

既設導水路トンネルとの近接施工について

佐藤 寛之* 大林 孝一*
 Hiroyuki Satou Koichi Obayashi
 岩間 史明*
 Fumiaki Iwama

1. はじめに

一般国道19号桜沢改良事業は長野県塩尻市贄川から宗賀をつなぐ約2.1kmのバイパスを整備する事業であり、現道の防災課題箇所の解消を目的とする。このうち、桜沢トンネル工事は贄川から宗賀を結ぶ全長1,498mを施工するトンネル工事である。NATM発破工法で終点側から起点側に向かって施工する。

本工事は、終点側坑口から533m付近において、導水路トンネル直上を交差角度50°、離隔距離19mで通過する。本稿では、この導水路トンネルとの近接施工における課題事項、施工方法について報告する。

導水路トンネルは奈良井川から取水し、塩尻市、松本市等の周辺市村の約28万人の上水をまかなう常時1.0m³/秒の水が流れている。導水路トンネルは昭和58年以前に在来工法にて施工された。

図-1に桜沢トンネルと導水路トンネルとの位置関係図を示す。

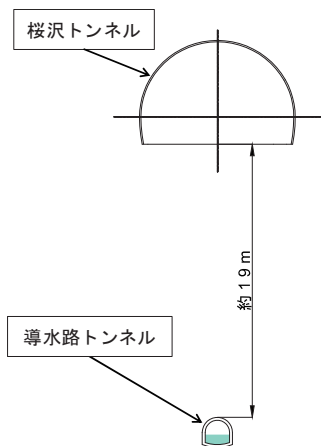


図-1 導水路トンネルとの交差横断面図

2. 導水路トンネルとの近接施工における課題

導水路トンネルとの近接施工における課題事項を以下に示す。

- ① 導水路トンネルの老朽化
 導水路トンネルは30年以上前に施工されており、老朽化によるクラックや漏水が発生している。

- ② 桜沢トンネルと導水路トンネルの位置関係
 桜沢トンネルと導水路トンネルの位置関係から、静的影響および動的影響が懸念され、特に動的影響である発破振動による影響が懸念された。
- ③ 導水路トンネルの供用状況
 導水路トンネル内を通過する水は、松本市および塩尻市等の市村の約28万人分の上水をまかなっており、常時1.0m³/秒の水（水位約70cm）を通水停止することは困難であった。

桜沢トンネル施工にあたり、トンネル掘削に伴う導水路トンネルへの影響が懸念された。そこで、実施工においては、トンネル掘削時の導水路トンネルへの静的影響および動的影響を監視するために、自動計測によるモニタリングを実施した。

3. 対策と実施

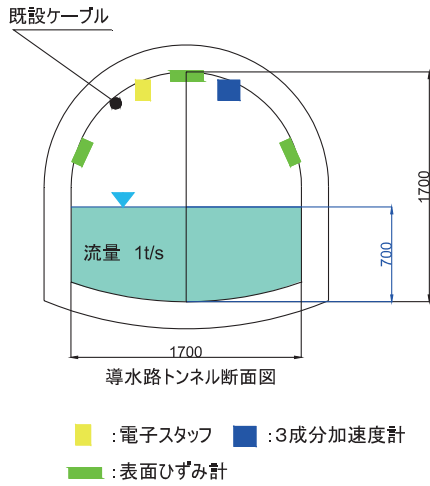
前章に示した課題事項について、以下の対策を実施した。

- ① 導水路トンネル内に、電子レベル、表面ひずみ計および3成分加速度計を配置し（表-1、図-2）、計測値を事務所にてリアルタイムで確認できる体制を構築した。
- ② 導水路トンネルは、通水停止できなかったことから、安全対策を計画して、通水状態のまま、ゴムボートを使用して導水路トンネル内に入坑し、計測機器を設置した。
- ③ 静的影響の許容値は、導水路トンネルの天端沈下20mm、内空変位40mmとした。動的影響は、発破振動の許容値を4kineと設定した。なお許容値は関係要領・基準等の資料および過去の実績を参考にして設定し、現場管理値（管理レベルⅢ）は、許容値の80%とした（図-3）。
- ④ 計測データをリアルタイムに把握するため、導水路トンネルから現場事務所までの通信を図-4の通りに設置し、発破時の振動計測結果を直ちに現場へ連

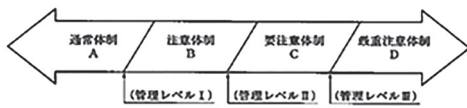
表-1 計測機器設置一覧表

計測項目	測定内容	計測方法	設置断面位置
天端沈下測定	電子レベルにより、覆工の天端沈下を測定	電子レベル、電子スタッフによる自動計測	TD: 275m
			TD: 264m
			TD: 253m
			TD: 231m
覆工ひずみ測定 (内空変位測定)	表面ひずみ計を用いて、覆工コンクリートの増加応力を計測し、計測結果から変位に換算する	データロガー、PCによる自動計測	TD: 275m
			TD: 264m
			TD: 253m
			TD: 231m
坑内温度測定	坑内温度を電気式温度計で測定し、各計測機器の測定値の温度補正を行う	データロガー、PCによる自動計測	TD: 253m
発破振動測定	3成分加速度計を用いて、施工中の発破振動を計測	AD変換器、PCによる自動計測	TD: 344m
			TD: 275m
			TD: 253m
			TD: 231m

* 西日本（支）桜沢トンネル（出）

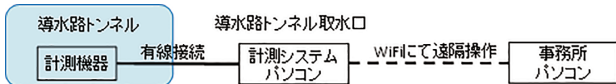
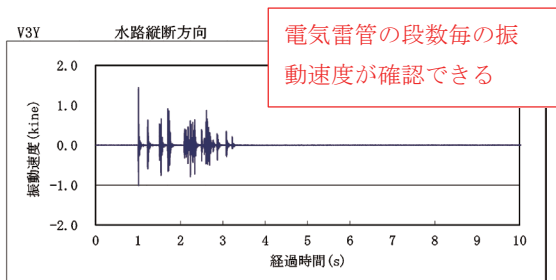


図一 導水路トンネル計測断面図



管理体制区分	通常体制A 管理レベルI未達	注意体制B 管理レベルI以上II未達	要注意体制C 管理レベルII以上III未達	厳重注意体制D 管理レベルIII以上
発破振動 α	$\alpha < 1.6 \text{ kine}$	$1.6 \leq \alpha < 2.4 \text{ kine}$	$2.4 \leq \alpha < 3.2 \text{ kine}$	$\alpha \geq 3.2 \text{ kine}$
天端沈下 β	$\beta < 8.0 \text{ mm}$	$8.0 \leq \beta < 12.0 \text{ mm}$	$12.0 \leq \beta < 16.0 \text{ mm}$	$\beta \geq 16.0 \text{ mm}$
内空変位 γ	$\gamma < 16.0 \text{ mm}$	$16.0 \leq \gamma < 24.0 \text{ mm}$	$24.0 \leq \gamma < 32.0 \text{ mm}$	$\gamma \geq 32.0 \text{ mm}$
施工体制	通常施工	対策工の検討・協議	対策工の実施	施工中断
対応策		発破薬量の確認	発破パターン見直し	掘削工法の見直し

図一 計測管理体制概要図

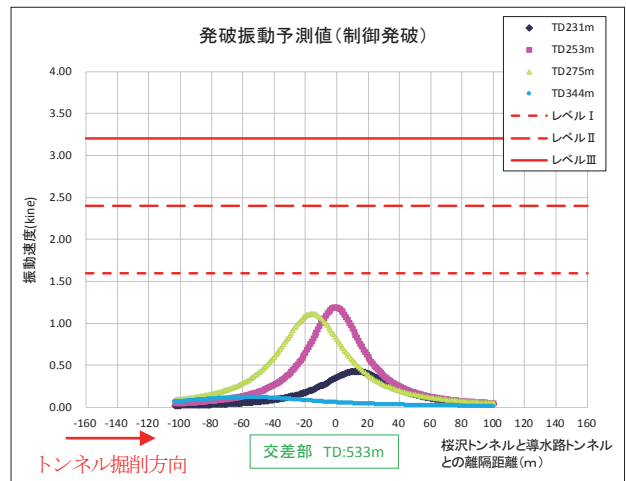


図一 通信体制および発破振動計測結果例

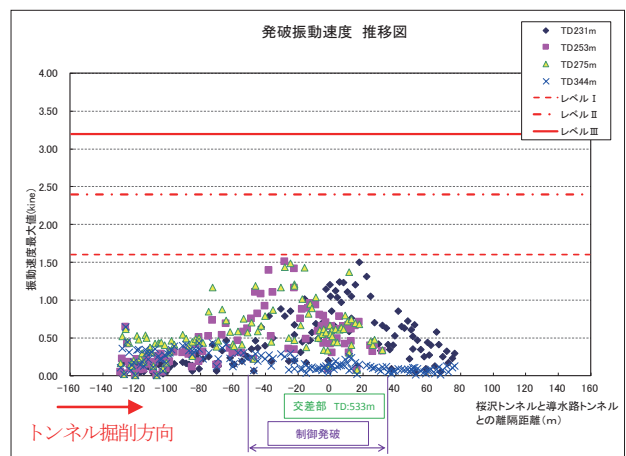
絡して、次掘削時の発破計画（MS 雷管使用段数、1 段あたりの火薬量）に反映した。

4. 成果

導水路トンネルとの近接施工における発破振動の計測結果を図一に示す。発破振動値は、予測値（図一）よりも離隔距離が大きい段階で高い値となった。しかしながら、発破ごとの発破振動値の確認を行い、その情報をフィードバックして、芯抜きに MS 電気雷管を使用するとともに、1 段あたりの薬量を見直しながら施工することにより、管理レベル I を超えることなく掘削すること



図一 発破振動予測値



図一 発破振動計測結果

ができた。

5. まとめ

- ① トンネル発破掘削時の導水路トンネルへの発破振動の伝播を抑制するため、リアルタイムに振動波形および変位の監視を行い、その結果を直ちに現場へ連絡して、制御発破対策の MS 電気雷管の段数と 1 段当たりの薬量を調整した。その結果、発破振動および変位量を管理レベル I 以下に抑えることができた。
 - ② 通水停止が困難な導水路トンネル（常時 1.0 m³/秒の上水が通水）であったため、計測機器の設置・撤去方法の計画が重要であった。安全対策、連絡体制を計画して、通水中にゴムボートにて計測機器の設置・撤去を実施した。
- ①および②の対策を行った結果、桜沢トンネル掘削の影響による導水路トンネルの変状は確認されなかった。

最後に、本報告が今後の工事の参考事例となれば幸いです。