

## 12. 新幹線トンネルにおけるベルトコンベア方式採用

### ～「連続ベルトコンベアシステム」の開発～

株式会社フジタ  
株式会社フジタ  
株式会社フジタ

○ 石坂 仁  
井上 正広  
浅沼 廉樹

#### 1. はじめに

長大トンネルにおける掘削ずりの坑外搬出は、トンネル施工延長の増加に伴いダンプトラックや重ダンプ等のダンプ方式から、切羽から坑外までを連続したベルトコンベア（以下、連続ベルコン）で搬出する連続ベルコン方式が採用されている。連続ベルコン方式の特徴は、ダンプ方式の様にダンプ運転の人員が不要で、切羽施工を当初から同じ人数で施工可能となり、省人化を実現出来る。また、後続作業（インバート工、防水工及び覆工コンクリート工等）箇所でのずり出し車両の通過が減少し、安全性が確保され、作業環境面でも排気ガス抑制等メリットは大きい。

今回、新幹線トンネル工事に連続ベルコン設備を設置するにあたり、切羽掘削作業区間での駐機スペースの確保や重機・車両の離合の課題を解決した「上越式テールピース台車」「ブラケットフレ

ーム」「カテナリーZ台車」、覆工作业区間における覆工設備移動時の連続ベルコンの解体・組立作業を無くした「テレスコピックセントルのベルコン下通過方法」、覆工コンクリート打設時の車両離合を可能にした「連続ベルコン通過型スライディングステージ」など、掘削作業区間と覆工作业区間に個々に対応可能な当社独自の「連続ベルコンシステム」を開発・運用を開始した。本論分は、その実績を報告する。

#### 2. 従来の連続ベルコンについて

連続ベルコンは、トンネル切羽から坑外まで一本のベルトでつないだコンベアが稼働することによって、切羽から発生したズリを運搬、搬出するシステムである。（図-1）

このシステムは、トンネル切羽側から以下の設備で構成される。

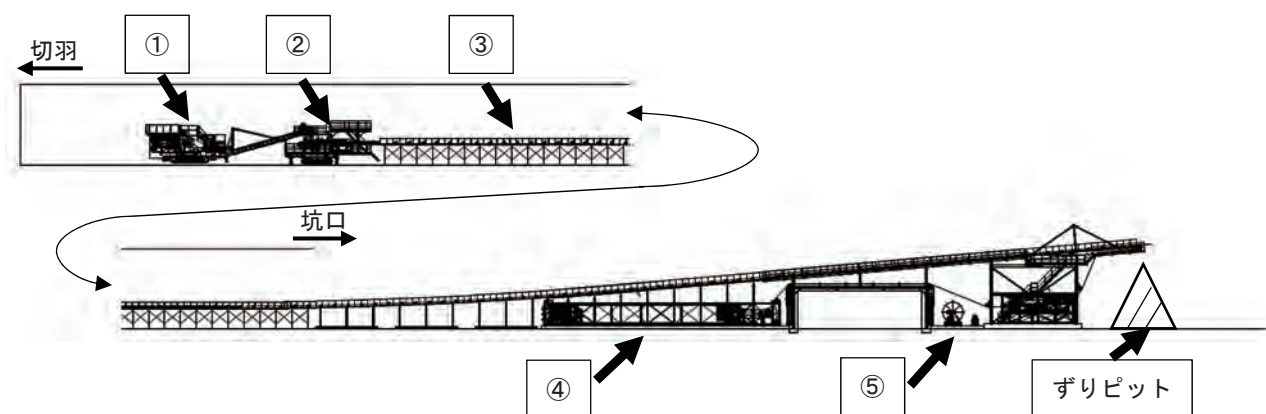


図-1 従来の連続ベルトコンシステム設備配置図

##### ①自走式クラッシャー

掘削されたズリを均一の大きさに破碎する。

##### ②テールピース台車

切羽側のベルト折り返し部分になり、クラッシャーで破碎されたズリを連続ベルコンにのせ搬送する。

##### ③中間部材

全線にわたり連続ベルコンを支える部材。ビティ棒を使用する方式や、吊りチェーンを使用する方式等がある。

##### ④ストレージカセット

延伸分のベルトを収納する。

##### ⑤メインドライブ

連続ベルコンを駆動させる動力装置である。

これらの設備を組合せトンネルのズリ出しを可能とする。

## 2.1 従来の連続ベルコンシステムを新幹線トンネルへ導入する際の問題点

従来の連続ベルコンを新幹線トンネルに導入する際の問題点を下記に示す。

### ①切羽作業

トンネル坑内全線にわたり連続ベルコンが占有する事で、大型施工機械の駐機スペースの確保、重機・車両の離合や、転回場所の確保が困難となる。(図-2)

### ②覆工作業

覆工コンクリートを打設するセントルに連続ベルコンを通していていることで、セントル移動時の中間部材の組立・解体作業が必要となり、ズリ搬出中断に伴う切羽作業との作業調整による施工サイクルが低下する。(写真-1)

### ③坑内通行

連続ベルコンのセントル内の通過位置は、他の箇所よりトンネル中央によるため、覆工コンクリートを打設する際、坑内通行車両の離合が困難である。(覆工作業) (図-3)

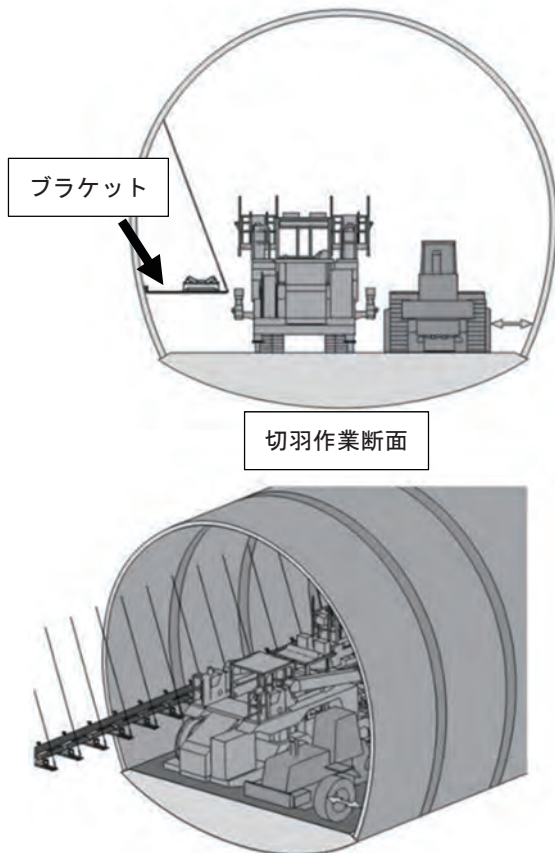


図-2 重機離合図 (切羽作業区間)



写真-1 セントル部ベルコン通過状況

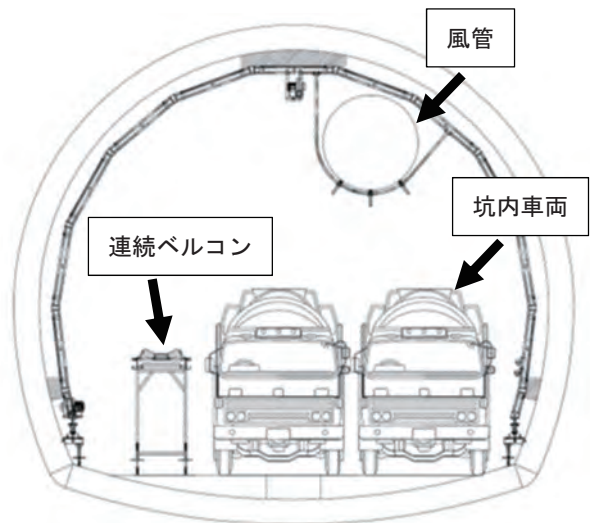


図-3 重機離合図 (覆工作業区間)

## 3. 新幹線断面における連続ベルコンの検討

上項での連続ベルコンの問題点を解決するため、本現場に導入した連続ベルコンシステム設備とその目的を示す。(図-4、図-5)

(切羽作業区間からインバート施工区間まで)

### ①上越式テールピース台車

掘削作業区間で搬送ベルトの位置を高所へ持ち上げる。

### ②ブラケットフレーム

高所での搬送ベルトの設置を簡便化する。

### ③カテナリーZ台車

インバート施工完了区間から搬送ベルトの位置を短距離で低所へ移設する。

(覆工区間)

④テレスコピックセントルのベルコン通過方法  
覆工区間では連続ベルコンの高さ位置を下置きにすることで、連続ベルコン運転中にも二次覆工作業は制限無く行える。

⑤連続ベルコン通過型スライディングステージ  
下置きした搬送ベルト上部をステージ部が通

過する事で、車両の離合や駐車場所を確保する。

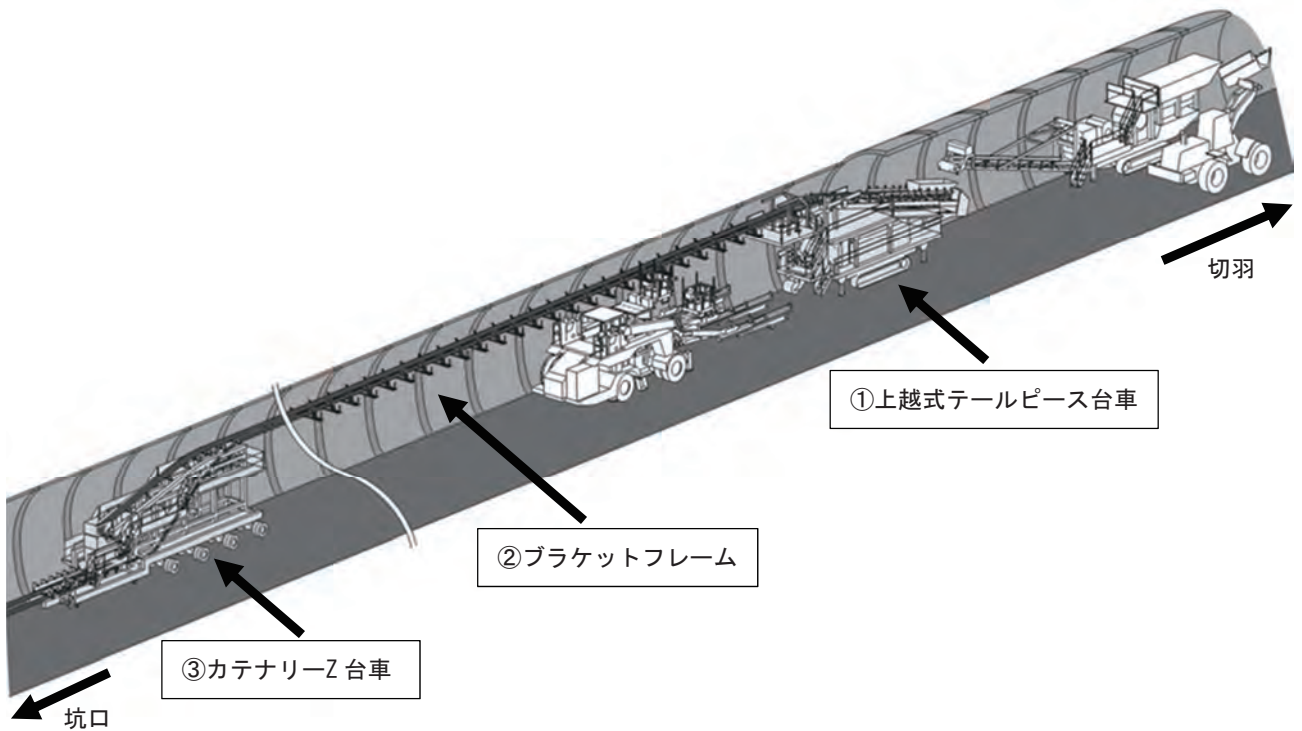


図-4 システム構成図（切羽作業区間～インパート施工区間）

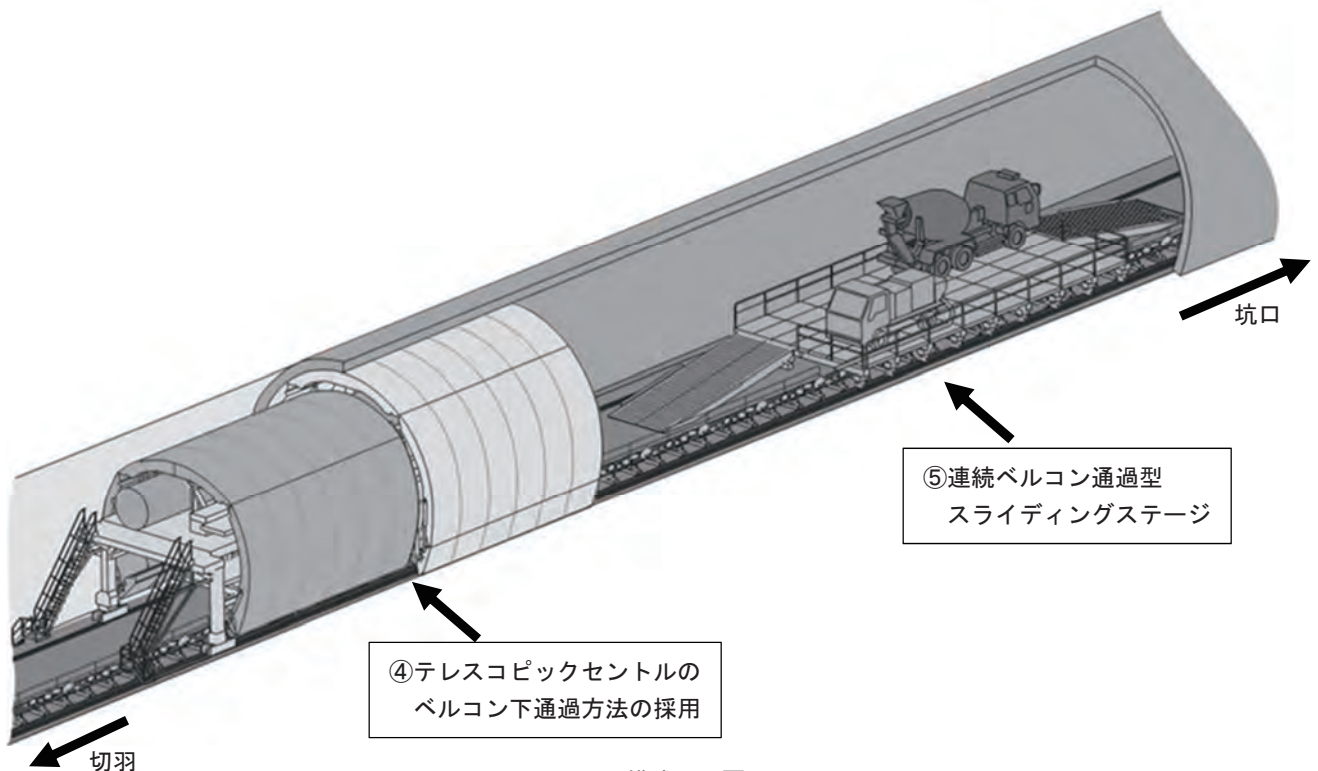


図-5 システム構成図（覆工区間）

### 3.1 上越式テールピース台車の開発

上越式テールピース台車は、掘削作業区間での駐機スペースの確保や重機の離合を安全に行う事を目的として、搬送ベルトを高所に持ち上げるために開発された。（写真-2）

特徴として、

①掘削したズリを破砕するクラッシャーからの乗継部分に傾斜ベルコンを採用する事で、搬送ベルトの高さを2.5mから5.5mへ変更し、駐機エリア・離合エリアを確保。

- ②上越し位置を変更する事で、台車内にカーゴスペースが確保され、電気設備を設置し切羽作業の施工機械への電源を供給する電源台車としても兼用可能。
- ③台車の3階部分に張出し足場を設ける事で、高所作業車を使用せずに、台車上でブラケットフレームを設置可能。が挙げられる。



写真-2 上越式テールピース台車

### 3.2 ブラケットフレームの開発

高所での搬送ベルトの設置を容易にするため、従来は中間部材上にフレーム材を継ぎ足して設置を行うが、新たな試みとして、ブラケットと中間部材を一体化した構造とするブラケットフレームを開発した。(図-6)

これにより、搬送ベルト位置を上越式テールピース台車から高所に変更した事で、連続ベルコン下の空間に切羽施工機械の駐車スペースや、重機走行路を確保でき、施工性と安全性が向上した。(図-7)

また、連続ベルコン設置後でも荷重や曲線状況に応じてブラケットフレームを追加することにより補強が可能となり、搬送ベルトの蛇行によるズリこぼれにも対応可能となった。



図-6 ブラケットフレーム

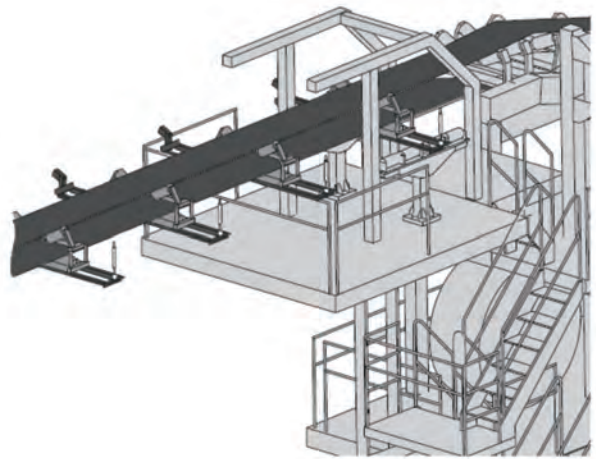


図-7 上越式テールピース台車とブラケットフレーム

### 3.3 カテナリーZ台車の開発

カテナリーZ台車は、搬送ベルトの高さの変更を短距離で可能にするために開発された。上越式テールピース台車により、5.5mの高さに変更した搬送ベルトを、インバート施工完了区間からの下置きまで下げるため、搬送ベルトの張力等を考慮した場合、通常機長が64m必要となるところを、台車内で搬送ベルトをZ型に折り曲げる事で46m短い17.5mの機長に短縮できた。(図-8、写真-3)

これにより、連続ベルコンの高所から低所への盛替え作業が容易になった。また、連続ベルコンの延伸作業を切羽作業と別に行う事が可能となり、切羽作業のサイクルアップを実現した。

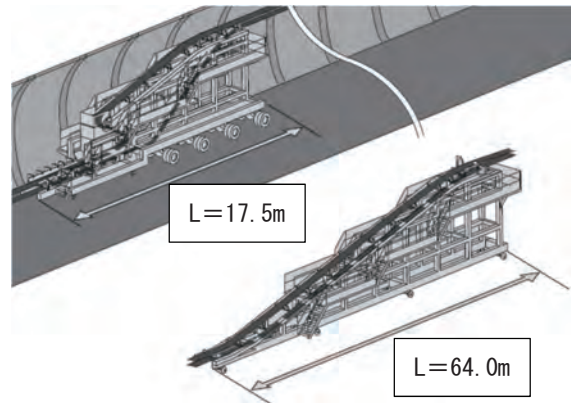


図-8 カテナリーZ台車概要図



写真-3 カテナリーZ台車

### 3.4 テレスコピックセントルのベルコン下通過方法の採用

一般的な連続ベルコンは、ビティ足場で組立てられた中間部材上に設置されている為、覆工設備の移動の際は、中間部材の組立・解体作業が必要となり、ズリ搬出が中断による、切羽作業との調整が必要であった。

また、本現場の二次覆工では、覆工設備として新幹線工事初のテレスコピックセントルが使用された。テレスコピックセントルは、2つのアーチフォーム(型枠)に径の縮小・拡大機能を持たせ、1台のガントリーで2つの型枠を交互に使用する為、ガントリーが前後に移動する。この為、ガントリーの移動頻度が増えるので組立・解体作業の回数が多くなり、施工サイクルが低下する問題が生じる。

この解決策として、カテナリーZ台車から坑口側の連続ベルコンの搬送ベルトを下置きにして、テレスコピックセントルのベルコン下通過方法を採用する事で、テレスコピックセントル移動時、中間部材の組立・解体作業が不要になった。ベルコン下通過方法により、切羽作業と覆工作業が分離され、切羽作業は覆工作業による制限なく作業可能となり、施工サイクルの短縮や作業効率が向上した。(写真-4)



写真-4 セントル部ベルコン下通過状況

### 3.5 連続ベルコン通過型スライディングステージの開発

通常、連続ベルコンを導入したトンネル工事では、連続ベルコン設備が全線にわたり占有するため、覆工コンクリート用の生コン車や資機材搬入車両の転回や離合などのスペースが坑内では十分に確保できない。これにより車両同士の接触災害の発生や施工サイクルの低下が生じることから、転回用拡幅断面の設置や連続ベルコンのルート変更が必要となっていた。

今回開発した連続ベルコン通過型スライディン

グステージでは、下置きした連続ベルコンの上部をステージ部が通過することで、今まで連続ベルコンによって占有されていたスペースが使用可能になり、坑内運行車両の離合場所を確保出来た。(図-9、写真-5)

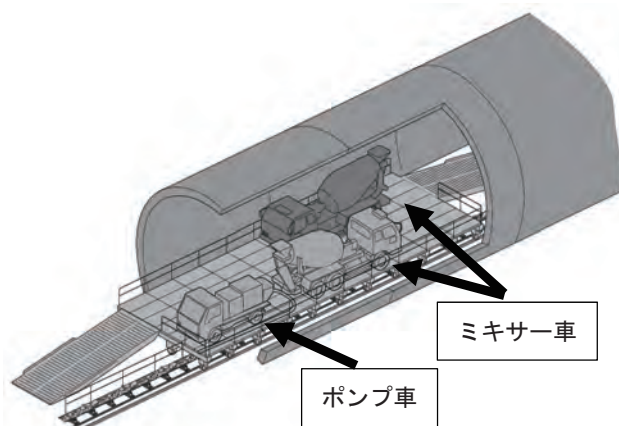


図-9 スライディングステージ設置図



写真-5 スライディングステージ設置状況

## 4. 現場導入でおきた問題と対策

新幹線断面における連続ベルコンシステムを導入後に発生した問題と対策を以下に示す。

(問題)

切羽が進むにつれ連続ベルコンの延伸作業を行うが、蛇行によるズリこぼれが発生した。

(原因)

設置当初はメーカー指導により、ブラケットフレームを設置していたが、設置後は作業員と現場職員で設置する為、ブラケットフレームの設置精度が悪くなっていた。

(対策)

延伸作業時、作業員への指導、蛇行がひどい箇所にはブラケットフレームを追加設置する事で蛇行を解消した。(写真-6)



写真-6 ブラケットフレーム追加状況

## 5. 現場導入による成果

当現場は2021年11月11日までの工期であり、現在も施工が続いているが、現段階での新幹線トンネルにおける連続ベルコンシステムを現場に導入したことによる成果を以下に示す。

- ・上越式テールピース台車とブラケットフレームにより、ベルコンラインを5.5mの高さに変更した事で、ベルコン下に切羽施工機械の駐機スペースや、重機走路が確保され、施工性と安全性が向上した。(図-10)

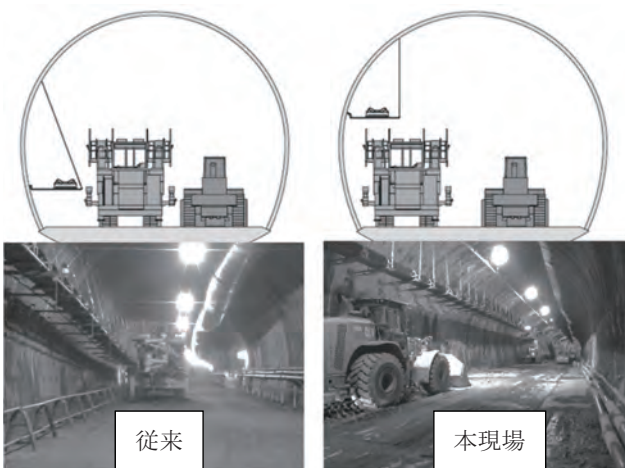


図-10 従来との比較

- ・テレスコピックセントルのベルコン下通過方法の採用により、セントル移動時の中間部材解体・組立作業が不要になり、切羽と覆工作業を独立する事で、それぞれの施工性が向上した。また、連続ベルコンが下置きになっていることにより、メンテナンス性が向上した。
- ・連続ベルコン通過型スライディングステージにより、坑内通行車両の離合間隔の改善や駐車場所の確保などで、坑内通行車両同士の接触災害がゼロになり、安全性が向上した。

## 6. 今後の課題

今後の課題として、切羽からインバート施工完了区間までを上越のベルコンラインとした為、インバートの掘削作業で出たズリはダンプによる搬出を行っている。その為、インバートの掘削作業が進むにつれ、ダンプの走行距離が延び、施工サイクルの低下や坑内環境が悪化する問題がでてくる。また、本現場で使用しているインバート栈橋は斜路を跳ね上げて掘削作業をするため、掘削作業中は車両運行が不可能になる。課題解決のためには、インバート掘削時のズリを上越ベルコンに乗せる垂直ベルコンの様な設備や、カテナリーZ台車でズリ積込が出来る設備等、ダンプによる搬出を無くす方法を検討中である。

## 7. まとめ

当現場は、長距離、中断面の新幹線トンネルであり、設計は連続ベルコンが採用されているが、設備設置に伴う駐機スペースの確保や、重機・車両の離合、施工性の向上など、多くの課題が浮上した。この課題解決を目的に「上越式テールピース台車」「ブラケットフレーム」「カテナリーZ台車」「テレスコピックセントルのベルコン下通過方法」「連続ベルコン通過型スライディングステージ」を導入する事で、掘削作業区間での駐機スペースの確保、重機・車両の離合走路の確保、覆工作業区間での施工サイクルの短縮、覆工コンクリート打設時の通行車両の離合スペースを確保出来た。

今後、工事が進み連続ベルコン設備の距離が延びるにつれ、新たな問題点がでてくると思うが積極的に改善を行い、同様な工事があつた際には、今回の施工実績が役に立てば幸いである。

工事名称：北海道新幹線、野田追トンネル（北）他  
 発注者：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
 北海道新幹線建設局  
 工事場所：北海道二海郡八雲町  
 工期：2014年12月12日～2021年11月11日  
 施工内容：トンネル工（NATM） A=62㎡、L=4,490m  
 土路盤工 L=40m