

～連続ベルトコンベルト損傷検出システムの実用化について～

清水建設(株) 外環大泉シールド作業所
東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所
タグチ工業(株)

正会員
高田幸次、今野圭太、堂村崇馬、門脇涼太

○福島一広、前田俊宏、反田廻
斑目修平、小長谷恵介

1. はじめに

シールド工事の長距離化、大断面化に伴い、排土設備として搬出能力の高い連続ベルトコンベヤー（以下、連続ベルコン）を採用するケースが増加しており、本工事においても連続ベルコンを採用している（写真-1）。

連続ベルコンの採用にあたり、克服すべき課題として“ベルトの損傷防止”が挙げられる。従来の連続ベルコンでは、定期的な目視点検にてベルト損傷の有無を確認しているが、本工事の連続ベルコンは最終的に往復 14 k m もの長さとなるため、人による目視点検では損傷箇所の見落としが発生したり、点検作業に長時間を要するなどの課題が生じる。連続ベルコンを損傷した状態で稼働し続けると、損傷が次第に大きくなり、最終的にベルトの破断や縦裂けに至り、その復旧作業に多大な時間と手間を要することとなる。これらの課題を解決すべく、ベルト損傷検出システムを開発し、本工事の連続ベルコンに搭載している。本稿では、ベルト損傷検出システムの実用化について報告する。



写真-1：連続ベルトコン

2. ベルト損傷検出システム

(1) ベルト損傷検出システムの機能

ベルト損傷検出システムは、ベルトコンベヤー稼働中にラインスキャンカメラにより連続的にベルトを撮影し、リアルタイムで画像解析を行うことで、ベルト損傷を検知するものである（写真-2）。

ベルト損傷検出システムの構成は以下のとおりである。

- ① ベルト損傷の有無・形状（長さ、幅、深さ）の検出及び表示
- ② 検出した損傷部位の位置（原点からの距離）の検出及び表示
- ③ 検出した損傷レベルの判定及び警報表示
- ④ 損傷データの保存及び閲覧



写真-2：リアルタイム画像解析画面

(2) 実証実験による課題の抽出

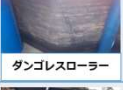
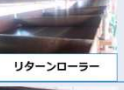
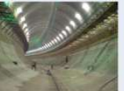
工事に先立ち実証実験を行い、様々なパターンで損傷検出確認を行った結果、ベルト損傷部に泥や泥水が付着した状態においては検出精度が悪化する現象が見られ、実用化における課題であった。

3. 実用化への課題と解決

(1) 新型ベルト洗浄装置の導入

ベルト損傷箇所に泥や泥水が付着すると検出精度が悪化することへの対策として、ベルト洗浄装置に新型水洗装置を採用した（表-1）。

表-1：ベルト洗浄装置比較表

	新型水洗装置	旧型水洗装置
ノズル	 高圧洗浄ノズル ・水圧が強く ベルト全体に水がかかる ・水量が少ない	 フラットスプレーノズル ・水圧が弱く 全体に水がかからない ・水量が多い
ローラー	 ダンゴレスローラー ・ベルトを曲げて絞ることで ベルトの水を落とす ・ずりがベルトに付着しない	 リターンローラー ・ベルトのバタつき防止 ・スリがローラーに付着
クリーナー	 ベルバーンU型 2ヶ所 +  水切りクリーナー ・スリ+水 を掻き落とす	 ベルバーンU型 2ヶ所 ・スリのみ掻き落とす ・水は掻き落とせない
現場例	 「外環本線トンネル」 ・セグメント汚れ無し ・ローラーずり付着無し	 「中央環状品川線」 ・粉じんによるセグメント汚れ ・ローラーずり付着による蛇行

新型水洗装置は、従来の水洗装置と比べ洗浄用の吐出水を高圧とすることでベルト洗浄能力を向上し、ベルト損傷部に入り込んだ土砂についても洗浄することが可能である。

また、水切りゴム付きの2つの大型水切りローラーでベルトを挟み込んで水を切ることで、ベルトに付着した水分を確実に掻き落とすことが可能である（図-1）。さらに、ベルトクリーナーについても従来のズリ掻き落としのクリーナーに加えて水切り用のクリーナーを備えている。

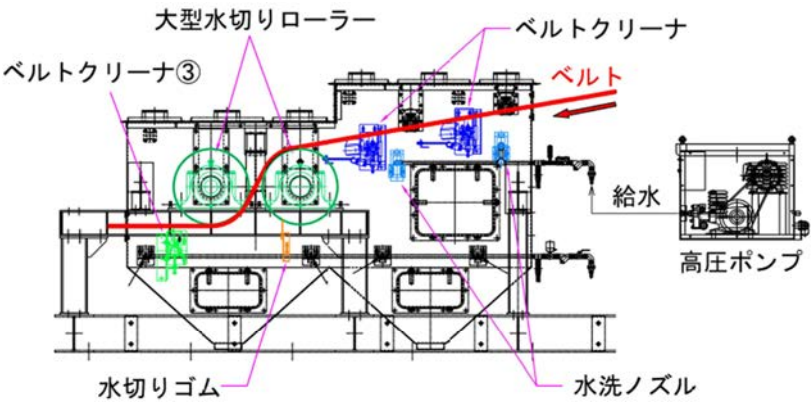


図-1：ベルト洗浄装置構造図

(2) ラインスキャンカメラ設置位置の検討

ベルトの損傷検出を可能な限りベルトが乾燥した状態で行うことができるように、立坑上に設置したストレージカセットに検出用のラインスキャンカメラを設置

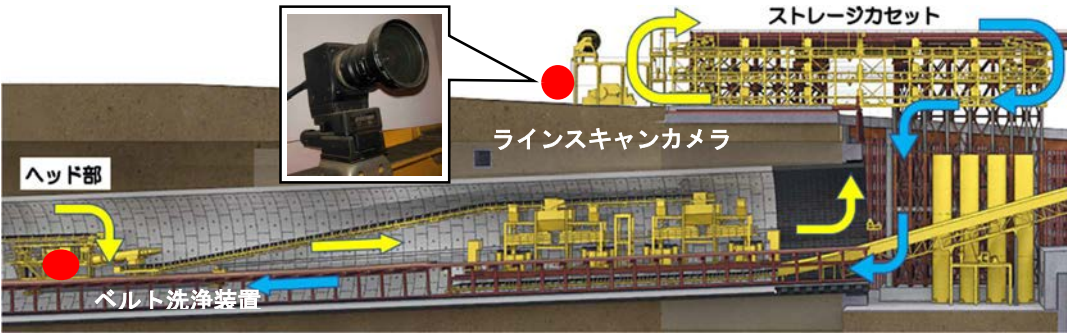


図-2：現場内設備配置図

した。これにより洗浄後に自然乾燥時間を設けることができ、ベルトが乾燥した状態で損傷検出を行うことで、検知精度を向上させることができた（図-2）。

(3) 照度の調整

ラインスキャンカメラは跳ね返ってくる光の濃淡によりベルト傷の深さを判断する為、ベルト面への照明が検出精度に影響する。そこで、健全部と損傷部の濃淡差が明確となるように、ライン照明を採用し、その照度と角度を調整し、検出箇所でベルト面を均一で適切な光量で照らすことができるようにした。



写真-3：検出したベルト損傷の例

(4) 判定基準の見直し

検出精度を上げることにより小さな損傷まで検出できるようになったが、検出した傷は人による詳細点検を行う必要がある為、その優先度を損傷レベルに応じて区分することとした。損傷を長さ・幅・深さの3方向から判定して検出レベルを調整し、長さ方向より幅方向の傷を優先する等、重大性に応じた判定基準を設けることで、大規模なトラブルに繋がる傷を優先的に検出するようにした。

なお、損傷レベルはA～Cで評価し、レベルB以上を検出した場合は、マシン操作室にアラームを発令し、オペレーターによりベルコンを緊急停止するという運用を行っている（写真-3、表-2）。

4. おわりに

長距離シールドにおいて重要な役割を果たす連続ベルコンの運用において、連続ベルコンベルト損傷検出システムを実用化した。今後、現在は実用化できていないベルト裏面や耳部における損傷の検出や、人の判断に委ねられる詳細点検の自動化を実現することで、更なるベルト損傷検出の効率化・高精度化を図る所存である。

表-2：判定基準

総合判定		サイズ判定			
		I	II	III	IV
深さ判定	I	A	A	A	A
	II	A	A	B	B
	III	A	A	C	C