

平成22年度

山岳トンネルにおける長距離ベルトコンベアの活用

—道東道黒松内釧路線釧勝トンネルにおけるベルトコンベアの適用事例報告—

帯広開発建設部 足寄道路事務所 工務課 ○山田 真司
山崎 英雄
戸田・熊谷・伊藤特定JV 高橋 和寛

道東道 黒松内釧路線 釧勝トンネルでは、「現場内事故防止」「環境負荷低減」を目的に連続ベルトコンベアによるズリ運搬が入札時に技術提案され採用されている。

本報告は、連続ベルトコンベアの現場適用における課題と対策、現場適用による現時点までの成果について事例報告するものである。

キーワード：現場内事故防止、環境負荷低減

1. はじめに

北海道横断自動車道 釧勝トンネルは、北海道を東西に貫く北海道横断自動車道黒松内釧路線の本別ICから白糠、阿寒を経て釧路に至る国土開発幹線自動車道のうち、十勝支庁と釧路支庁を跨ぐ全長約4,500mの長大トンネルであり、片押しによるトンネル掘削を行っている。

連続ベルトコンベアによるズリ運搬方式の採用にあたっては、一般的なダンプトラックによるタイヤ方式と比較して、工程、安全、環境の面で有利となる設備、体制の確立が課題となる。ここでは、連続ベルトコンベアによるズリ運搬方式の概要とともに、安全対策及びCO₂排出量削減効果を含めた現在までの施工実績を報告する。



2. 工事概要

工事名：北海道横断自動車道 浦幌町 釧勝トンネル工事

工期：平成 19 年 8 月 9 日～平成 23 年 3 月 29 日

工事内容：

掘削延長 L=2,498m (1期工事)

掘削方式 機械掘削方式、発破掘削方式

縦断勾配 0.64%上り勾配



図-1 工事位置図



図-2 連続ベルトコンベア設備概要図

3. 連続ベルトコンベア設備概要

連続ベルトコンベア方式によるずり運搬では、タイヤ方式と比較して坑内外に大型の設備が必要となる。当工事における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と以下のようになる。

①自走式クラッシャー (図-3)

発破により掘削される岩塊を、ベルトに均一に載せるため200mm以下のずりに破碎をする。

②テールピース台車 (図-4)

切羽側のベルトの折り返しとなるテールプーリーを搭載し、破碎されたずりを連続ベルトコンベアにのせる。また、ベルトの蛇行調整機能を有する。

③支承架台 (図-5)

全線にわたり連続ベルトコンベアを支える。形状としてはインバート工、防水工、二次覆工の作業に合わせ、吊チェーン方式、ビティ砕方式、ニーブレス方式の3種類を用いる。

④ストレージカセット

最大380m分のベルトを収納し、テークアップ機能を有する。

⑤メインドライブ

坑内ベルトコンベアの坑口側折り返し並びに連続ベルトコンベアの動力部であるヘッドプーリーであり、リターンベルトの洗浄機能を有する。また、掘削延長が2,700m程度になった時点で中間ブースターを設置予定である。

⑥坑外ベルトコンベア (図-6)

切羽からメインドライブまで運搬されてきたずりを受け、ずり仮置場まで連続的にずりを運搬する。

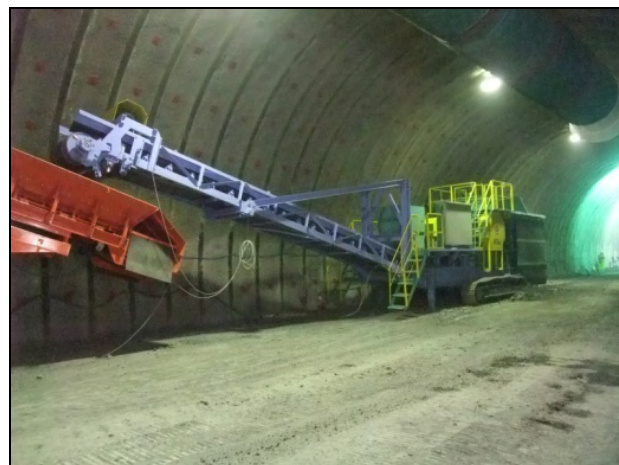


図-3 自走式クラッシャー



図-4 テールピース台車

4. 連続ベルトコンベア方式採用の課題と対策

1) 工程に関する課題と対策

工程に関してはクラッシャー破碎能力、連続ベルトコンベアの搬送能力等の設備面と、トンネルの進行に伴うベルト延伸作業時間を短縮し、トンネル掘削サイクルの中に取り込むことができるかが大きな課題となる。

設備面としては、当トンネルで最大の掘削土量となるCIパターンのずり量である約150m³を1時間で処理可能となる搬出能力を有するように、クラッシャー破碎能力、連続ベルトコンベア搬送能力を決定した。(表-1)

トンネル掘削1サイクルの内、ずり運搬作業完了直後からロックボルト打設完了までに約10mのベルト延伸と無負荷試運転を完了させることにより、2日に1回の延伸作業でトンネルの進行に追従できる方法とした。この方法では、延伸作業回数は多くなるが、1回の作業時間を短くでき、掘削作業に影響を及ぼさずに作業が可能となる。

表-1 設備概要

自走式クラッシャー	連続ベルトコンベア
破碎能力：300t/h (準硬岩～硬岩)	ベルト速度：150m/s
動力：90kw	ベルト幅：610mm
	動力：200kw

2)安全に関する課題と対策

タイヤ方式と比較して連続ベルトコンベア方式では、ダンプトラックによる車両災害は低減されるが、大型設備を坑内外に設置することによる設備と車両との接触災害やベルトコンベア回転部が多くなることによる挟まれ巻き込まれ災害防止が課題となる。

切羽付近における連続ベルトコンベア設備への接触災害防止対策としては、トンネル掘削作業に伴う油圧ジャンボや、吹付機などの大型重機の駐機場所や入替作業時における離合場所を定め、移動時の誘導員配置を徹底することで接触防止を図った。

全線における連続ベルトコンベア設備と車両との接触防止対策としては、路盤に白線を引き、支承架台先端部に反射板を設置することで、坑内走行車両の視線誘導効果を向上させた。また、インバート工や二次覆工コンクリート打設に伴うアジテータ車の坑内回転場としてはターンテーブルを設置することで接触災害防止を図った。

(図-7)



図-5 支承架台（吊りチェーン方式）



図-6 坑外ベルトコンベア全景



図-7 ターンテーブル

3)環境に関する課題と対策

入札時技術提案の環境維持に関する施工計画の中で、ずり運搬作業における CO₂ 排出量を 30%削減するとした。一般的に連続ベルトコンベア方式では、設備の動力が電力であり、タイヤ方式ではダンプトラックによる内燃機関であるため、CO₂ 排出量は少ないとされている。また、坑内換気に関しても、内燃機関による排ガスが少ないため、所要換気量を抑えることができ、換気設備による CO₂ 排出量も少ないとされている。その削減効果を評価するためには、CO₂ 排出量の定量的把握が課題となる。

当工事では工事用電力は全て発電発電機によるため、各設備に電力を供給する発電発電機ごとの時間当たり消費燃料を計量し、ずり運搬作業における CO₂ 排出量を求めた。また、比較対象となるタイヤ方式における CO₂ 排出量は、ずり運搬作業の積算サイクルタイム、ダンプトラック台数、時間当たり消費燃料から求めた。

(表-2)

表-2 発破掘削における積算

サイクルタイム	DT 台数	消費燃料
B・Cパターン 64.4 m ³ /h	L ≤ 0.5 km	10tDT
	10t × 3 台	12 l /h
Dパターン 59.4 m ³ /h	0.5 < L ≤ 1.2 km	20tDT
	10t × 4 台	14 l /h
	1.2 < L ≤ 1.9 km	20t × 3 台
	1.9 < L ≤ 3.0 km	20t × 4 台

5. 安全に関する成果

連続ベルトコンベア設備の稼働や延伸作業、試運転時における坑内アナウンスや、各設備の整備、点検時における始動キーの抜き取りや非常停止装置の稼働、制御盤での明示処置、坑内走行速度厳守、誘導員の配置など、作業手順遵守と安全設備の維持を継続することで、連続ベルトコンベア設備を導入後、現在まで設備への接触及び挟まれ巻き込まれ災害は発生していない。(図-8)



図-8 試運転・点検・整備時の明示状況

6. 環境に関する成果

現在までの連続ベルトコンベア方式での CO₂ 排出量は 172.49 t となり、これは表-2 に基づくタイヤ方式での CO₂ 排出量 249.47 t の 69% となっており、31%削減している。CO₂ 排出量に関しては、今後トンネル延長が伸びるに従い、タイヤ方式ではダンプトラックを増台する必要があるため、更に削減効果が大きくなると考えられる。同様に、ずり運搬作業時における所要換気量も、連続ベルトコンベア方式では一定となるため、換気設備による CO₂ 削減効果も大きく期待される。また、タイヤ方式ではダンプトラック走行に伴う巻き上げ粉じんや騒音がトンネル坑内全線に影響するのに対して、連続ベルトコンベア方式では、粉じん発生箇所はクラッシャーによる破碎時のみであり、騒音発生箇所もクラッシャー部とメインドライブのみとなり、坑内作業環境の向上にも寄与している。

7. 現在までのトラブル事例

現在まで大きなトラブル発生していないが、箱抜掘削などで発生する、切断した鋼製支保工やタイロット、ロックボルトなどの異物がずりの中に混入し、クラッシャーのベルトとテールピース台車の乗り継ぎベルトを損傷した事例が2回あった(図-9)。どちらもベルトを貫通する損傷ではあったが、幸い範囲が狭く、ベルトを切断するほどのものではなかったため、部分的な補修により対応が可能であった。しかし稼働中にベルトが切断する

と大きなトラブルにつながる可能性があり、設備の復旧にも最低2日はかかることとなる。特に補助工法などでのずりの中に異物が混入しやすい場合の分別方法が今後の課題となる。また、どちらの事例もずり運搬作業終了直後の点検で早期に発見しており、対応が早急にできたことが、損傷を最小限にできた要因であり、日々の点検がいかに重要であるかがわかる。

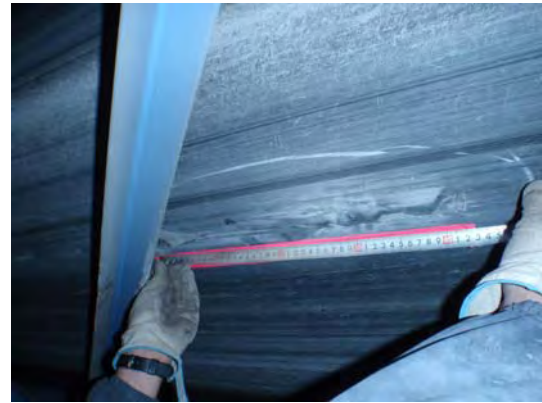


図-9 ベルト損傷状況

8. おわりに

一般的に連続ベルトコンベア方式はトンネル延長が 3,000m を境に採用事例が増えている。これは設備自体のイニシャルコストが高く、トータルランニングコストで比較した結果、3,000m 以上でなければコスト面で不利になるためであると考えられる。また、坑内外設備が増えることに伴う重機の配置や、防水シート台車、セントルの改良、非常駐車帯部や坑門工のコンクリート打設方法や打設時期など、タイヤ方式と比較して検討項目が多くある。しかし、それぞれの現場条件にもよるが、工程、安全、環境面ではタイヤ方式と比較して有利となる項目が数多くあり、総合的に評価すべきものと思われる。

今後、トンネル工事において連続ベルトコンベアによるずり運搬が提案される場合が想定されるが、今回の鉤勝トンネルの事例が参考となれば幸いである。