

# 35. トンネル発破掘削におけるずり出しシステム連続ベルトコンベヤ

大成建設(株)：吉富 幸雄，\*三浦 康文

## 1. はじめに

近年、山岳工法のトンネル工事においては、作業環境の改善が大きな課題となっている。特にNATM、タイヤ方式のトンネル工事が多く施工される中、ずり出し時の作業環境の改善は大きな問題である。

今回、新幹線田上トンネルに採用したずり出しシステムは長大トンネルにおける坑内換気の改善と安全性の向上を目的に開発されたものであり、従来のダンプによるずり出しに変わり、切羽で発生したずりを直接ベルトコンベヤで坑外まで搬出するものである。特に掘削方式が発破であるため、切羽近くに自走式クラッシャを配置し、小割りした後連続ベルトコンベヤで搬出する方式を採用した。

ここに新幹線田上トンネルで採用した連続ベルトコンベヤずり出しシステムについて報告する。

## 2. 工事の概要

田上トンネルは全長6,988mのトンネル工事であり、当田上トンネル(北)工事は八代側より5,240m片押しで施工する。

トンネル諸元

掘削方式 : NATM・発破掘削

掘削工法 : ミニベンチ工法、

掘削断面積 : 約74.5㎡

平面線形 : R=6,000m、

縦断勾配 : 3/1000~15/1000

## 3. システムの概要

### 3-1 設計条件

ずり出しシステムの構築に当たっては以下の条件で設計した。

- ①ずり出しシステムの変更に伴い掘削、覆工コンクリートの施工サイクルに影響を与えない。
- ②ずり搬出能力はダンプ方式と同等の300t/時能力とする。
- ③トンネル工事全体工程を短縮するため、掘削、覆工コンクリートと合わせてインバートの施工が可能とする。

### 3-2 システムの説明

コンベヤおよび覆工部のベルトコンベヤを支持する支持台車で構成されている。

システムにおけるずりの流れは、

- ① 切羽で発破されたずりはホイールローダーで切羽後方約40m~50mの位置に配置した自走式クラッシャに投入する。
- ② 投入されたずりは自走式クラッシャで小割りし、排出用のベルトコンベヤでバックアップデッキのホッパに投入する。
- ③ ホッパに運ばれたずりは、第2ベルトコンベヤを経由し連続ベルトコンベヤで坑外の仮置ヤードまで搬出する。



図-2 ずり出しシステム

### 3-3 自走式クラッシャー

この自走式クラッシャーは従来、坑外（砕石場等）で使用されている機械をベースに改造を加え、トンネル内でも使用できるように製作した。以下仕様を以下に示す。

表-1 寸法

単位：mm

全長	17,300
全幅	3,300
全高	3,600
ホッパ高さ	3,600
クローラ全幅	3,000
コンベヤベルト幅	1,000

表-2 主要諸元

ジョー	形式	シングルトル式
クラッシャー	供給口寸法	1000×750
フィーダー	形式	振動フィーダー B10-42-2V
	寸法（全幅×全長）	1000×4200
能力	処理能力 t/h	300
	最大供給塊 mm	1000×650×450
エンジン	定格出力	101/1900
電気装置	クラッシャー駆動モータ	440V-110KW
	油圧ポンプ駆動モータ	440V-75KW
	クラッシャー	電動モータVベルト駆動
	振動フィーダー	電動モータによる油圧駆動
	搬出コンベヤ	電動モータによる油圧駆動

駆動方式	クラッシャー	電動モータVベルト駆動
	振動フィーダー	電動モータによる油圧駆動
	搬出コンベヤ	電動モータによる油圧駆動電
	走行	気及びエンジン
質量	全装備質量 kg	54,000
走行速度	高/低 km/h	1.8/0.9



写真-3 自走式クラッシャー

以上が主な仕様であるが、他にトンネル内での使用を考え以下の点を改造した。

#### 1) 積み込み高さ、ホッパ形状

坑外と異なり、積み込み機がホイールローダー（サイドダンプ）になるため、従来より投入高さを低くした。また、ホッパ形状をサイドダンプ用に変更し、一度に3.0m<sup>3</sup>のホッパで投入可能な形状とした。（積み込み機CAT966）

#### 2) 電動化

坑内で使用するため、換気を考慮し駆動は電気とし、移動時のみエンジンとした。また、エンジンは排ガス対策とした。

#### 3) 縦切れ防止対策

金属片によるベルトコンの縦切れ防止のため

に磁選機を取付けた。

#### 4) 発破飛散対策

クラッシャは切羽近くに配置されるため、発破の飛び石対策としてクラッシャ前面に防塵シートを取付けた。

#### 5) 散水装置

粉じんを低減させるため散水装置を取付けた。

### 3-4 第2ベルコン

移動式クラッシャにより破碎されたずりは第2ベルトコンベヤに運ばれる。この第2ベルコンは連続ベルトコンベヤ先端部のバックアップデッキ上部に配置してあり、連続ベルトコンベヤの縦切れ防止及び壁側に配置された連続ベルトコンベヤへのシフトを目的に配置してある。仕様については表-3に示す。



写真-4 第2ベルコン

表-3 第2ベルコン仕様

項目	仕様
延長	17.1 m
ベルト幅	900 mm
ベルト速度	70 m/min
モーター	15 Kw

### 3-5 連続ベルトコンベヤ

連続ベルトコンベヤは長さを随時延伸することができるベルコンで、坑口部に配置された

ストレージカセット部にベルトをストックできるようにしており、切羽の進行にあわせて随時引き出されていくものである。一度にストックできるベルトの長さは約280mであり、ストックが無くなるとベルトを切断し、また新しいベルトが継ぎ足す構造になっている。(図-3参照)

この連続ベルトコンベヤの駆動は、トンネル延長約2、500mまでは坑外のメインモーター(112KW)1台で駆動し、それ以上になるとブースターモーター(112KW)を増設する。最終的にトンネル延長5、240mを2台のモーターで駆動する計画である。また、起動方式はインバートを採用し起動時のスムーズな立ち上がりを可能にした。

表-4 連続ベルトコンベヤ主要諸元

項目	仕様
システム全長	5、240 m
ベルト幅	610 mm
ベルト速度	168 mm
運搬能力	300 t/時
ストレージカセット容量	300 m
メインモーター	112 Kw
ブースターモーター	112 Kw

### 3-6 ずり出しシステムの延伸

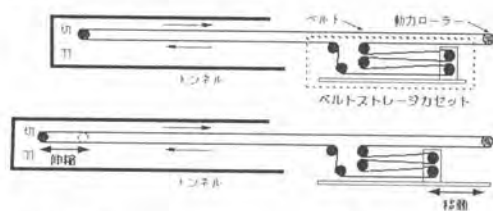
ずり出しシステムの延伸は切羽進行が10m進む毎に行っている。

延伸手順について示すと

- ① 連続ベルコンのベルトに掛かっている張力を解除する。
- ② 自走式クラッシャを約10mほど自走し、同時にバックアップデッキ移動用のレールを前進する。

- ③ バックアップデッキを移動用のレールに乗せ、ウインチによりバックアップデッキを前進する。
- ④ 移動と同時に連続ベルトコンベヤのフレームを組立、ローラを組み込む。
- ⑤ バックアップデッキのアウトリガを張り固定する。
- ⑥ 連続ベルトコンベヤのベルトを油圧により緊張する。

動作原理



ベルトの追加方法

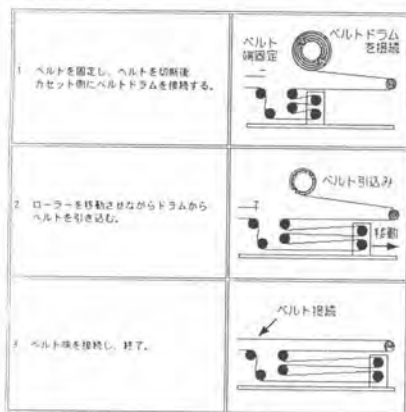


図-3 連続ベルトコン延伸イメージ図



写真-5 ベルトストレージカセット

### 3-7 支持台車及びベルトコン吊り下げ構造

連続ベルトコンベヤの設置位置は掘削時の機械の入れ替え、仮排水の設置等、設置により極力作業スペースを狭くしないように、またインバートの施工時邪魔にならない位置を考慮し、切羽に向かって左壁の位置に配置した。(図-4)

一方、ベルトコンベヤの吊り下げ方法は掘削部は支保パターン(支保工の有無、ピッチ)関係なく支持できるように、壁側はアンカー、中側は吊りチェーンにより支持する構造とした。

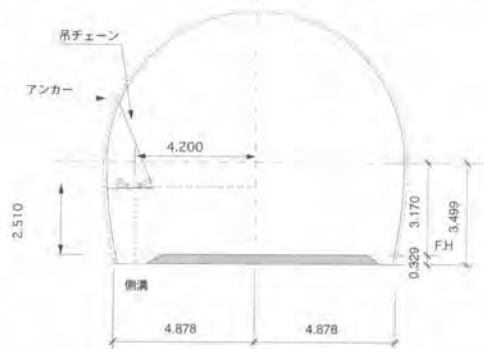


図-4 ベルトコンベヤ設置位置図



写真-5 掘削部吊り構造

一方、覆工コンクリートが完了した部分はコンクリート壁にブラケットを取付け、ベルトコンベヤを支持する構造とした。

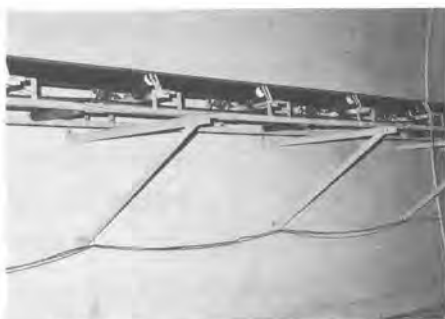


写真-6 覆工部吊り構造

覆工作業部におけるベルトコンベヤ吊り下げ構造は、ずり出し作業の有無に関係なく防水シート、セントル移動等の作業ができるように特殊な支持台車を製作した。

この支持台車はシート張り作業から覆工セントル部までのベルトコンベヤを支持する構造となっており、ベルトコンベヤの稼動に関係なくセントル、シート張り台車が自由に移動可能な構造となっている。

また、この支持台車は自走可能であり、覆工作業の進捗に合わせて随時移動する。



写真-7 ベルコン支持台車

### 3-8 安全対策

トンネルの連続ベルトコンベヤによるずり出しシステムにおいて安全対策は大きな問題である。狭い坑内に常時ベルコンが設置され、また稼動時には巻き込まれ、落石の危険性がある。これらの安全対策として以下の対策を実施した。

#### 1) 緊急停止装置

ベルコンの側に全線ワイヤーを取付けまた30m毎に引綱を取付けワイヤーに接触もしくは引綱を引くことによりシステム全体が停止する装置を取り付けた。

#### 2) 落石防止

連続ベルトコンベヤはキャリアローラーからはずれベルトが蛇行すると落石が発生する。そのためベルコンの蛇行防止装置として以下の対策を実施した。

- ① 自動調芯ローラーの採用
- ② ガイドローラーの採用
- ③ ローラー取付け角度の調整

以上の対策を実施することによりベルコンの蛇行を抑え落石を防止している。



写真-8 自動調芯ローラー

#### 4. システム導入のメリット

このシステムを採用することにより、以下の点が改善されたと考えられる。

##### 1) 坑内作業環境の改善

ずり運搬にダンプトラックが無くなったことにより、ダンプから発生する排気ガス、走行時の粉じんが無くなり、坑内環境が改善された。また、大型車両から発生する音が少なくなり、坑内、坑外の騒音も改善された。

##### 2) 安全性の向上

ずり出し時大型のダンプ、ベッセルダンプ等が通行しないため、交通事故の危険性が非常に少なくなった。

が通行しないため、交通事故の危険性が非常に少なくなった。

### 3) 工期短縮（急速施工）

連続ベルトコンベヤですりを搬出することにより、ずり出しダンプの通行が無くなり、安全にインバートの施工が可能になり、全体工程の短縮が可能となった。

### 4) 作業の効率化

タイヤ方式の場合、ずり出し時の安全を考慮し坑内への入場は規制されている。このシステムの場合、ずり出し時も関係なく作業ができるため、作業に制約がない。特に、測量、路盤の維持、覆工コンクリート等、効率的に作業が行うことができる。

### 5) コンパクトな坑外仮設

タイヤ方式では、大型のダンプの駐車スペースや修理スペースが必要になり、坑外仮設ヤード広く必要である。ベルコン方式では、ベルコンラインが坑外に出てくるだけで、タイヤ方式と比較してかなりコンパクトな仮設ヤードでよい。

### 6) ずり転倒音の低減

ダンプトラックの坑外でのずり転倒時、大きな音が出るため騒音が問題になる。特に夜間や、都市域では夜間ダンプ転倒禁止や防音装置が必要になる。このシステムではずりのベルコンからの搬出音だけで音は小さく、騒音対策は不要である。

### 7) 路盤の維持が容易

大型車両の通行が少なくなり、路盤の痛みが少なくなった。

## 5. 問題点

現在までに連続ベルトコンベヤによるずり出しを約2km行ったが、大きなトラブルもなく順調に稼動してきた。ただ今後改善すべき問題点もいくつか見られる。

### 1) 運搬コスト

システム導入の初期投資に費用が掛かるため短いトンネルでは運搬コストが高くなる。

### 2) 維持費用

システムの延伸、維持管理のため固定的に人員が必要である。

### 3) 湧水を伴う地質への対応

土砂で湧水を伴う地質の場合、施工は可能であるがベルコン、クラッシャーの維持管理が大変である。

## 6. おわりに

トンネル発破掘削において、自走式クラッシャーと連続ベルトコンベヤを用いたずり出しシステムにより、長大トンネルにおいても良好な作業環境を維持でき、より安全に施工できると考える。

現在、平成11年8月時点で約2,500mを掘削、硬岩から土砂、断層また大量の湧水の出る地質も施工してきた。種々改造点を残すもののNATM、発破掘削のずり出し方式として施工可能と考える。今後はさらに省力化、急速施工また低コスト化を図り、多くのトンネル工事で使用できる環境を作っていく必要があると考えている。