

既設導水路トンネルとの近接施工における発破振動影響対策

西松建設(株)西日本支社 正会員 ○佐藤 寛之
西松建設(株)西日本支社 大林 孝一
西松建設(株)西日本支社 岩間 史明

1. はじめに

一般国道 19 号桜沢改良事業は、現道の防災課題箇所の解消を目的として、長野県塩尻市贅川から宗賀をつなぐ約 2.1km のバイパス整備である。このうち桜沢トンネル工事は、贅川から宗賀を結ぶ全長 1498m のトンネルを NATM 発破工法で施工した。

本工事では、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および施工時の発破振動影響等の対策について報告する。

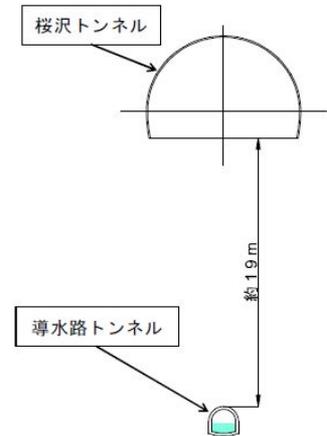


図-1 導水路トンネルとの位置関係図

2. 導水路トンネルとの近接施工における課題

導水路トンネルは、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、昭和 58 年以前に在来工

法にて施工されたものである。導水路トンネルとの近接施工において以下の課題が懸念された。

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

導水路トンネルとの離隔距離が 19m と近接しており（図-1）、静的影響および動的影響が懸念され、特に動的影響として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

導水路トンネル内は常時 1.0m³/秒の水（水位約 70cm）が流れており、通水を停止することは困難であった。トンネル施工にあたり、掘削に伴う既設導水路トンネルへの影響が懸念されことから、実施工においては、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. モニタリングによる対策

前述の課題に対して、まず以下の監視体制を整えて対応した。

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、通水を停止することができなかったことから、安全対策を施して、通水状態のまま、ゴムボートを使用して計測機器を設置した。

③ 静的影響の許容値は、天端沈下 20mm、内空変位 40mm とした。動的影響の許容値は、発破振動 4kine と設定した。現場管理値（管理レベルⅢ）は、許容値の 80 パーセントとした（図-3）。なお、許容値は関係要領・

表-1 計測機器設置一覧表

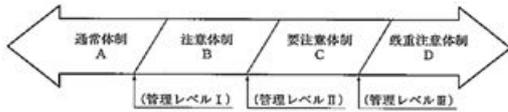
| 計測項目 | 測定内容 | 計測方法 | 設置断面位置 |
|---------------------|--|---------------------|---------|
| 天端沈下測定 | 電子レベルにより、覆工の天端沈下を測定 | 電子レベル、電子スタッフによる自動計測 | TD:275m |
| | | | TD:264m |
| | | | TD:253m |
| | | | TD:231m |
| 覆工ひずみ測定 (内空変位測定) | 表面ひずみ計を用いて、覆工コンクリートの増加応力を計測し、計測結果から変位に換算する | データロガー、PCによる自動計測 | TD:275m |
| | | | 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 |

キーワード 近接施工, 制御発破, 情報化施工

連絡先 〒540-8515 大阪府大阪市中央区釣鐘町2-4-7 西松建設(株)西日本支社土木部 TEL06-6942-1190

基準等の資料および過去の実績を参考にして設定した。

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体制を図-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。



| 管理体制区分 | 通常体制A 管理レベルI未滿 | 注意体制B 管理レベルI以上II未滿 | 要注意体制C 管理レベルII以上III未滿 | 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-3 計測管理管理値および体制

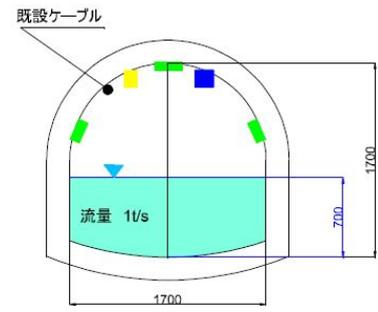


図-2 導水路トンネル計測断面図

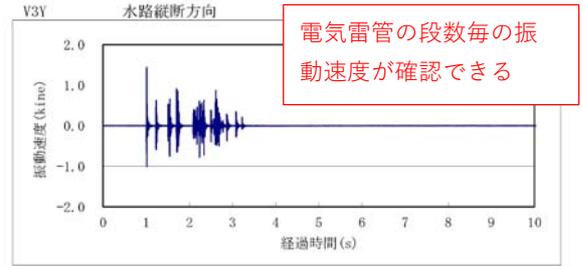


図-4 通信体制および発破振動計測結果例

4. 施工時における対策

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-6に示す。発破振動値は、予測値(図-5)に比べて交差部から離れた位置で大きな値が確認された。そこで、発破ごとの発破振動値の確認を徹底した。その情報をフィードバックして、芯抜きにMS電気雷管を使用した制御発破を採用するとともに、段数および1段当たりの薬量を見直しながら施工した。その結果、管理レベルを超えることなく掘削することができた。

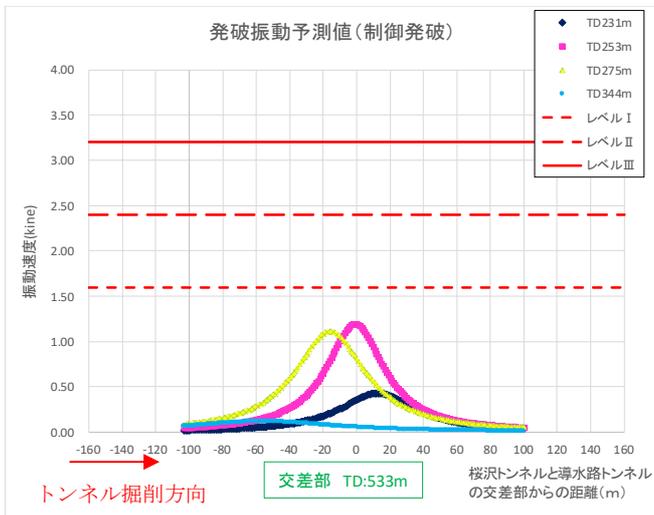


図-5 発破振動予測値

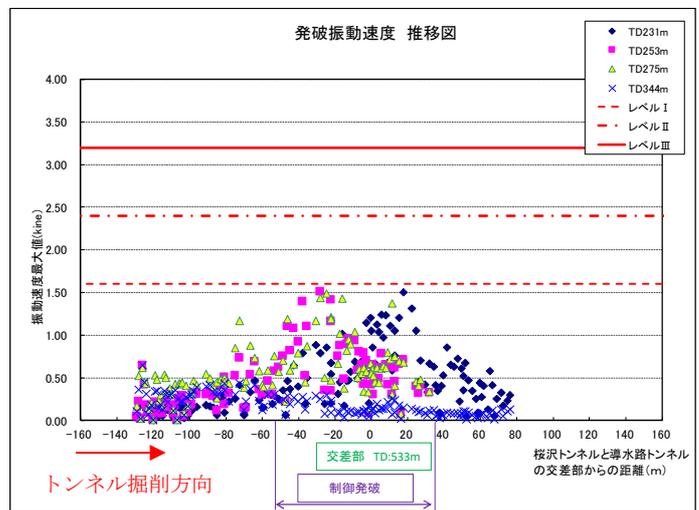


図-6 発破振動計測結果

5. まとめ

- ①トンネル発破掘削時の導水路トンネルへの影響を抑制するため、リアルタイムに振動波形および変位の監視を行った。計測データを直ちに現場連絡して 制御発破の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であったため、安全対策・連絡体制を綿密に計画し、ゴムボートにて通水中の計測器の設置・撤去を行った。計測結果をフィードバックする情報化施工を実施して対応した結果、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。本報告が今後の参考となれば幸いである。