

川端トンネル工事における各種取組技術の紹介

宮坂建設工業株式会社 岡 本 雅 之

1. はじめに

国営かんがい排水事業「道央用水地区」(図-1)は、北海道を代表する穀倉地帯である石狩平野の南部に位置する6市5町にまたがる農業地帯の水田・畑に対して、安定的なかんがい用水を確保するために、新規水源として夕張川上流に夕張シューパロダムを建設し、頭首工や揚水機・用水路等の整備を通して、農業経営の安定・地域農業の振興に資することを目的としている。地区の主要施設である道央注水工は川端ダムにて堰上げた水を夕張川から千歳川及び安平川に流域変更する施設であり、川端ダムから延長約31km、最大流量18 m³/sにも及ぶものである。

川端トンネルは、昭和37年に建設された既設トンネル(写真-1、図-2)を拡幅(一部区間は新堀)する延長806.0m、完成断面積17.2 m²の水路トンネルで、地質は川端層と呼ばれる中新世海成層の、主に砂岩・泥岩・礫岩の互層で構成され、いわゆる堆積軟岩の部類に含まれる。又、図-3に示すように切羽天端が既設トンネルの掘削天端とほぼ同じであることから、ゆるみが発生している可能性も考えられる地山であった。

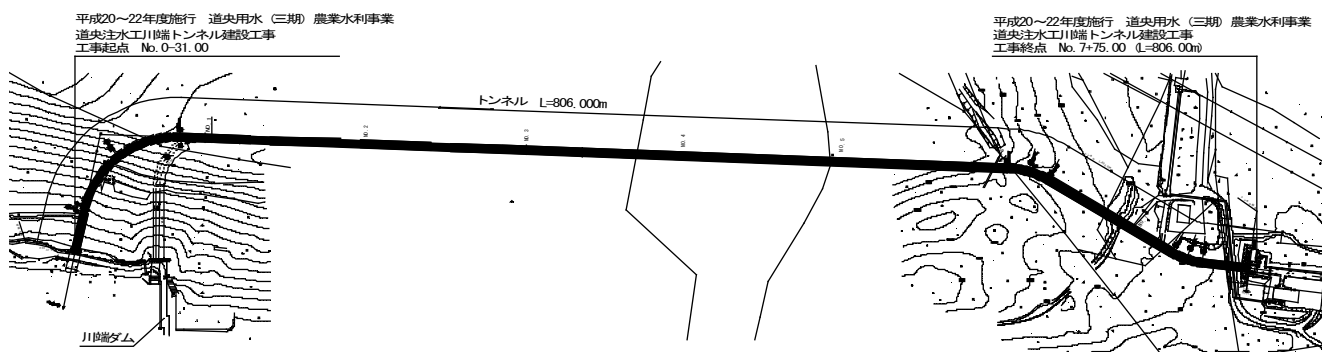
トンネル工事を進める中で仮設備・施工方法等様々な取組みを行ってきた。本報告は、それらの取組みのいくつかを紹介するものである。



地区位置図



写真-1 着工前(既設トンネル)



2. 工事概要

工事名：道央用水(三期)農業水利事業

道央注水工川端トンネル建設工事

発注者：北海道開発局 札幌開発建設部

工 期：自 平成 20 年 9 月 2 日

至 平成 23 年 3 月 15 日

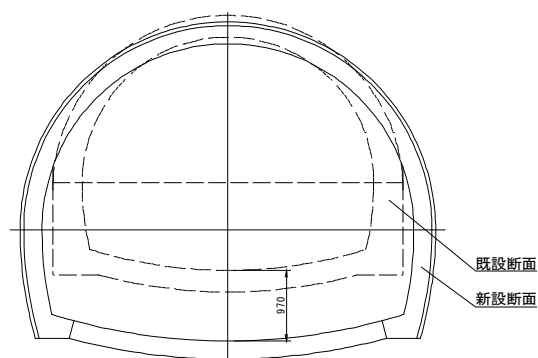
トンネル延長：L=806.0m

完成断面積：A=17.2 m²（内既設トンネル 10.6 m²）

工 法：NATM（発破掘削、機械掘削）



写真－2 工事区域写真

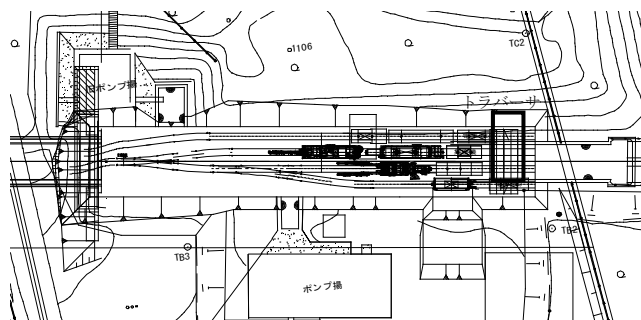


図－3 既設トンネルとの位置関係図

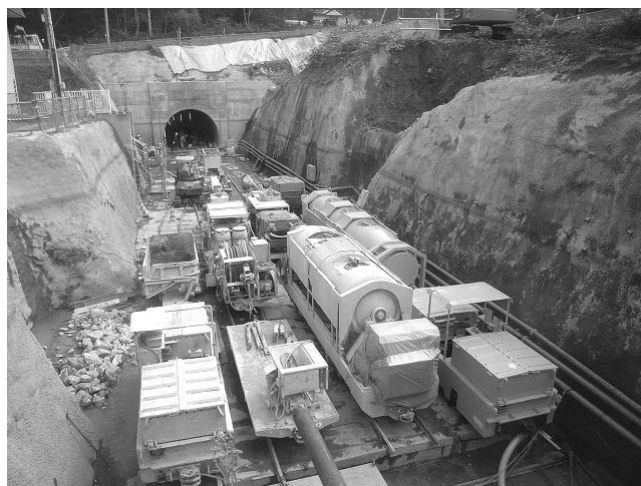
3. 坑外設備の工夫

3-1 坑外軌道設備の工夫

川端トンネルは供用中の導水路であるため、既設の設備を極力維持することが必要であり、**図－4**に示すように狭く掘込んだ作業ヤードに軌道設備を設けなければならなかった。そこで、掘削機械を収納できるよう坑外軌道は4線とし、牽引用の電車はトラバーサを用いて横移動で入れ替えることで、軌道長の短縮を図った（**写真－3**）。



図－4 坑外軌道設備配置図



写真－3 トンネル機械配置状況

3-2 坑外軌道設備の防寒囲い

施工時期が厳寒期の冬期であるため、坑外軌道設備の養生・除雪等の作業に時間を要する事となる。

そこで、**写真－4**のように坑外軌道設備を養生囲いで覆う事により、これらの対応に要する作業時間を軽減すると共に、安全性・良好な作業環境の確保に繋がった。

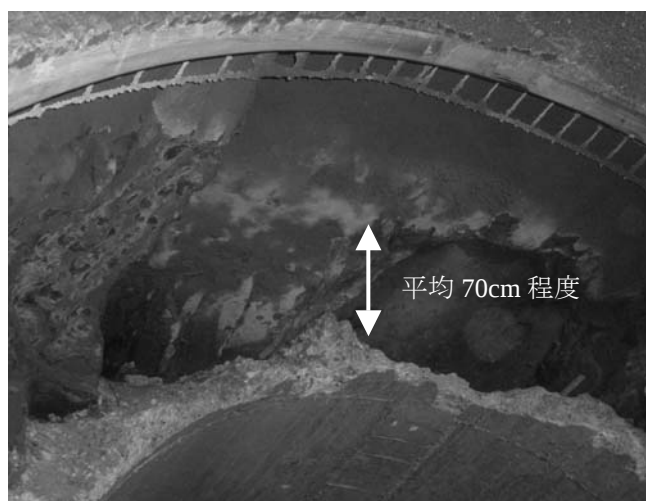


写真－4 坑外軌道設備養生囲い

4. トンネルアーチ部の空洞対策

既設トンネルは、昭和 37 年に建設されたものであり、経年変化による老朽化等によりトンネル背面に空洞化が見られ、特にアーチ部では長年にわたり湧水の影響を受け岩盤の軟弱化が進行し、ゆるみ領域の拡大も推測された。

写真－5のように掘削当初より天端付近の剥離・抜け落ち(平均空洞高 0.7m 程度)は縦断的に連続して発生していたが、終点坑口から 104m 付近で既設トンネル上部の岩盤が緩み、崩れた岩砕がトンネル上部に載っている状況が発見された。この空洞は最大で 4m もの高さを有していた(写真－6)。



写真－5 常時発生していた天端の空洞

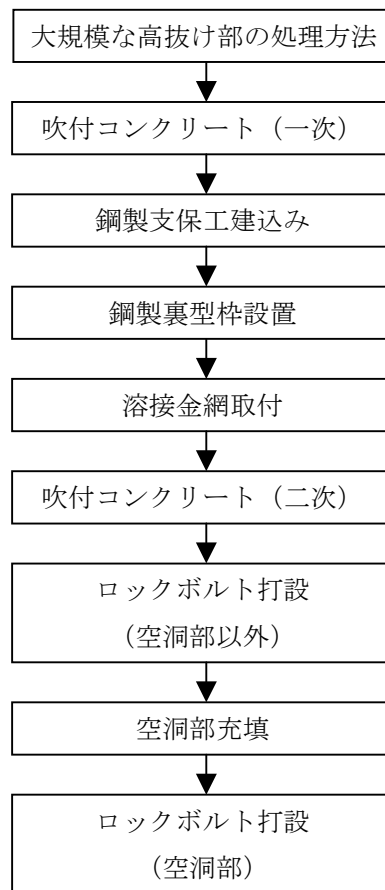


写真－6 大規模な空洞

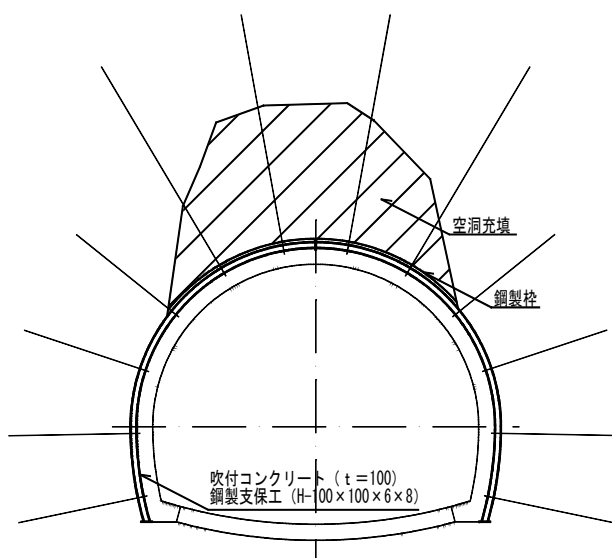
この空洞をコンクリートで充填した場合、自重により覆工コンクリートに余分な荷重がかかり構造上好ましくない。

このため、重量を抑え、ある程度の強度を期待でき

る充填材で充填する方法を選定した(図－5、6、写真－7)。充填材の選定にあたっては、材料の比重、強度、現場条件(湧水状況等)及び施工性と経済性を考慮し可塑性グラウト材を充填材として選定した。



図－5 大規模な空洞部処理方法フロー図



図－6 大規模な空洞処理完成イメージ図



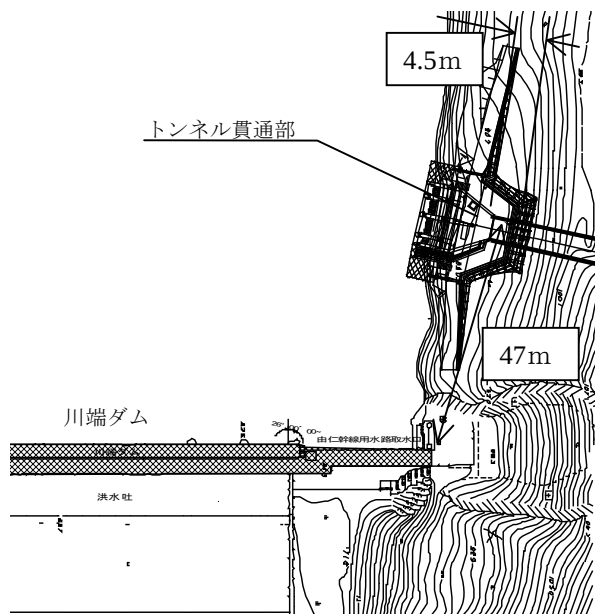
写真－７ 鋼製裏型枠設置状況

５．トンネル貫通部における発破振動対策

５-１ 検討対象保安物件

トンネル貫通部には重要構造物の川端ダムがあり、発破振動等でダムに影響が及ばないよう慎重な施工が求められた。又、当トンネルと接続される施工済みの取水口及び法枠コンクリートに対しても構造物に損傷を与えないように掘削方法について検討を行った。

発破箇所から川端ダム、取水口躯体コンクリート、法枠コンクリートまでの距離は、それぞれ 47.0m、4.5 m、2.5mである（図－７）。



図－７ トンネル貫通部と川端ダム位置図

５-２ 振動速度管理値の設定

一般的に、発破振動では振動速度(cm/s)が、自然地震では変位加速度(cm/s^2)が用いられることから、振動速度(cm/s)の値で計測管理を行った。

コンクリートの破壊限界は一般的に 30 cm/s とされている。検討の結果、

- １）川端ダムに対する管理値として、構造物の重要度を考慮し、振動速度 3 cm/s と設定(安全率 10 倍)。
- ２）取水口・法枠コンクリートに対する管理値として、振動速度 10 cm/s と設定(安全率 3 倍)。

５-３ 振動の抑制方法

管理対象構造物からの距離に応じて、４段階で振動を抑制した掘削を行った。

１）通常発破

- ・ DS 電気雷管を使用。
- ・ 含水爆薬を使用。(爆速 5,500～6,000m/s)

２）制御発破①

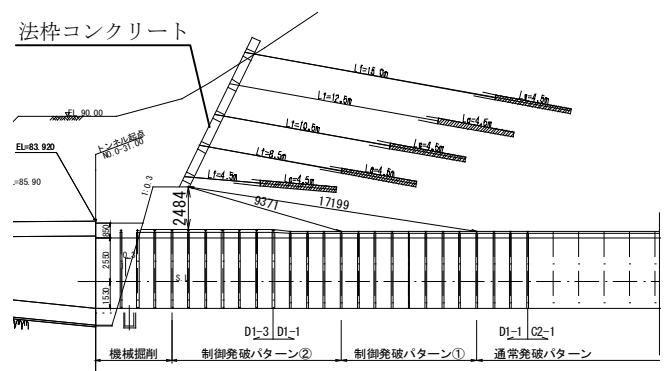
- ・ DS 電気雷管と MS 電気雷管を使用した多段発破。多段発破により１段あたりの爆薬量を少なくすることで、発破振動を抑制する。
- ・ 含水爆薬を使用。

３）制御発破②

- ・ 掘削断面を数回に分割して発破する。
- ・ 制御発破①と同様に多段発破。
- ・ 制御発破用爆薬を使用(爆速 2,000m/s)

４）ブレイカー掘削

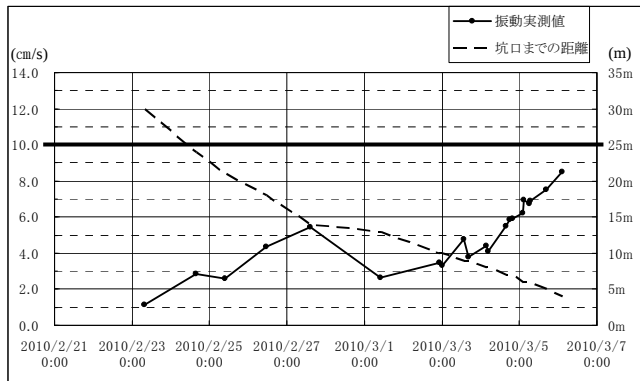
- ・ 600 kg級ブレイカーを使用。



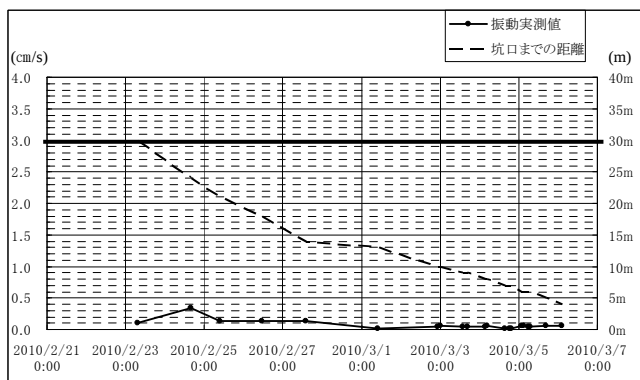
図－８ 振動抑制発破施工位置図

5-4 振動速度測定

制御発破を実施することで、川端ダム付近で最大振動速度 0.3 cm/s、法枠コンクリート部で最大振動速度 8.5 cm/s にまで発破振動を抑制することができ、構造物に支障なく無事貫通を迎えることができた（写真－8、図－9、10）。



図－9 振動測定結果（法枠コン）



図－10 振動測定結果（川端ダム）



写真－8 振動測定状況

6. かんがい期の対応

川端トンネルは供用中のトンネルを拡幅する工事であるので、かんがい期である4月下旬から8月下旬まで農業用水を通水させなければならない（写真－9）。この期間は作業中断となるが、通水に伴いトンネル内・坑外の軌道設備等をその都度撤去する必要がある。又、作業期間が限られていることから、作業再開時に速やかに軌道設備等の仮設備を復旧させる必要がある。

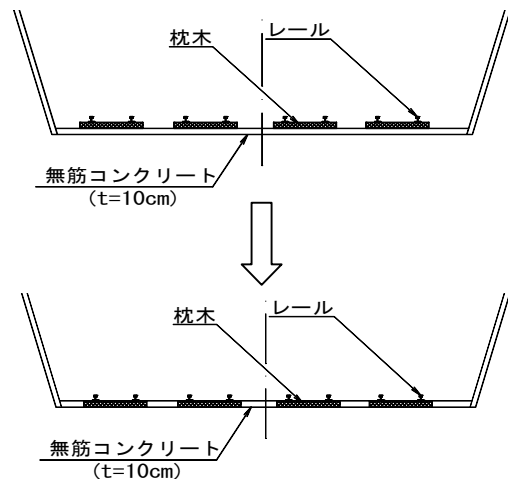


写真－9 かんがい期間 通水状況

6-1 坑外軌道設備の工夫

軌道設備の素早い復旧と、通水時の洗掘防止の両方を目的として図－11 と写真－10 のように枕木をコンクリートで固定した。コンクリートで固定したことで、2度の設置・撤去にも充分耐え軌道の安定が確保された。

又、枕木天端とコンクリート天端を同一にすることで、坑外作業ヤードの段差が解消でき安全性向上の他、作業効率の向上にも繋がった。



図－11 枕木設置図（通常(上)と改善(下)の比較）



写真-10 坑外枕木コンクリート固定

6-2 坑内インバートの工夫

かんがい用水は導水路・ポンプ施設等を経由して農地へと配水される。通水によりトンネル内の岩塊等が洗掘され下流へ流れ込んだ場合、施設を損傷させ営農に影響を与える事が懸念された。

トンネルは掘削工事を先行させていたため、インバート部分が露岩している状態である。そこで、インバートコンクリートを2回打設として、掘削状態で通水する区間は1次インバートコンクリートを打設し洗掘防止を図った。

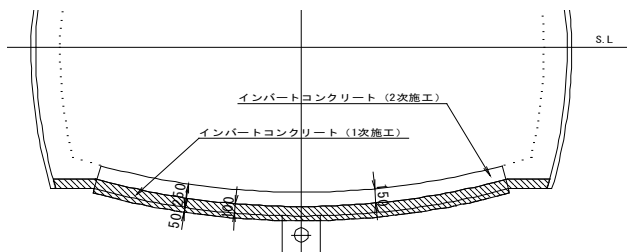


図-12 インバート打設計画図



写真-11 掘削区間通水前

7. その他

7-1 工事通信の配布

川端トンネルは今後数十年の長い間注水工の施設として地元の方々に使用して頂くものであり、地域住民の方にとってもトンネル工事が珍しく興味を持って頂いていたので、工事通信を定期的に配布、トンネル工事の紹介や工事の進み具合などをお知らせした。工事通信を楽しみにされている方も居られ、好評を得ている。

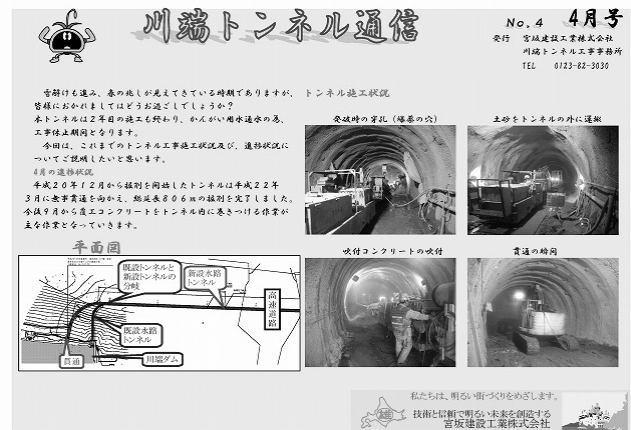


図-13 工事通信

7-2 地域住民との交流

地元の方と交流を深め、工事への理解とイメージアップを図るために、川端小学校の現場見学会を開催した。普段目にする事の出来ないトンネル現場に興味を持ってもらえたと感じている。この小学生が将来このトンネル施設を使用してくれると思うと、より良いトンネルを造ろうと皆で思いを新たにしました。



写真-12 川端小学校の現場見学会

また防災訓練・救急救命講習会を開催し、地元住民の方を招き合同で訓練を行った。終始和やかな雰囲気の中訓練は進み、特に AED の使用方法については理解を得られ、現場に常備していることで緊急時に対応できる体制が作られた。



写真－13 地元住民合同防災訓練

8. おわりに

川端トンネルは供用中の既設トンネルを拡幅し再構築する、過去にほとんど施工実績のない特殊な工事である。高い品質のトンネルを構築し、使用する方々に喜ばれるトンネルを作り上げたいとの思いのもと工事を進めてきた。その取り組みの一部を紹介したが、工事を順調に進められたのは、発注者である札幌開発建設部の方々や、由仁町土地改良区、地元の方々など、多くの関係者の支援があつてのものである。ここに、感謝の意を表す。

工事も残りわずかとなつてきており、最後まで細心の注意を払い、無事故・無災害で完成を迎えたいと考えている。

略 歴

岡本 雅之（おかもと まさゆき）



1971 年 北海道に生まれる
1990年 海道清里高等学校卒業
1992 年 北海道測量専門学校卒業
1991年 宮坂建設工業株式会社入社
土木部に勤務
現在に至る