

# 水路トンネル拡幅工事における施工事例

札幌開発建設部 札幌南農業事務所 ○池上 大地  
鎌田 弘幸  
有安 建也

川端トンネルは、国営かんがい排水事業「道央用水（三期）地区」において、夕張川から千歳川及び安平川に流域変更を行う道央注水工の一部として施工される延長806.0mの拡幅・新設を行う水路トンネルである。

本報は、水路トンネル拡幅工事における掘削工法、アーチ部の高抜け部（空洞）処理等の施工事例を紹介するものである。

キーワード：事例紹介、施工

## 1. 概要

国営かんがい排水事業「道央用水（三期）地区」は、北海道を代表する穀倉地帯である石狩平野の南部とこれに隣接する勇払郡に位置する6市5町にまたがる農業地帯に対して、安定的な水田用水と畑地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、新規取水のための頭首工や揚水機、用水路等の整備を通して、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し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 $18\text{ m}^3/\text{s}$ にも及ぶ導水路である。

道央注水工は、地形条件及び経済性などから施設構造を管水路、函渠工、水路トンネルなどに区分しているが、川端ダム頭首工から約800mは夕張川左岸の丘陵地を貫くため水路トンネル構造としている。川端トンネル工事は、昭和37年に建設された既設トンネルを拡幅（一部、新掘）する工事であり、過去にほとんど施工実績のない特殊な工事である。

本報は、水路トンネルの拡幅工事における掘削工法、アーチ部の高抜け部（空洞）処理等の施工事例を紹介するものである。

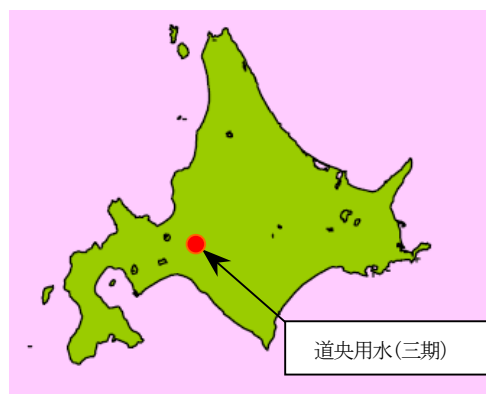


図-1 地区位置図

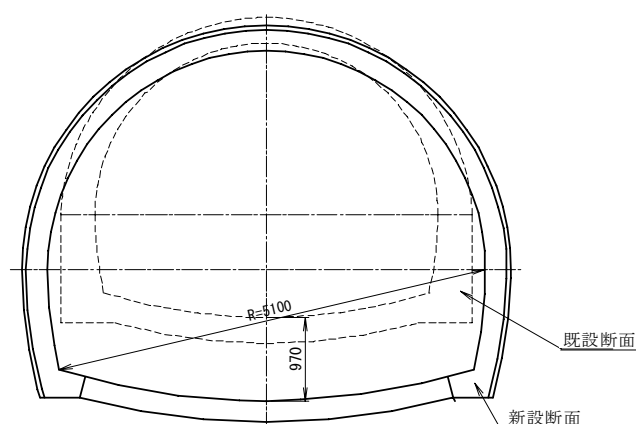


図-2 既設トンネルとの位置関係図

## 2. トンネル拡幅工事の検討

本トンネルは施工規模（内空直径5.1m）からNA TM工法を採用している。

### (1) 当初の考え方

本トンネルの掘削工法は、地山岩盤の強度から施工性、安全性を総合的に判断し、機械掘削（ブレーカー）を選定した。

### (2) 掘削工法の変更

本トンネル工事は、既設トンネルを掘削するため、既設トンネルを利用しない非かんがい期（9月～3月）に施工を行うこととなり、3ヶ年かけて工事（国債）を実施する。

初年度、掘削を開始したところ、当初想定していた岩石強度より強固な地山岩盤であったため、掘進速度が低下した。そのため、岩石試験を実施したところ、機械掘削では工期内の施工が困難なことが判明した。ただし、初年度の限られた工期では、工法変更のための準備期間が十分ではなかったことから、2年目となる今年度の掘削開始時に、発破掘削の試験施工を実施し、掘削工法を検討した。

試験名	部位	設計	実施
岩石試験	アーチ	6~20 N/mm <sup>2</sup>	13 N/mm <sup>2</sup>
	サイド		46 N/mm <sup>2</sup>
	インバート		58~121 N/mm <sup>2</sup>

表-1 岩石試験結果表

### ①試験施工の方法

発破掘削による試験施工は、次の事項に留意し段階的に実施した。

- イ. 地山岩盤にゆるみが生じないこと。
- ロ. 地山を過掘にならないこと。
- ハ. 破碎された岩塊が小さい（直径50cm程度）こと。

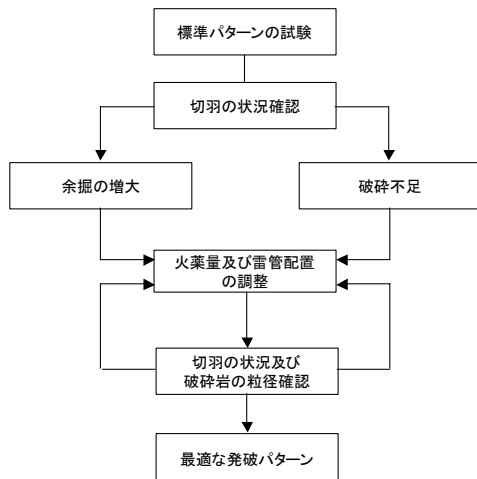


図-3 試験施工フロー図

### ②試験施工の結果

試験施工の結果、火薬量及び雷管の配置を調整し、比較的切羽が厚く地山に影響がない範囲（サイドとインバート）において発破掘削とすることで、当初想定していた地山への影響は回避でき、また、破碎された岩塊の粒径調整ができるためズリ出し等がスムーズとなり、結果、掘進速度が速くなることがわかった。

以上のことから、施工性、経済性、安全性等を総合的に判断し、発破掘削に変更した。なお、アーチ部は切羽が薄いため発破掘削は行わず、補助として機械掘削（ブレーカー）を行う。

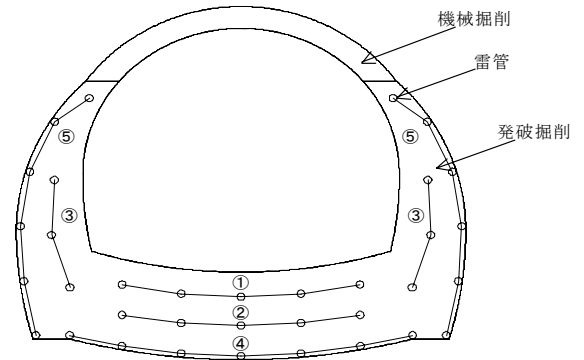


図-4 雷管の配置図



写真-1 発破掘削状況



写真-2 破碎された岩塊状況

### 3. トンネルアーチ部の空洞

#### (1) 既設トンネル背面の状況

既設トンネルは、約50年前の国営大夕張土地改良事業により、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る。

特に、アーチ部は長年にわたり湧水の影響を受けたため岩盤の軟弱化が進行し、縦断的に空洞が連動している。このまま空洞を放置すると、風化の促進や滞水によるトンネル構造への影響が懸念されることから、その処理方法について検討した。

#### (2) 空洞の状況とその対策

##### ① 小規模な空洞（平均空洞高0.7m程度）

###### 【空洞の状況】

比較的小規模な空洞であるが、縦断的に連動している。これは、設計段階のボーリング調査である程度予想していたものである。

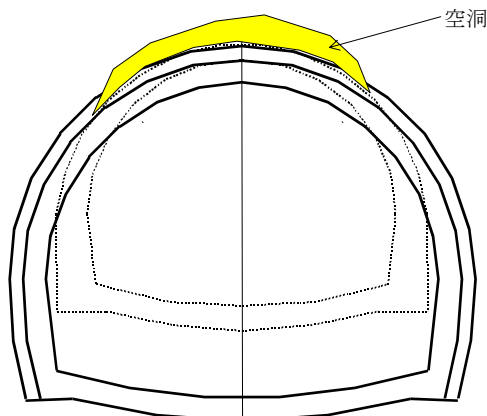


図-5 小規模な空洞イメージ図

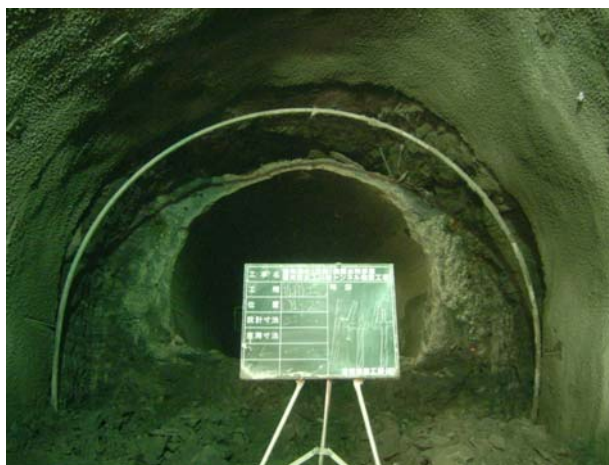


写真-3 小規模な空洞状況

#### 【空洞の処理方法】

小規模な空洞の処理としては、以下の方法が考えられる。

- イ. 吹付けコンクリートを厚塗りする。
- ロ. 覆工コンクリートを厚くする。
- ハ. 充填材（エアモルタル等）で充填する。

検討の結果、施工性、経済性、安全性等を総合的に判断し、覆工コンクリートを厚くする方法を選定した。

なお、鋼製支保工がある場合は、地山と支保工を一体化にする目的から空洞部は吹付けコンクリートを厚くする方法を選定した。

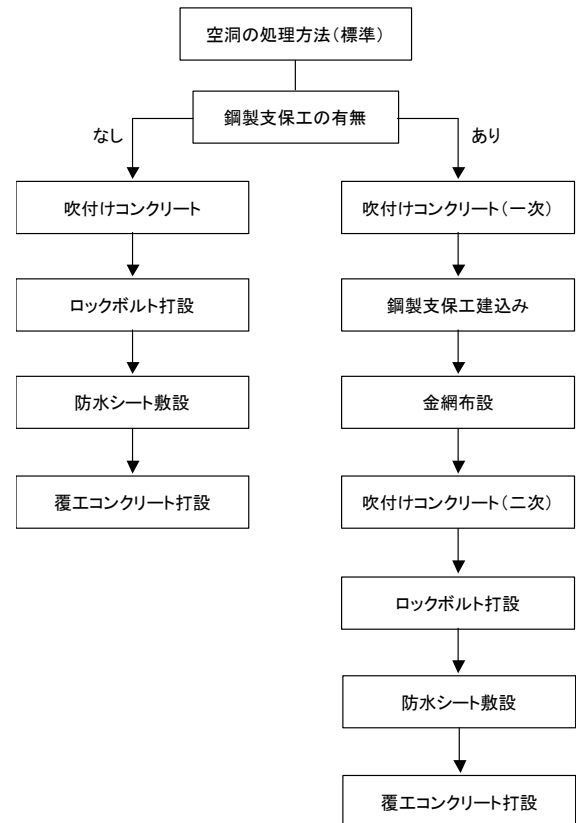


図-6 空洞処理方法フロー図

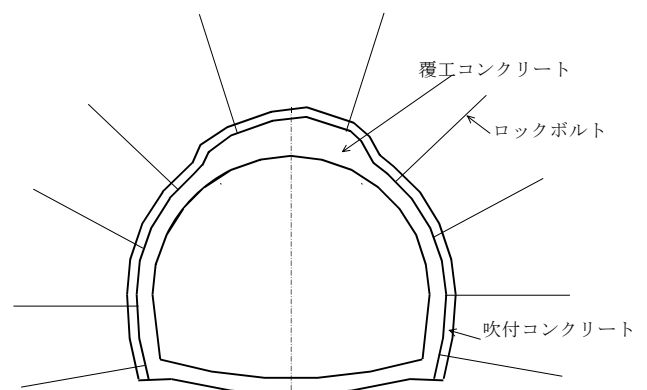


図-7 空洞処理完成イメージ図（鋼製支保工なし）

②大規模な高抜け部（最大空洞高4.0m程度）

【空洞の状況】

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。

設計段階のボーリング調査においては、これほどの大規模な空洞は確認できなかった。

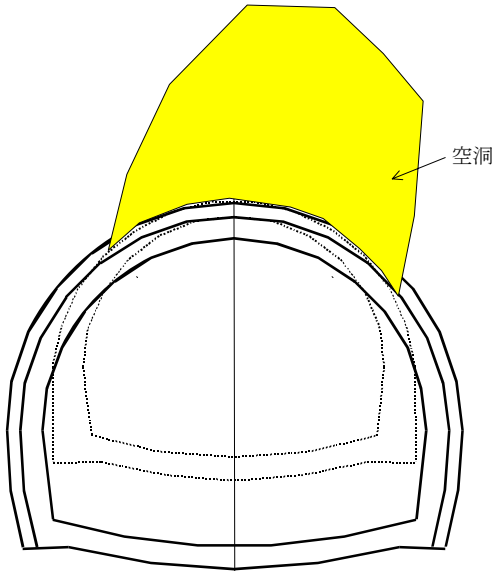


図-8 大規模な高抜け部イメージ図



写真-4 大規模な高抜け部状

【空洞の処理方法】

前項①で述べたように、空洞の処理としては以下の方法が考えられる。

- イ. 吹付けコンクリートを厚塗りする。
- ロ. 覆工コンクリートを厚くする。
- ハ. 充填材（エアモルタル等）で充填する。

検討の結果、イ. 及びロ. は重量が大きく、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、重量が抑えられ、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。

充填材の選定にあたっては、材料の比重、強度、及び現場条件（湧水の状況等）を考慮して選定した。

充填材は、以下の材料が考えられる。

- イ. モルタル
- ロ. セメントベントナイト
- ハ. エアモルタル
- ニ. 急結性懸濁液
- ホ. 可塑性グラウト材

ただし、モルタル、セメントベントナイト、エアモルタルについては、空洞内の湧水による影響で充填不足及び品質が低下する可能性がある。そのため、急結性懸濁液と可塑性グラウト材を比較検討した結果、施工性と経済性により可塑性グラウト材を充填材として選定した。

充填材	急結性懸濁液	可塑性グラウト
材料構成	主材：セメント 添加材：急結材+遅延材	主材：セメント+ベントナイト 添加材：可塑性材A+B
比重	1.25t/m <sup>3</sup>	1.40t/m <sup>3</sup>
強度	1.5N/mm <sup>2</sup>	1.5N/mm <sup>2</sup>
湧水による影響	影響は極小	影響を受けない
材料単価	47,500円/m <sup>3</sup>	23,300円/m <sup>3</sup>
総合評価	○	◎

表-2 充填材選定表

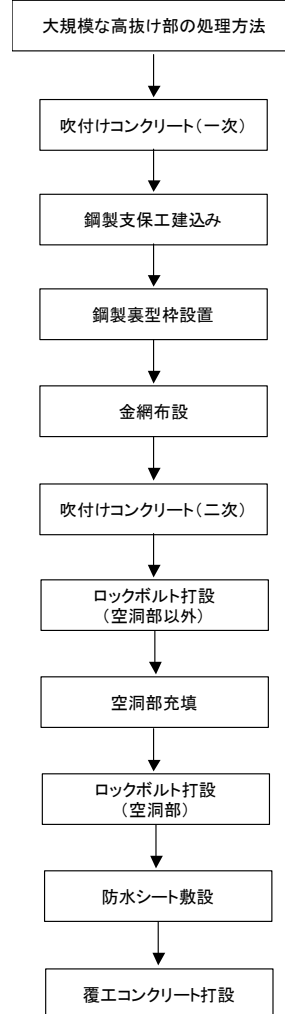


図-9 大規模な高抜け部処理方法フロー図



写真-5 鋼製裏型枠設置状況

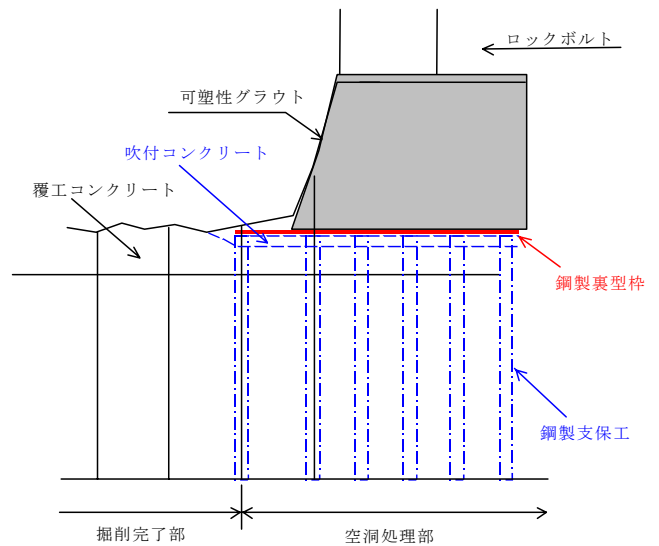


図-11 空洞処理完成イメージ図（縦断面）

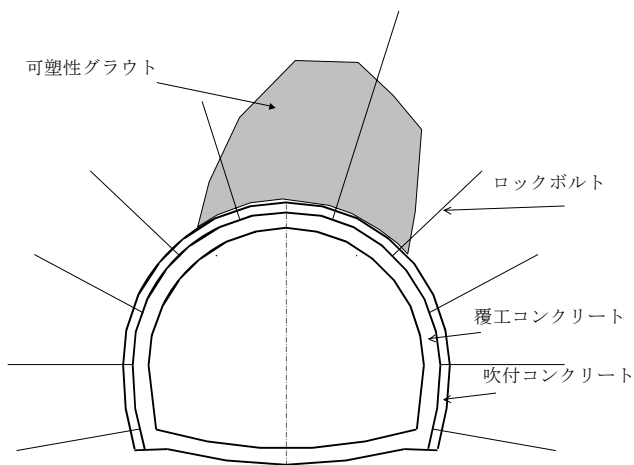


図-10 空洞処理完成イメージ図（横断面）

#### 4.まとめ

川端トンネルは、平成20年度から平成22年度にかけて806.0mのトンネルを拡幅（一部新掘）する計画である。平成21年度までに、拡幅区間である約700mの施工完了を予定しており、現在も施工中である。

本報では、これまでの施工の中で生じた主たる課題である高抜けへの処理方法について、高さに応じて①覆工コンクリートを厚くする、②吹付けコンクリートを厚くする、③充填材で充填する、という3つの処理方法についての報告を行ったが、岩の状況や湧水の有無などの現場条件や空洞の大きさに応じて処理方法は変わってくるため、他現場での高抜け処理の際には、注意が必要である。なお、今後、空洞処理を行った区間については変状の有無などについて確認を行い、安全性の確認を行いたい。