

新猪ノ鼻トンネルにおける連続ベルトコンベアシステムによるトンネル掘削ズリの搬出について

香川河川国道事務所 工務第二課 高橋 加奈子
香川河川国道事務所 建設監督官 阿部 浩之
香川河川国道事務所 工務第二課 橋本 高明

一般国道32号猪ノ鼻道路 新猪ノ鼻トンネル(仮称)では、トンネル掘削断面が比較的小さいなかで、「安全性・効率性の向上」「坑内環境の改善」を目的に連続ベルトコンベアシステムによるトンネル掘削ズリの搬出を行っている。本稿では、平成27-31年度 新猪ノ鼻トンネル工事で採用している連続ベルトコンベアシステムの現場適用における課題と対策、現時点までの施工効果について事例報告する。

キーワード 安全性向上 効率性向上 坑内環境改善 連続ベルトコンベアシステム

1. はじめに

一般国道32号は、香川県高松市を起点に徳島県西部を經由して高知県高知市に至る四国の主要幹線道路であり、沿線地域の日常生活を支える重要な路線である。このうち、猪ノ鼻峠は見通しの悪い急なカーブや坂道が多く、交通事故が多発するほか、大雨による通行止めや冬季の積雪など、多くの課題を抱える交通の難所となっている。これらの問題を解消するため、猪ノ鼻道路 延長8.4kmの整備をすすめている。

当工事は猪ノ鼻道路のうち、香川県と徳島県の県境を跨ぐ全長4,187mの新猪ノ鼻トンネル(仮称)の香川県側にあたる2,803mを含む延長2,900mの道路新設工事であり、NATM工法(New Austrian Tunneling Method)によるトンネル掘削を行っている。

本稿では、中断面トンネルの掘削において採用した連続ベルトコンベアシステムによるトンネル掘削ズリ搬出の概要とともに、現在までの施工効果について報告する。

2. 工事概要

工事名：平成27-31年度 新猪ノ鼻トンネル工事

工期：平成28年 2月 2日～平成31年 8月30日

工事内容：

掘削延長	L=2,803m
掘削工法	NATM工法、発破工法
内空断面	A=54.02m ²
岩種	砂岩、頁岩



図-1 工事位置図

3. 施工条件

本工事の坑口は、国道32号に接しており、現道を迂回させて工事施工ヤードを確保している関係でヤードが狭く、仮設備の配置や掘削ブリの仮置き場の確保などに工夫が必要であり、また、トンネル掘削断面が約60m²程度と比較的小さく(図-2)、さらに、延長が2,803mと長いため、施工機械の選定や坑内運行方法についても検討が必要であった。

4. 連続ベルトコンベアシステムによるズリ搬出

(1) タイヤ方式でのズリ搬出における課題

NATM工法における施工手順は、「削孔・装薬」→「発破」→「ズリ搬出」→「1次吹付け」→「支保工建て込み」→「2次吹付け」→「ロックボルト打設」を1サイクル作業として、この一連の作業を繰り返し実施する。前記のうち、「ズリ搬出」について、当初設計ではタイヤ方式でのズリ搬出を採用しているが、実施にあたっては以下a)～d)課題の解決が必要であった。

a) 建設市場での労働力不足問題

掘削の進行に伴って、サイクル確保のために坑内ズリ運搬ダンプ及び運転する作業員の増大(最大4名)が必要である。事前にダンプ及び作業員の増大時期を検討し、建設市場における労働力不足の中で、その時期にあわせた人材確保が必要となる。

b) トンネル路盤の維持管理

路盤損傷の主要因はズリ運搬ダンプの走行である。比較的脆く、湧水の影響で泥濘化する頁岩では特に路盤損傷が著しいと想定されるため、不良路盤に起因する車輛の故障・パンク等による効率性の低下を防ぐべく、良好な路盤確保のための日常的な維持管理が求められる。

c) 掘削の進行によるサイクルロス

掘削延長が長くなると1サイクルにおける所要時間に影響を与えるのが掘削ブリの運搬である。通常はダンプの増大や坑内仮置きで対応するが、狭い限られた空間の中で実施可能なサイクルロスを無くするための対策を行う必要がある。

d) 安全性の確保

重機・車輛のすれ違い、掘削進行に伴うダンプや作業員の増大が考えられるが、その中でも安全性を確保するための工夫が必要である。

(2) 連続ベルトコンベアシステムの採用

前記課題に対する対策として、本工事では、連続ベルトコンベアシステムによるトンネル掘削ブリの搬出を採用した。本システムでは、ズリ出しダンプの運行が無いこと、前記課題の解消及び坑内環境の改善が期待できる。他にもサイクルロスの解消に有効と言われている、ベッセルダンプ方式の採用についても検討したが、タイヤ方式と同様、ダンプの運行があるため課題の解消には至らず、本工事では不採用としている。

ただ、連続ベルトコンベアシステムはタイヤ方式と比較して坑内外に大型の設備が必要になる。一般的な設備配置をトンネル掘削の最先端である切羽側から順に列挙する。

① 自走式クラッシャ (図-3、図-4)

掘削ブりを細かく破碎する機械。

② 連続ベルトコンベア (図-3、図-4)

トンネル掘削ブりを坑内から坑外まで運ぶ設備。

③ テールピース台車 (図-3、図-4)

ベルト位置の調整を行うための機械がついた台車。

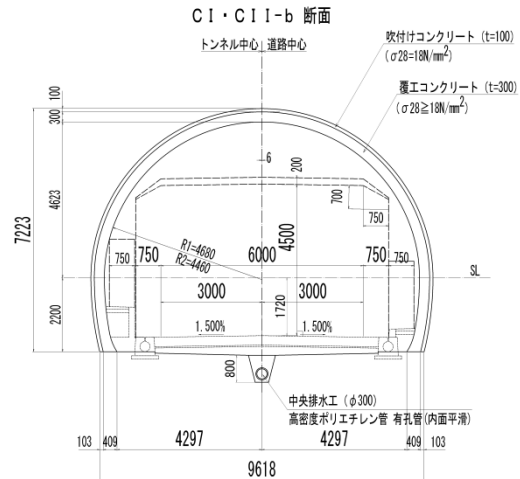


図-2 トンネル標準断面図

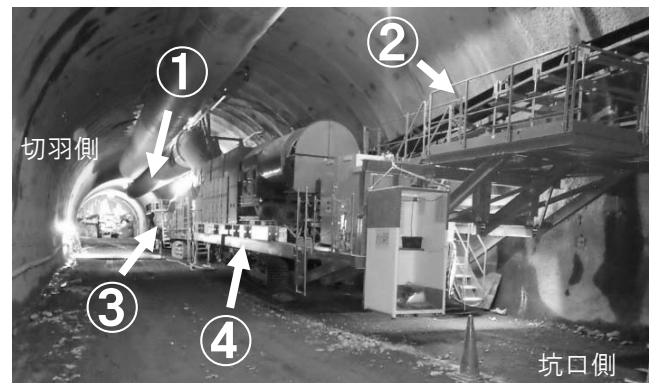


図-3 坑内設備配置

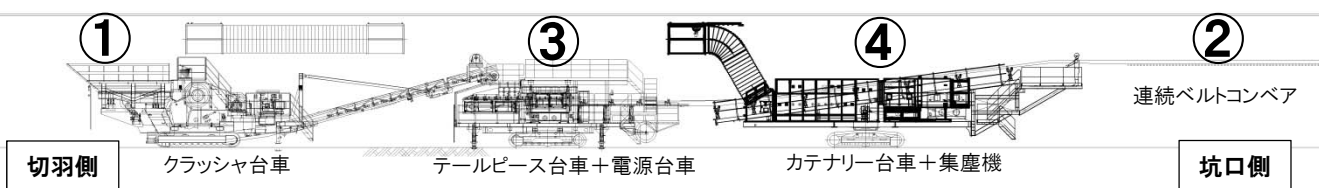


図-4 連続ベルトコンベアシステム配置概要図

④カテナリー台車 (図-3、図-4)

ベルトの高さを変えるための台車。ベルトを上移動する上げ台車と下に移動する下げ台車を使用。

⑤コンベアドライブ (図-5)

連続ベルトコンベアを動かすための装置。

⑥坑外ベルトコンベア (図-5)

切羽から連続ベルトコンベアによって運搬されてきたズリをズリ仮置きヤードへ運ぶ設備。

(3)連続ベルトコンベアシステム現場導入に対する課題と対策

トンネルの施工において、60m²程度の比較的小さい断面での連続ベルトコンベアシステムの使用実績が少ないのが現状である。小さい断面で採用されにくい要因として、設備の配置・運用において以下の課題があるが、本工事にて実施した対策を記述する。

a)課題

- ①坑内での重機・車両のすれ違いが難しい
- ②坑内設備の配置と移動が難しい

b)対策

①通常の設置高さでは、ベルトコンベアが坑内の片側スペースを占有するため、大型機械のすれ違いが出来ないが、切羽近傍に設置したカテナリー台車を使用してベルト設置高さを上に移動することで、3ブームドリルジャンボ、エレクター付吹付け機などの大型重機同士のすれ違いが可能なスペースを確保した。(図-6)

また、ターンテーブルを併用することにより、回転場所の拡幅等を行わずに、大型車輛(アジテーター車等)が坑内で転回出来るようにした。(図-7)

②トンネル掘削における坑内設備として、クラッシャ、ベルトコンベア設備と共に、集塵機・電源台車等が必要である。従来はそれぞれ単独で配置していたため、後続設備の配置延長が長くなる欠点があった。また、ベルト延伸作業時に各々の設備を移動するため、長い作業時間が必要であった。従来、別途電源台車に搭載するトランスやケーブル等の電気設備を、テールピース台車(図-3、図-5_③)に搭載したほか、図-8のように集塵機をカテナリー台車に搭載した。これらの設備一体化により後続設備をコンパクトにし、各台車を自走式とすることで、連続ベルトコンベアシステムの延伸作業時間の短縮を図った。



図-5 坑外設備配置

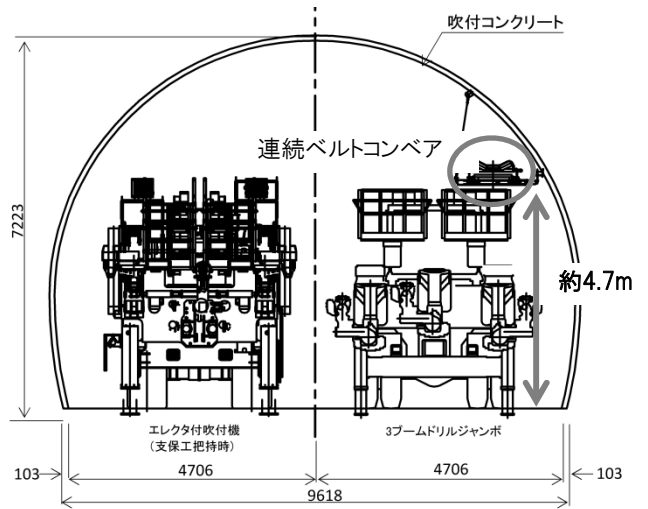


図-6 坑内重機すれ違い図



図-7 ターンテーブル使用状況



図-8 集塵機搭載型カテナリー台車

(4)運用方法

連続ベルトコンベアシステム設備は、トンネルの進捗にあわせて、1週間に2回の延伸作業を行う。1回当たりの延伸長さは15m程度である。ベルトはストレージカセット(図-9)内に最大300mのベルトがストック出来る構造となっており、ストックしてあるベルトを使用して延伸作業を行う。トンネル掘削が進みストックしてあるベルトが無くなる前(進捗が150m程度に達した時)にベルトを切断して新しいベルトの接合作業(加硫作業)を行う。

連続ベルトコンベアは上記作業を繰り返して運用を行っている。

5. 現在までの施工効果

(1)安全性向上

現在まで連続ベルトコンベアシステムにより掘削ブリの搬出を行っているが、稼働時や延伸作業時の坑内合図や、ベルコン下部立入禁止明示、各設備の定期的な点検、坑内走行速度厳守、作業員同士の合図厳守などを継続することで、連続ベルトコンベアシステム導入後も、安全に施工出来ている。

(2)効率性向上

ベルトコンベアシステム導入後、切羽におけるズリ出し作業に要する時間は一定であり、掘削延長が長くなることによるサイクルロスがないため、現在も平均月進100m超えを確保出来ている。また、各台車を自走化したことにより、これまで延伸時に必要であった、移動・微調整に要する時間が短縮され、効率性が向上している。

(3)坑内環境の改善

ベルトコンベアシステムの導入で、ダンプ走行時に発生する排気ガスや粉じん発生が無くなり、坑内環境の改善に役立っている。

6. おわりに

現在も連続ベルトコンベアシステムによりトンネル掘削を実施中である。集塵機搭載型のカテナリー台車を使用するなど、新しい試みを行うことで、これまで躊躇されていた60m²程度の断面においても、連続ベルトコンベアシステムを有効活用出来ることが確認出来た。

ただ、連続ベルトコンベアシステムはインシヤルコストが高く、施工条件によってはタイヤ方式より不利になる。また、設備が増えることにより施工機械の選定や配置計画、坑内運行方法等タイヤ方式と比較して検討項目も多くある。しかし、各現場条件にもよるが、安全性、効率性、坑内環境ではタイヤ方式よりも有利となる項目が多くあり、採用の可否

については総合的な評価が必要と思われる。

この報告が、今回と同様な幅員10m以下の中断面長大トンネル施工において、連続ベルトコンベアシステム採用の参考になれば幸いである。



図-9 ストレージカセット



図-10 掘削部連続ベルトコンベア稼働状況



図-11 覆工部連続ベルトコンベア稼働状況

謝辞: 本稿の作成にあたり、ご協力及びご助言をいただきました、佐藤工業株式会社の皆様に、感謝申し上げます。