囲内を影響範囲として設定した(図-2)。

対応策として、トンネルに影響を及ぼす範囲は列車を運休させて施工する計画とした。加えて、復旧工事中にトンネルの覆工変位を捉えるため、最も変位が生じやすいトンネルアーチ部に計測機を設置し、自動管理を行う計画とした(図-3・表-1)。なお、管理値については3段階で管理し、管理基準値に達した場合は工事を中断した上で構造物の安全性を確認し、必要な対策を実施する計画とした。

(2)重機使用におけるトンネルへの支障防止

復旧工事中に、重機でトンネルおよび影響範囲を支障しないために、ドローン測量で得た点群データを用いたトンネル位置図(写真-4)を活用し、施工中の場面に応じたトンネル覆工の現地への正確な位置出しを行う計画とした。

4. 復旧工事結果について

①トンネルへの影響範囲に基づき、3.76m まで掘削を行う計画であったが、掘削深 2.2m で良質な真砂土の地盤を確認できたため、整形後に地耐力の確認を行った。地耐力の確認方法は、トンネル覆工への過重の制限で反力となる大型重機械等の設置が困難な状況であったため、簡易支持力試験機を使用した地耐力確認試験を採用した。試験結果としては、許容地耐力の約 2 倍の強度を確保できた。

②重機使用においては、点群データを用いたトンネル位置図を基に支障範囲を現地で明示し、残存する土砂の撤去や落差工の施工中にトンネルに影響を及ぼすことなく安全に施工を完了した(写真-5)。

5. まとめ

本稿では、天井川という特殊環境下の中、鉄道への安全運行の観点から、前述した対策を行うことによりトンネルへ支障をきたすことなく復旧工事を完遂した事例について報告した。得られた成果を要約すると以下の通りである。

- ①土圧の変化に伴うトンネルへの影響範囲を数値解析により算出し、ドローン測量により得られた点群データを活用することで、トンネルへ与える影響範囲を現地に明示した。その結果、重機使用時は影響範囲を支障することなく、安全に施工を行うことができた。
- ②前述の対策に加え、トンネル挙動を確認するために施工中は自動計測を実施した。その結果、変位量を1次管理値未満に抑えることができ、有効な対策を講じることができた。

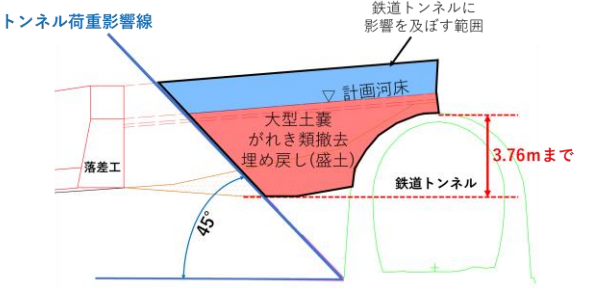


図-2 鉄道への影響を及ぼす範囲

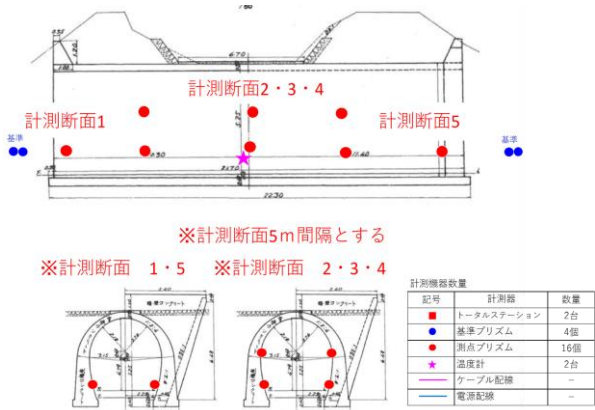


図-3 計測機械工 配置図

表-1 管理基準値

計測値	管理項目	1次管理値	2次管理値	管理基準値
2点間 左右差	軌道横断方向 鉛直相対変位	±4.4(mm)	±5.4mm	±6.4mm
2点間 変形角	軌道縦断方向 鉛直方向	±0.9×10 ⁻³ (rad)	±1.1×10 ⁻³ (rad)	±1.3×10 ⁻³ (rad)
	軌道縦断方向 水平方向	±0.8×10 ⁻³ (rad)	±1.0×10 ⁻³ (rad)	±1.2×10 ⁻³ (rad)



写真-4 トンネル位置図(点群データ)



写真-5 当該箇所 (復旧工事後)