

# 海外製ベルトコンベアの使用に対する報告

## Report on the use of foreign-made conveyor belts

平塚 流聖\* Ryusei Hiratsuka  
 岡村 貴彦\* Takahiko Okamura

### 要 約

新幹線トンネル工事における掘削ズリの搬出について、技術提案による切羽サイクルの短縮とコストの削減を目的として、海外製のベルトコンベアを採用した。技術提案履行の内容及び海外製ベルトコンベアの特徴について説明する。

また使用時のトラブル事例を紹介し、利点及び今後の展望について報告する。

### 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 計画時点の工夫
- § 3. ベルトコンベアの延伸
- § 4. トラブル事例
- § 5. 利点と今後の展望
- § 6. まとめ

### § 1. はじめに

北海道新幹線新青森起点 185 km 750 m～188 km 900 m 間の磐石トンネル（施工延長 3,150 m/全長 6,715 m）及び横坑（施工延長 450 m）を新設する工事である。

トンネル掘削は横坑掘削後、新青森方向に向かって NATM 工法により施工する。掘削は発破掘削方式 補助ベンチ付き全断面工法、ズリ運搬はベルトコンベア方式と一部タイヤ方式で行う。

当現場のベルトコンベアの概要図を図-1、図-2 に、ベルトコンベアの仕様を表-1 に示す。

発破掘削方式によって切羽から発生したズリはクラッシャーで破碎した後、ベルトコンベアで坑外へと運搬する。ベルトコンベアは交差部で乗り継ぎ、R=300 m の斜坑を経て坑外へ運搬され、さらにズリ仮置き場横で乗り継いで仮置き場に入る経路となっている。ズリ仮置き場は技術提案により全天候に対応するため建屋で囲まれている。各乗り継ぎ部の詳細について図-3 に本坑ベルトコンベアの縦断面図、図-4 で横坑から坑外区間の縦断面図、図-5 でズリ置き場バルコンの縦断面図を示す。

本坑コンベアは切羽後方での作業や車両他の通行や駐機スペースを考慮して、全線でチェーンとターンバックルを用いて天端からの吊り下げとしている。横坑コンベ

表-1 ベルトコンベア仕様

メーカー	H + E		
コンベア種類	本坑	横坑	ズリ置き場
ベルト規格	難燃耐摩耗性 EP1000/4		
機長 (m)	2290	530	25
ベルト幅 (mm)	650		800
速度 (m/min)	210		

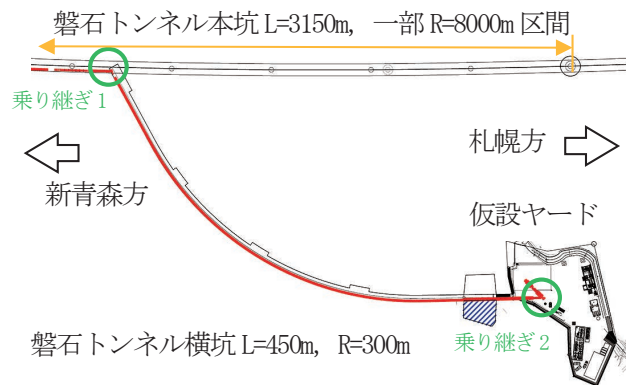


図-1 ベルトコンベア概要 全体図

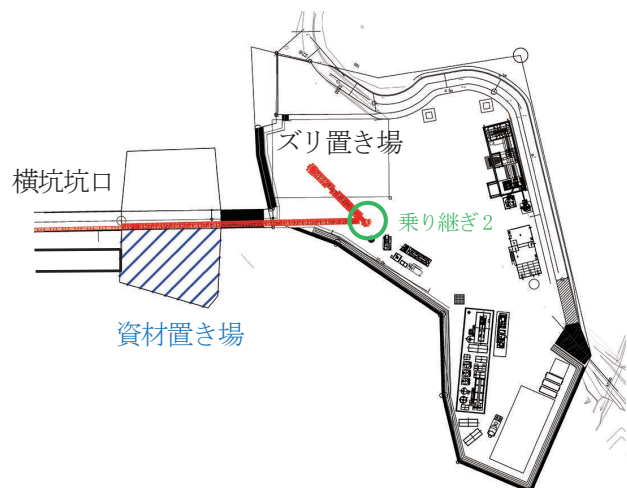
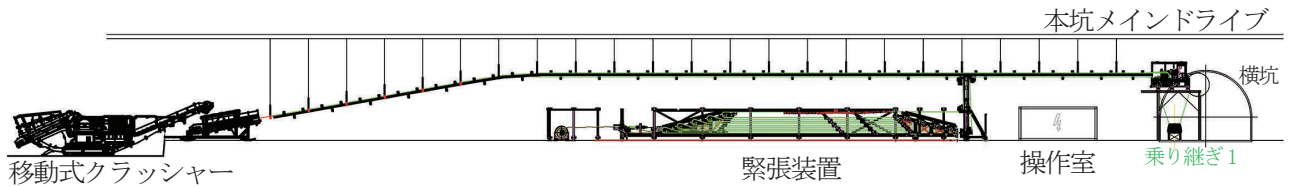
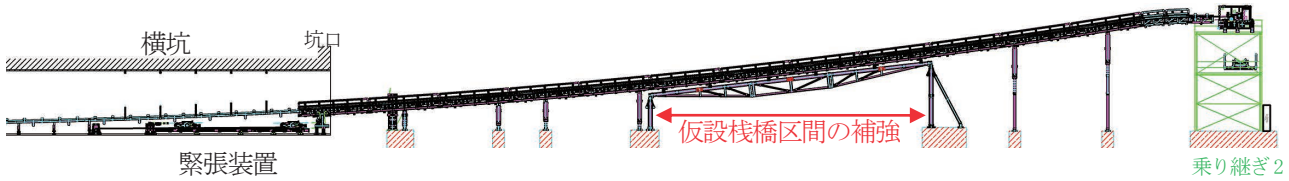


図-2 ベルトコンベア概要 仮設ヤード全体図

\* 札幌（支）新幹線磐石（出）



図一3 本坑ベルトコンベア縦断面図



図一4 横坑及び坑外ベルトコンベア縦断面図

アに関しては地面に直接定置する方式としている、坑外区間はズリの堆積を考慮し最終的な排土高さを9.4mとなるように柱脚を用いて傾斜を付けている。

§2. 計画時点の工夫

2-1 ベルトコンベア的设计

ベルトコンベア的设计で工夫した点は2つある。それぞれについて記す。

1点目は横坑コンベアを定置式としたことである。

当初計画では、坑内のベルトコンベアは全線天端からの吊り下げ式であった。以下の2つの理由から斜坑コンベアはメンテナンス性を考慮して定置式とした。

- (1) アイドラーローラは転用品を使用していることから、ローラ内のベアリングの摩耗による異音、運搬能力の低下が起こる可能性がある。
- (2) 斜坑はR=300mの急曲線であるため、ベルトコンベアの蛇行が予想される。

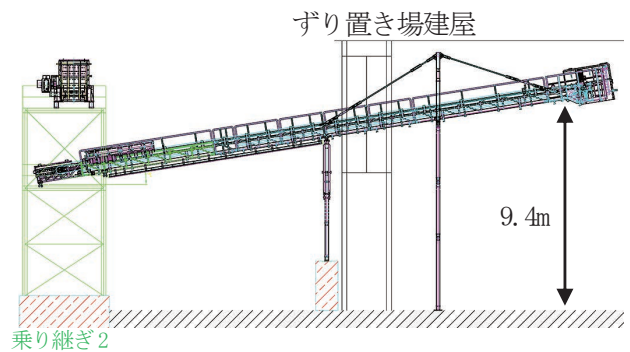
定置式の横坑コンベアフレームを図一6に示す。

2点目は仮設ヤードを活かすために、坑外ベルトコンベアの傾斜及びスパン長を調整したことである。

図一2において、青の斜線で描いた範囲は資材置き場として利用するが、ベルトコンベアの下を通過しなければ入ることができない。

当初的设计では柱脚の高さが低く、またスパンが短かったため車両が通過することができなかった。そこで、坑外ベルトコンベアの傾斜及び柱脚のスパンを変更し、地面からベルトコンベアまでの高さを3.5m確保することで車両を通過可能とした。

柱脚のスパン長を変更するにあたって仮設栈橋区間は柱脚を立てることが不可能なため、図一4のように補強プレスを入れることでフレームの重量に耐えられる設計とした。



図一5 ズリ置き場ベルトコンベア縦断面図



図一6 定置式横坑コンベア

2-2 技術提案改訂による変更

当現場は線形変更により施工延長が延び、これに伴い技術提案の改訂を行った。改訂の内容は、次の通りである。

切羽のズリだしを完了させ次工程への移行を早期に行うことを目的として、クラッシャーへの運搬をサイドダンプ直送から、20tダンプ2台への積み替え連続運搬へと変更し、クラッシャーの前方にズリを堆積する。

クラッシャーへの投入は切羽とは別のタイヤショベル及びバックホウを用いて、ズリ出しと吹付サイクル時に行う。これによりクラッシャーへの投入の待ち時間を削減することで、ズリ搬出効率の向上かつ施工サイクルの短縮へとつながる。

この時、クラッシャーへの積込と切羽作業が近傍作業

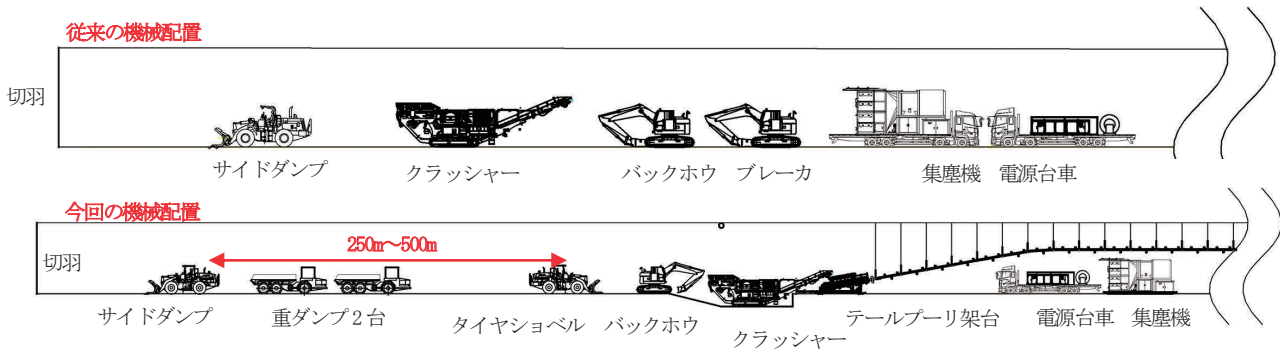


図-7 切羽の機械配置図

とならないように、切羽とクラッシャーの距離は250 mから最大で500 m離れている。

この技術提案時の機械配置を図-7に示す。

2-3 移動式クラッシャーの選定

当初計画では北海道新幹線沿線の他現場を参考に、エプロンフィーダー式のクラッシャーを採用する計画であった。これはエプロンフィーダー式のクラッシャーは投入部の高さが2.35 mと低いため、投入用バックホウのオペレーターから投入を直接視認できる利点がある。

一方でエプロンフィーダー式の場合、投入されたズリが全て破砕口に運ばれる構造となっており、当現場ではズリが粘土質で湧水が付着した際に、破砕口が閉塞するリスクがあった。図-8にエプロンフィーダーの参考写真を示す。

エプロンフィーダー式の破砕口の閉塞は、作業効率の悪化による切羽サイクルの低下を招くと考え、グリズリーフィーダー式を採用した。

図-9にグリズリーフィーダーの参考図を示す。

グリズリーフィーダー式はズリを破砕口に運ぶ前に細かいズリを篩い落とす構造のため、クラッシャーへのズリ投入位置が3.6 mと高い。この投入口が高い構造によって、狭いトンネル坑内では積込用のバックホウのブームが干渉してしまう問題が発生した。

そこで、クラッシャーの設置盤を1次インパルト吹付コンクリート施工面（通常の路盤より1.5 m下）まで掘り下げることで投入を可能とした。

加えて、投入用バックホウのオペレーターからの視界を確保するためにクラッシャー上部へカメラを取り付け、運転席に設置したモニターから投入口と破砕状況を確認できるようにした。

付随効果として、クラッシャーの排土口からベルトコンベアまでの落差を小さくすることでベルトへ与える損傷を少なくすることができた。

クラッシャーの設置状況を図-10に示す。

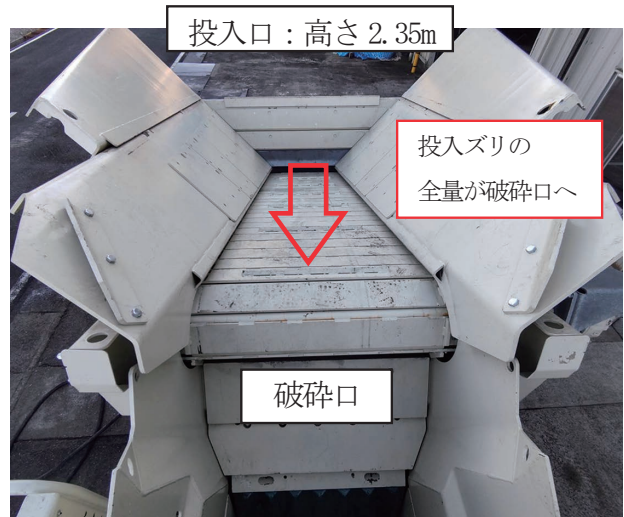


図-8 エプロンフィーダー



図-9 グリズリーフィーダー

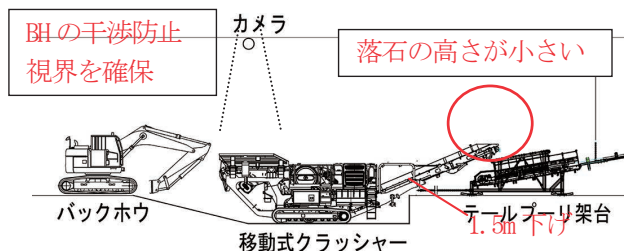


図-10 クラッシャー設置盤の掘り下げ

### §3. ベルトコンベアの延伸

#### 3-1 事前準備

##### (1) テールプリー架台の基礎コンクリート施工

ベルトコンベア全体はウインチで常時 15kN の力がかかっており、テールプリー架台を固定するためにテールプリー架台の基礎コンクリート施工を行う。

架台はアンカー及びチェーンで固定を行う。

##### (2) 移動式クラッシャーの設置盤の掘り下げ

2-3 で述べたとおり、クラッシャーの設置箇所を掘り下げる必要がある。加えて掘り下げ箇所はクラッシャーの走路を除き垂直に掘っているため、路盤側面を吹付コンクリートによって補強する。

##### (3) 吊りチェーンの位置出し測量

ベルトコンベアの蛇行を防ぐためには、コンベアフレームを直線上に設置することが望ましい。そのため天端から吊り下げる位置はトータルステーションを使用して位置出しを行い、可能な限り直線上に設置する。

#### 3-2 延伸手順

##### (1) コンベアフレームの延伸

位置出しされた吊チェーンの位置にアンカーを打設し、チェーンを吊り下げていく。チェーンの長さはあらかじめ決まった物を使用する。

コンベアフレームを水平になるように地組する。既設のフレームから連続して接続していき、吊チェーンに吊るす。この時、吹付面が均一ではないことからチェーンのみで水平を保つことは不可能なため、ターンバックルによる調整を行う。

組みあがったフレームにアイドラローラを取り付ける。

##### (2) ベルトの引込み

ベルトの引込みは専用の巻き出し機とウインチを用いて行う。

ベルトは延伸開始地点（移動前テールプリーがあった場所）から引き込む。

##### (3) ベルトの加硫

加硫は地面上でキャリア側から行う。テンションプリーの可動範囲が有限であるため、溶着後リターンのベルトを引っ張ることで、ベルトのたるみを可能な限り少なくする。

延伸を重ねるごとに、既設側のベルト延長が長くなり抵抗が増して引っ張ることができなくなるため、ベルトの余長が徐々に長くなっていくことに注意が必要である。

その後リターン側の加硫を行う。

図-11 に加硫状況の写真を示す。

##### (4) 安全設備の設置

非常停止スイッチや、制御盤との通信を行う信号線などの制御部品の取り付け、落石防護ネットなどの安全設備の取り付けを行う。なお、非常停止スイッチは 100 m



図-11 加硫状況

表-2 延伸作業の人工

作業内容	人工
事前準備	4人×1方=4人工
コンベアフレームの延伸	6人×2方=12人工
ベルトの引込み	6人×2方=12人工
ベルトの加硫	3人×1.5方=4.5人工
安全設備取付	6人×1方=6人工
蛇行調整	2人×0.5方=1人工

毎に設置した。

##### (5) 蛇行調整

試運転及び蛇行調整をする。基本的にはアイドラローラの方向やフレームの水平を調整し、蛇行を修正する。必要に応じてサイドローラを取り付ける。

#### 3-3 人工について

1回の延伸に係る人工の実績を表-2に示す。なお当現場では、昼夜作業の3日間で延伸作業を行った。

### §4. トラブル事例

ここでは実際に発生したトラブル事例と対処法について記す。

#### 4-1 部品の遅延・欠品

海外から海上輸送によって日本国内へ輸送する際、コロナ禍の影響もありコンテナの到着が予定よりも2ヶ月程遅れた。

また納入予定の部材がコンテナに梱包されておらず、組立時に発覚したために急遽現場の鋼材で不足品を作製するなどの対応となった（図-12）。

#### 4-2 通信線の断線

ベルトコンベアのメイン制御室は、交差部付近に置いており、切羽側に置いてある操作盤までは1本の通信線を引く構造となっていた。切羽後方ではインバート、FILM、覆工などの作業を行っており、誤って通信線を断

線させるトラブルが頻発した。

ケーブル自体が非常に細く、かつ1本が1000mとなっていたことも対応を困難にする要因であった。

#### 4-3 取扱者の理解度不足

海外メーカーのためマニュアルが英語であることから、取扱者が十分に理解しないまま操作を行い、電子制御の設定がリセットされるという事例が発生した。

具体的には、制御部品の特定のボタンを押すとエラーリセットとなるのに対し、そのボタンを数秒長押しすると工場出荷状態になってしまう。これによりベルトコンベアが操作できなくなる事象が発生した。

### §5. 利点と今後の展望

#### 5-1 海外製コンベア使用による利点

ここでは、海外製ベルトコンベアの使用に関する利点について記す。

##### (1) 切羽サイクルの向上と安定性

切羽サイクルの効率化は2-2で述べた通りである。

ここでは、安定性について記述する。ここでいう安定性とはトラブル時の切羽作業が中止されるリスクが少ないということである。

移動式クラッシャーの前にずりの仮置き場があることで、そこに堆積させることが可能となる。また移動式クラッシャーまでの運搬は20tダンプで行っており、緊急時はこれを用いて坑外までの運搬を行うことが可能である。

当現場ではトラブル発生時に、昼は他の工種が作業しているため坑内にずりを仮置きし、夜勤で搬出などの作業調整を行い、完全に切羽を止めることなく切羽の進行を行った。

##### (2) コスト削減

海外製のベルトコンベア本体は非常に安価であり、国内メーカーと比較して60%程度の価格で収まった。

##### (3) セントル通過時の段取り替え作業の低減

ニープレスなどを用いることにより、セントル及びFILM台車後方のベルトコンベアフレームの支持方法に比べて、段取り替え作業の低減につながった。

また、セントル台車後方は覆工コンクリートの養生期間を考慮して、台車にベルトコンベアを支える架台を取り付け、2ブロック後方にアンカーを打設して吊り下げた(図-13)。

#### 5-2 今後の展望

##### (1) 働き方改革への対応

海外と日本との時差や言語の問題があり、緊急対応などが困難であった。

今回ドイツ製のベルトコンベアを使用したため、時差は9時間であった。メーカーと直接連絡が付くのは日本



図-12 不足品の現場製作



図-13 セントル台車後方ベルコン架

時間の夕方以降となり、夜勤での対応を余儀なくされる。

連絡はチャットアプリを用いて行い、会話はすべて英語で行う必要があった。

昨今、働き方改革への対応が求められる中で、夜勤対応を前提とした体制とすることは難しいと感じる。国内で代理店を持つメーカーを選定するか、フレックス勤務など会社全体で柔軟に対応する必要がある。

##### (2) メンテナンスとランニングコスト

移動式クラッシャーまでの運搬のために20tダンプが2台と、移動式クラッシャーへの積込に使用するバックホウとタイヤショベルなど、機械が増えるためにメンテナンスの頻度が増え、長期使用になると修理費が大きくなる懸念がある。

特にクラッシャーでの破碎の際に粉じんが発生するため、その対応は重要な問題である。当現場では、集塵機を増設し切羽とクラッシャー近傍に設置した。

また、クラッシャーへの積込は専属のオペレーターが必要となり、人件費の増大につながる。省人化施工や遠隔施工などを進めて、対応していくことが求められる。

## §6. まとめ

従来は移動式クラッシャー及びベルトコンベアのテーブルピース台車を切羽近傍に設置し、サイドダンプで積込を行う方法が多く用いられている。

今回、切羽サイクルの効率化を図り、切羽遠方に移動式クラッシャーを設置する方式を採用した。

切羽進行の遅れは工程の遅延に直結するため、切羽作業の安定性という側面でも有効であった。

報告のとおりいくつかのトラブルが発生したが、取扱者が慣れていないことに起因するものを含めて、十分に

対応の余地があると考える。

今後、省人化施工技術の導入が進むにつれて、本方式の安定性とコストメリットは更に大きくなると考えられる。

**謝辞.** 最後に協力業者の皆様をはじめ、現場運用に多くの方々にご助力を賜りましたことを感謝申し上げます。

また今回海外製ベルトコンベアを使用するにあたり、導入及び運用について支援をしていただいた機材部の皆様に心より感謝いたします。皆様の豊富な知識と経験は現場を進展させるうえで大きな力となりました。