

長大山岳トンネルにおける連続ベルトコンベアシステムの適用実績

戸田建設(株) 正会員 ○野村 拓史
戸田建設(株) 正会員 高橋 和寛

1. はじめに

延長 3,000m を超える長大トンネル工事におけるずり運搬方式に、ダンプトラックによるタイヤ方式に代えて連続ベルトコンベアによるずり運搬方式の採用が増加している。連続ベルトコンベア方式は、タイヤ方式と比較して坑内の安全性や作業環境が向上する。一方で、工程やコスト面で有利となる設備選定や管理体制の構築が課題となり、連続ベルトコンベア採用による費用対効果に大きな影響を及ぼす。本報では、延長 4,459.7m の北海道横断自動車道 浦幌町 釧路トンネル工事において採用した、連続ベルトコンベアシステム（写真-1 参照）の稼働実績とその効果について報告する。

2. 工事概要と連続ベルトコンベアシステムの仕様

本トンネルは、北海道、黒松内を起点として釧路までを結ぶ北海道横断自動車道のうち、十勝地方と釧路地方をつなぐ L=4,459.7m の長大トンネル区間である。工事は、1 期工事（掘削延長 L=2,329.7m）、2 期工事（掘削延長 L=2,130.0m）に分かれ、起点側からの片押しによりトンネル掘削を行った。連続ベルトコンベアシステムは、切羽が坑口から 550m に達した時点で採用し、トンネル掘削完了までの延長 L=3,909.7m 分（ずり搬出総量 339,170 m³）全てのずりを搬送した。本工事で採用した連続ベルトコンベアシステムは、1 回のトンネル最大掘削量（150 m³）を 1 時間で搬出可能なスペックの設備を採用した（図-1、表-1 参照）。



写真-1 坑口部坑外ベルトコンベア

表-1 連続ベルトコンベア設備概要

番号	設備名	仕様
①	自走式クラッシャ	300t/h(準硬岩～硬岩) 90kw級
②	テールピース台車	最大牽引力18t
③	ストレージカセット	最大380m分のベルト収納
④	メインドライブ	200kw級 ベルト速度:150m/分
⑤	坑外ベルコン	74.5m分 ベルト幅:750mm



図-1 連続ベルトコンベア設備概要

3. 連続ベルトコンベアシステム採用における課題

連続ベルトコンベアシステムの採用にあたり、トンネル掘削に対して以下の課題が想定された。

(1) ベルト延伸作業に伴うトンネル掘削工程の遅延

ベルト延伸作業は、ベルトコンベアの延伸と同時にベルトコンベアを支える支承架台を設置する作業が伴う。そのため、約 30m 分のベルト延伸を 1 週間に 1 回の頻度で行うのが一般的であるが、ベルト延伸作業時間（約半日）は切羽作業を停止する必要があるため、トンネル掘削工程が遅延するという問題があった。

(2) 連続ベルトコンベア設備の故障によるトンネル掘削作業の停止

連続ベルトコンベアによるずり出しは、設備の故障等のトラブルが発生した場合、代替の設備がないため完全にずり出し作業が停止してしまう。また、ベルト延長が伸びるにしたがって駆動装置への負荷が増加し、ベルト速度の低下や駆動部の過負荷の原因となる。そのため、故障などの設備トラブルに伴うトンネル掘削作業の停止を防止することが課題であった。

4. 連続ベルトコンベアシステムの課題に対する対策と実績

本トンネル工事は、掘削に 60 ヶ月を要し平成 25 年 4 月にトンネル掘削を完了した。以下に、連続ベルトコンベアシステム、トンネル掘削工程確保、設備の維持管理、CO₂ 排出量削減

連絡先 〒049-3123 北海道二海郡八雲町立岩 48-4 立岩トンネル作業所 TEL0137-62-2363

ンベアシステムの課題に対して、講じた対策とその実績について述べる。

(1) ベルト延伸作業に伴うトンネル掘削工程の確保とその実績

【対策】テールピース台車に上部足場及び張り出し足場を増設することで、ベルト延伸作業に伴う支承架台組立作業を全てテールピース台車上で実施可能とした（写真-2 参照）。また、ベルト延伸作業専属の作業員を切羽作業とは別に配置し、ベルト延伸作業を、2日に1回（約10m分）の頻度で行うことで、1次吹付からロックボルト打設までの約1.5時間の中で作業を完了させた。

【実績】本工事では、ベルト延伸作業を305回実施したが、トンネル掘削サイクルに与える影響は無く、平均月進85.1m/月を確保できた。表-2にベルト延伸作業における工程ロスについて従来方式との比較（試算値）を示す。この結果から、本工事においては、ベルト延伸作業に伴う約1.1ヶ月の工程ロスを防止できたと考える。

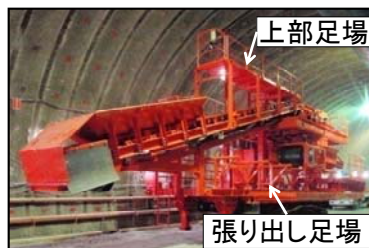


写真-2 テールピース台車の改善

表-2 ベルト延伸作業に伴うトンネル掘削作業ロスの比較（試算値）

	従来工事	本工事	備考
延伸量	30m/回	10m/回	
延伸回数	102回	305回※1	※1 本工事実績
掘進ロス	0.925m/回※2	掘進ロスなし	※2 半日分
工程ロス	1.1ヶ月※3	工程ロスなし	※3 $0.925\text{m/回} \times 102\text{回} \div 85.1\text{m/月} = 1.1\text{ヶ月}$

注)掘進ロス・工程ロスの試算は、平均月進:85.1m/月(本工事実績)、稼働日数:23日/月で試算

(2) 連続ベルトコンベア設備の故障に対する対策と実績

【対策】本工事では、連続ベルトコンベアの維持管理専属の作業員を1km毎に1名、最大5名配置し、ベルトコンベア稼働中の密な点検、維持管理を実施した。また、連続ベルトコンベアに生じる負荷の主な要因は、ベルトの蛇行、局所的なベルト屈曲点であるため、本工事におけるベルトコンベアの図-2に示す位置（高さ及びセンターからの離れ）をトンネル全線にわたって一定とし、ベルトコンベアの急激な位置変更が生じない計画とした。

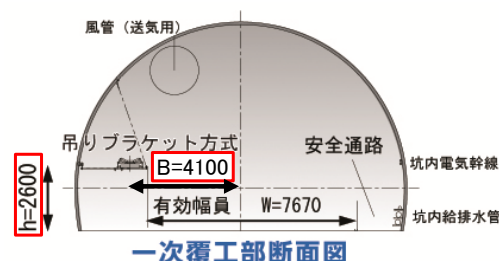


図-2 ベルトコンベア設置断面図

【実績】本工事において、連続ベルトコンベア設備に発生したトラブルは、クラッシャのベルトとテールピース台車の乗り継ぎベルトが損傷する事例が8回生じた。全てベルト損傷箇所を早期に発見でき、ベルト切断に至らずに部分的な補修で済んだため、トンネル掘削作業の停止を回避できた。

連続ベルトコンベア負荷抑制対策の効果として、一般的にベルト延長が2,500m時点で設置する中間ブースターを、ベルト延長が3,000m時点まで中間ブースターを必要とせず稼働することができたことがあげられる。

5. 連続ベルトコンベアシステムにおけるCO₂排出量削減効果

本工事における連続ベルトコンベアシステムによるずり運搬に伴うCO₂排出総量は、444tであった。タイヤ方式によるダンプによるずり運搬と比較して、53%のCO₂排出量を削減することができた（表-3 参照）。

表-3 CO₂排出量の比較

	CO ₂ 排出量		CO ₂ 排出総量
	1期工事	2期工事	
タイヤ方式	303t	646t	949t
ベルトコンベア方式	209t	235t	444t
削減率	31%	64%	53%

※ タイヤ方式は積算基準による試算値

6. おわりに

長大トンネルにおける連続ベルトコンベアシステムによるずり出しは、適切な維持管理を行い、設備を最良の状態に保つことで連続ベルトコンベアシステムの優位性が発揮される。本工事においては、ベルト延伸作業員、ベルト維持管理作業員を専属で配置し、密な設備点検、維持管理を行うことで、大きなトラブルなくトンネル掘削を円滑に進捗させることができた。本工事における結果から、連続ベルトコンベアシステムの利点を発揮させるためには、設備のイニシャルコストだけでなく、日常の維持管理に費やすコストを含めたトータルコストと、得られる効果を十分に比較検討し適用することが重要だと考える。